



DECKBLATT

EU 000.02	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	351313.30	-	EB	RB	0007	00

Titel der Unterlage: Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau (Hauptband Anlagen, Quellenverzeichnis (Anhang 1-3, 5))	Seite: I.
	Stand: März 84
Ersteller:	Textnummer:

Stempelfeld:

PSP-Element TP.....9K/2127		zu Plan-Kapitel: 3.5	
		PL 02.05.84 Freigabe für Behörden	PL 02.05.84 Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 000.02	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9 K	351313,30	-	E B	R B	0007	00

Titel der Unterlage: Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau (Hauptband, Anlagen, Quellenverzeichnis, Anhang 1 - 3, 5)	Seite: II.
	Stand: März 84

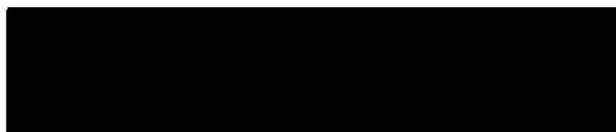
Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau

Hauptband

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

- Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen
- Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950
- Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche
- Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche
- Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall
- Anhang 6: Gasaustrittsdatei

V o r w o r t

Im Rahmen der Vorbereitungen zur Errichtung von Bergwerken für die Endlagerung radioaktiven Abfalls ist es notwendig, auch die Möglichkeit der Freisetzung von Radionukliden als Folge von Störfällen während des Einlagerungsbetriebs zu untersuchen. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt als die für die Errichtung und den Betrieb von Endlagerbergwerken zuständige Institution erteilte daher einen Auftrag zur Untersuchung ausgewählter betrieblicher Störfälle an die Verfasser dieser Studie.

Die Studie wurde in der Zeit von Juli 1982 bis März 1984 angefertigt. Aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Zeit und zur Schaffung einer breiteren fachlichen Basis für die Untersuchungen wurden einige Spezialthemen in Zusammenarbeit mit verschiedenen anderen Institutionen oder Fachleuten bearbeitet. Es wirkten im einzelnen mit:

- die Westfälische Berggewerkschaftskasse, Seilprüfstelle-Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde Bochum, mit ihrem Sachverständigen [REDACTED] (Förderkorabsturz),
- die Westfälische Berggewerkschaftskasse, Prüfstelle für Grubenwetterung Bochum, mit ihrem Sachverständigen [REDACTED] (Ventilatorausfall),
- die Versuchsgrubengesellschaft m.b.H. Dortmund, mit ihrem Sachverständigen [REDACTED] (Fahrzeugbrand),
- das Institut für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Berlin (Fahrzeugkollision),
- [REDACTED] Institut für Bergbauwissenschaft der Technischen Universität Berlin (Gebirgschläge) und

- [REDACTED] Berlin (Sprengstoffexplosionen).

Den mitwirkenden Institutionen und den beteiligten Fachvertretern sei an dieser Stelle gedankt für die Aufgeschlossenheit und Kooperationsbereitschaft, die sie unseren Wünschen entgegenbrachten. Vor allem aber gehört dem Auftraggeber Dank für die faire Zusammenarbeit bei der Vorbereitung des Abschlußberichtes.

Die Verfasser verbinden mit der Übergabe der Studie die Hoffnung, daß sie dazu beiträgt, die vielgestaltigen Fragestellungen bei der Diskussion um die betriebliche Sicherheit bei der Endlagerung radioaktiven Abfalls in sachlicher Betrachtungsweise zu beantworten.

GLIEDERUNG

		<u>Seite</u>
1	Zusammenfassung	1 - 1
2	Einleitung	2 - 1
3	Grundsätze für die Durchführung der Untersuchung und die Gliederung des Berichtes	3 - 1
3.1	Grundsätze für die Durchführung der Untersuchung	3 - 1
3.2	Gliederung des Berichtes	3 - 3
4	Der Absturz eines Förderkorbes	4 - 1
4.1	Die Funktionsweise von Schachtförderanlagen	4 - 1
4.2	Die Sicherheitseinrichtungen an Schachtförderanlagen	4 - 6
4.3	Der Störfall Förderkorbabsturz	4 - 12
4.3.1	Vorgehensweise bei der Untersuchung	4 - 12
4.3.2	Die einzelnen Schadenskategorien	4 - 13
4.3.3	Schadensfälle der Kategorie I A	4 - 16
4.3.3.1	Riß des Förderseiles	4 - 16
4.3.3.2	Bruch am Zwischengeschirr	4 - 20
4.3.3.3	Bruch an Fördermitteln oder Gegengewichten	4 - 24
4.3.3.4	Brüche an Treibscheiben oder Seilscheiben	4 - 25
4.3.4	Schadensfälle der Kategorie I B	4 - 26
4.3.4.1	Thermische Einwirkungen	4 - 26
4.3.4.2	Abstürzende Gegenstände	4 - 27
4.3.5	Schadensfälle der Kategorie II	4 - 30
4.3.5.1	Defekte Seilführung	4 - 31
4.3.5.2	Defekte an der Spurlattenführung	4 - 34
4.3.5.3	Defekte an Schachtführungen im Bereich der Anschläge (Hängebank und Füllörter)	4 - 39
4.3.5.4	Hindernis im Fördertrum	4 - 41
4.3.6	Schadensfälle der Kategorie III	4 - 41
4.3.6.1	Übertreiben	4 - 41
4.3.6.2	Beschleunigung trotz aufliegender Fahrbremse	4 - 42

	<u>Seite</u>	
4.3.6.2.1	Fördermaschine	4 - 42
4.3.6.2.2	Überlast	4 - 43
4.3.6.2.2.1	Unterseilriß	4 - 43
4.3.6.2.2.2	Bedienungsfehler	4 - 44
4.3.6.3	Keine oder zu geringe Verzögerung	4 - 45
4.3.6.4	Versagen der Verzögerung durch Defekt der Fahrtregelung	4 - 48
4.3.6.5	Seilrutsch	4 - 52
4.4	Fördermittelabsturz und Fördergeschehen	4 - 53
4.5	Übertragung der Untersuchungsergebnisse	4 - 57
4.5.1	Bemessungsgrundlagen	4 - 57
4.5.2	Förderanlage Schacht Asse II des Bergwerks Asse	4 - 58
4.5.2.1	Förderkorbabsturz im Rahmen der Kategorie I A	4 - 58
4.5.2.2	Förderkorbabsturz im Rahmen der Kategorie I B	4 - 59
4.5.2.3	Schadensfälle der Kategorie III	4 - 61
4.5.2.3.1	Übertreiben als Folge von Überlast	4 - 64
4.5.2.3.2	Übertreiben als Folge fehlender Verzögerung	4 - 64
4.5.2.4	Abschließende Feststellungen	4 - 65
4.5.3	Schacht I des Bergwerks Gorleben	4 - 66
4.5.3.1	Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A	4 - 66
4.5.3.2	Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B	4 - 67
4.5.3.3	Schadensfälle der Kategorie II	4 - 68
4.5.3.4	Schadensfälle der Kategorie III	4 - 69
4.5.3.5	Abschließende Feststellungen	4 - 70
4.5.4	Schacht II des Bergwerks Konrad	4 - 71
4.6	Abschließende Bewertung des Störfalls Förderkorbabsturz	4 - 72
4.7	Empfehlung zusätzlicher Untersuchungen	4 - 74
5	Kollisionen von Transportmitteln	5 - 1
5.1	Untertägige Fahrzeugarten und Fahrzeugentwicklung unter Sicherheitsaspekten	5 - 2
5.2	Unfallereignisse untertägiger Gleisloshfahrzeuge	5 - 4

		<u>Seite</u>
5.3	Kollisionsunfälle und deren Ursachen	5 - 5
5.3.1	Bremsanlagen untertägiger Gleislosfahrzeuge und deren Wirksamkeit	5 - 12
5.3.1.1	Bremsanlagen eines Fahrzeuges	5 - 12
5.3.1.2	Untersuchungen über Fahrzeugbremsen	5 - 13
5.3.1.3	Empfehlungen in der Literatur zur Minimierung von Bremsunfällen	5 - 16
5.3.2	Firstfall	5 - 18
5.3.3	Unfallfolgen	5 - 19
5.4	Analysenergebnis der Unfallgeschehen	5 - 20
5.5	Crash-Versuche	5 - 21
5.5.1	Auslegung des Versuchsfahrzeuges	5 - 21
5.5.2	Versuchsdurchführung	5 - 22
5.5.3	Versuchsergebnisse	5 - 22
5.5.4	Folgerungen für die Auslegung der Einlagerungsfahrzeuge	5 - 23
5.6	Empfehlungen zum Betrieb mit Gleislosfahrzeugen	5 - 24
5.7	Bewertung des Störfalles Fahrzeugkollision	5 - 27
6	Brände unter Tage	6 - 1
6.1	Grundsätzliches zum Brand	6 - 2
6.1.1	Brandrelevante Kenngrößen	6 - 2
6.1.1.1	Die Einheitstemperaturkurve	6 - 3
6.1.1.2	Brandlast	6 - 4
6.1.2	Brandverläufe	6 - 4
6.1.3	Brandverhalten von Baumaterialien	6 - 6
6.1.3.1	Beton	6 - 6
6.1.3.2	Stahl	6 - 8
6.1.3.3	Kunststoffe	6 - 8
6.2	Fahrzeugbrände in unterirdischen Verkehrsanlagen	6 - 9
6.2.1	Brandmodellversuche	6 - 10
6.2.1.1	Garagenbrandversuche	6 - 10
6.2.1.2	Tunnelbrandversuche	6 - 11
6.2.2	Reale Brände	6 - 13
6.2.3	Schlußfolgerungen für den Endlagerungsbetrieb	6 - 14

		<u>Seite</u>
6.3	Brände im untertägigen Bergbau	6 - 15
6.3.1	Verdeckte und offene Grubenbrände	6 - 15
6.3.2	Ursachen untertägiger Brände	6 - 17
6.3.3	Brandmaterialien	6 - 21
6.3.3.1	Holz	6 - 21
6.3.3.2	Mineralöle	6 - 22
6.3.3.3	Kunststoffe	6 - 24
6.4	Auswertung des Datenmaterials über untertägige Brände	6 - 28
6.5	Fahrzeugbrand	6 - 35
6.5.1	Grundsätzliches zum untertägigen Brand von Dieselfahrzeugen	6 - 36
6.5.2	Theoretische Ermittlung der Temperaturentwicklung	6 - 37
6.5.3	Analyse der recherchierten Fahrzeugbrände untertage	6 - 40
6.5.3.1	Brände an dieselgetriebenen Untertagefahrzeugen	6 - 40
6.5.3.2	Brände an elektrisch betriebenen, über E-Kabel versorgten Untertagefahrzeugen	6 - 44
6.5.3.3	Alternative Fahrzeugantriebe	6 - 46
6.5.3.4	Firstfall als Brandfolge	6 - 48
6.6	Untertägige Fahrzeugbrandversuche	6 - 49
6.7	Brand als Störfall während des Einlagerungsbetriebes	6 - 50
6.7.1	Beurteilung der untertägigen Brände allgemein	6 - 51
6.7.2	Störfalleinschätzung der Fahrzeugbrände	6 - 52
6.7.3	Katalog zur Verhütung von Fahrzeugbränden in Endlagerbetrieben	6 - 54
6.7.3.1	Fahrzeugtechnische Schutzmaßnahmen	6 - 54
6.7.3.2	Brandbekämpfungsmittel	6 - 56
7	Gebirgsmechanische Störfälle	7 - 1
7.1	Gebirgsschläge	7 - 2
7.2	Löserfall	7 - 3
7.2.1	Löserfall in den Bergwerken Asse und Gorleben	7 - 5
7.2.2	Löserfall im Bergwerk Konrad	7 - 6
7.3	Zubruchgehen von Grubenräumen	7 - 8

		<u>Seite</u>
8	Ausfall des Hauptventilators oder von Sonderwetterungsanlagen	8 - 1
8.1	Ausfall des Hauptventilators	8 - 1
8.1.1	Allgemeines zur Bewetterung von Bergwerken	8 - 1
8.1.2	Ursachen und Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall des Hauptventilators	8 - 3
8.2	Ausfall von Sonderbewetterungsanlagen	8 - 5
8.3	Übertragung der Erkenntnisse auf die Bergwerke Asse, Gorleben und Konrad	8 - 6
8.3.1	Grundlagen für die Berechnung des natürlichen Auftriebs	8 - 6
8.3.2	Bergwerk Asse	8 - 7
8.3.3	Bergwerk Gorleben	8 - 8
8.3.4	Bergwerk Konrad	8 - 9
8.4	Zusammenfassende Betrachtung	8 - 13
9	Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln	9 - 1
9.1	Sprengmittel und ihre Funktionsweise	9 - 1
9.2	Vorschriften für den Umgang mit Sprengmitteln	9 - 4
9.2.1	Transport der Sprengmittel	9 - 4
9.2.2	Sprengmittellager	9 - 6
9.3	Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln	9 - 7
9.3.1	Störfälle beim Transport von Sprengmitteln	9 - 7
9.3.2	Detonation eines Sprengmittellagers	9 - 8
9.3.3	Sprengunfälle	9 - 12
9.4	Übertragung der Erkenntnisse auf die Bergwerke Asse, Gorleben und Konrad	9 - 13
10	Eindringen von Gasen aus dem Gebirge	10 - 1
10.1	Auftreten von natürlichen Gasen	10 - 1
10.2	Ereignisse von Gasaustritten	10 - 3
10.2.1	Gasaustrittsgefährdete Reviere	10 - 5
10.2.2	Verteilung der Gasaustritte über die Zeit	10 - 8
10.3	Auswirkungen der Gasaustritte auf den Grubenbetrieb	10 - 10

		<u>Seite</u>
10.3.1	Kohlensäureausbrüche	10 - 10
10.3.2	Grubengas-Austritte	10 - 12
10.3.3	Sicherheitstechnische Erfordernisse	10 - 14
10.4	Gasaustritt als Störfall in den zu betrachtenden Gruben	10 - 15

1 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Analyse und der Bewertung von Ereignisabläufen beim Betrieb von Endlagerbergwerken, die zu Störfällen führen können, als deren Folge eine Freisetzung von Radioaktivität aus Abfallgebinden eintreten kann.

Getrennt nach der Ursache sind sieben Störfallarten in der Studie untersucht worden. Es sind dies:

- der Förderkorbabsturz,
- die Kollision von Transportmitteln,
- Brände unter Tage,
- gebirgsmechanische Störfälle,
- der Ausfall des Hauptventilators oder von Sonderbewetterungsanlagen,
- Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln,
- das Eindringen von Gasen aus dem Salzgebirge.

Wasser- bzw. Laugeneinbrüche in das Grubengebäude und Erdbeben sind nicht in die Bearbeitung einbezogen, da sie besonderen Untersuchungen vorbehalten sind.

Inhaltlich werden die genannten Störfallarten nach den Fragestellungen untersucht:

- Wie ist der Störfall in die technischen Zusammenhänge einzuordnen und ggf. theoretisch-systematisch zu betrachten ?

- Welche praktischen Erfahrungen liegen aus der Vergangenheit vor ?
- Wie ist der Störfall sicherheitstechnisch zu bewerten ?
- Welche Folgerungen ergeben sich aus der Übertragung der Erkenntnisse auf den Einlagerungsbetrieb der Endlagerbergwerke Asse, Gorleben und Konrad ?

Die Untersuchung zum Störfall Förderkorbabsturz basiert auf einem analytisch ermittelten Störfallmodell einerseits und der empirischen Auswertung des Störfallgeschehens in der Schachtförderung der Bundesrepublik Deutschland seit etwa 1949 andererseits.

Anhand des Störfallmodells ist es möglich, Wirkungsketten von Störfällen an Schachtförderanlagen zu verfolgen und dabei insbesondere die oft komplexen Zusammenhänge der Bauteile in Schachtförderanlagen zu berücksichtigen. Aus dem empirischen Datenmaterial werden Aussagen über die Häufigkeit des Eintritts von Störfällen abgeleitet, wobei die Entwicklung sowohl der Schachtfördertechnik als auch der sicherheitlichen Vorsorge- und Überwachungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist. Generell kann gesagt werden, daß die Häufigkeit der Störfälle in nahezu allen Schadensarten seit 1946 stark rückläufig ist. Diese Entwicklung muß auch im Zusammenhang mit der ständigen technischen Weiterentwicklung der Kenntnisse, Methoden und Vorschriften für Bauelemente von Schachtförderanlagen gesehen werden.

Der heutige Stand der Überwachungsvorschriften und Maßnahmen wird als ausreichend angesehen, um die Möglichkeit eines Förderkorbabsturzes als sehr gering beurteilen zu können. Dabei ist zu differenzieren zwischen

der bereits längere Zeit in Betrieb befindlichen Förderanlage Schacht Asse II und den in der Planung befindlichen Neuanlagen für Gorleben Schacht I und Konrad Schacht II.

Während für Gorleben Schacht I und Konrad Schacht II Mehrseilförderungen vorgesehen sind, handelt es sich bei der Schachtförderanlage Asse II um eine Einseilförderung. Der Einsatz von Mehrseilförderungen erlaubt, jedes Risiko in bezug auf ein Versagen der Aufhängung im Regelbetrieb auszuschließen. Bei Einseil-Anlagen verbleibt ein geringes Restrisiko, da die Aufhängung des Fördermittels über ein Seil, bzw. einen metallischen Querschnitt erfolgt. Da es sich bei dem Bergwerk Asse nur um einen Versuchsbetrieb handelt, ist dieses Restrisiko vertretbar. Gleiches gilt für den sogenannten gestörten Betrieb, da die Minimalanforderungen der TAS erfüllt sind. Vorbehalte bestehen dagegen für alle drei Anlagen Asse, Gorleben und Konrad in bezug auf frei fallende Gegenstände im Schacht und mögliche Hindernisse im Fördertrum. Die Sicherung des Zugangs zum Schacht erfordert daher besondere Aufmerksamkeit, um menschliches Fehlverhalten durch technische Maßnahmen zu verhindern. Schachtinstallationen können zu Hindernissen im Fahrtrum führen, wenn ihre Aufhängung nicht überprüfbar ist. Beide Vorfälle werden jedoch für alle drei Anlagen in ihrer Eintrittsmöglichkeit als sehr gering eingestuft.

Ein Übertreiben ist prinzipiell nicht auszuschließen, wird aber in seinen mechanischen Auswirkungen auf die Aufhängung begrenzt sein und nicht zum Verlust der Aufhängung führen.

Als bisher nicht eindeutig zu bewertende technische Neuerung ist der Vorschlag für Festsetzvorrichtungen in Verbindung mit Treibscheibenförderanlagen und Klemmkauschen einzuschätzen. In der Bundesrepublik Deutschland liegen mit derartigen Einrichtungen nur geringe Erfahrungen vor. Es ist zu empfehlen, die Betriebsreife dieses Anlagenelementes zunächst unabhängig vom Einlagerungsbetrieb nachzuweisen.

Zusammenfassend ist der Betrieb der vorgesehenen Schachtförderanlagen in sicherheitlicher Hinsicht derart zu bewerten, daß der Förderkorbabsturz für den Einlagerungsbetrieb auszuschließen ist. Diese Aussage wird als gleichwertig betrachtet mit der Beurteilung, daß der Förderkorbabsturz nicht als Auslegungsstörfall im kerntechnischen Sinne einzustufen ist.

Die Untersuchungen zum Störfall Kollision von Transportmitteln basieren auf Daten über Unfallabläufe, Ursachen und Verletzungsfolgen beim Betrieb von Gleisloshfahrzeugen im Bergbau unter Tage. Sie werden nicht allein auf die Transportfahrzeuge beschränkt, sondern beziehen alle am untertägigen Verkehr beteiligten Fahrzeuge ein. Die theoretischen Untersuchungen werden ergänzt durch Crash-Versuche, um das Verhalten des Fahrzeuges und des Transportgutes bei unterschiedlichen Aufprallgeschwindigkeiten zu testen.

Als Ursache für Kollisionen treten das Bremssystem, Fahrfehler, Wartungsfehler und konstruktive Mängel in den Vordergrund. Die Unfälle ereignen sich bevorzugt in Wendeln und Gefällestrecken, auf denen spezielle Fahrtechniken erforderlich sind.

Bemerkenswerte Schäden treten wegen der extremen Biegesteifigkeit der Fahrzeuge nur bei Kollisionen schwerer Geräte untereinander oder beim Absturz in Abbauen auf.

Die Kollisionsereignisse der letzten 20 Jahre sind tabellarisch zusammengestellt. Brände als Folge von Kollisionsunfällen konnten nicht recherchiert werden. Eine häufige Ursache für Personenschäden beim Betrieb von Gleislosgeräten bildet der Löserfall, insbesondere im Abbau und bei Fahrzeugstillstand. Die eingetretenen Fahrzeugschäden sind hierbei als im allgemeinen unerheblich einzustufen.

Als Untersuchungsergebnis wurde ein Empfehlungskatalog zur Minimierung der Kollisionsgefahr bei Transportmitteln aufgestellt. Es werden Ergänzungen zu den Fahrzeugbauvorschriften und Fahrzeugbetriebsrichtlinien für den zukünftigen Endlagerbetrieb vorgeschlagen. Durch einen entsprechenden Zuschnitt des Grubengebäudes können zusätzlich Gefahrenpunkte ausgeschlossen werden. Die Trennung der Personenförderung vom Einlagerungstransport und die Festlegung einer Höchstgeschwindigkeit bieten - unter Einhaltung der vorgeschlagenen Fahrzeugbauvorschriften und -betriebsrichtlinien - ein Höchstmaß an Sicherheit, schließen die Fahrzeugkollision aber nicht grundsätzlich aus.

Das recherchierte Datenmaterial für den Störfall Brände entstammt den Expertenbefragungen, der Fachliteratur und Sonderberichten aus dem Bereich des unterirdischen Verkehrswesens sowie der untertägigen Bergbaubetriebe des In- und Auslandes. Die brandrelevanten Kenngrößen, Brandverläufe und Brandverhalten wurden herausgestellt und Erkenntnisse und Erfahrungen angrenzender Bereiche auf dem Gebiet des Brandes und des

Brandschutzes ausgewertet. Die Brandereignisse im westdeutschen Untertagebergbau der letzten 20 Jahre wurden nach allgemeinen Bränden und Fahrzeugbränden untergliedert und systematisch zusammengestellt.

Als häufigste Zündursachen für untertägige Brände stellten sich Reibung, Heißlaufen von Maschinen, fehlerhafte elektrische Einrichtungen, Schweißen, Sprengarbeiten und Explosionen heraus. Einen besonderen Schwerpunkt bildete der Fahrzeugbrand. Bei dieselgetriebenen Fahrzeugen besteht eine permanente Brandgefährdung durch undichte Kraftstoff- und Hydraulikleitungen sowie durch Kurzschlüsse im elektrischen Bordnetz. Bei Vollbrand eines Fahrzeuges im Salzbergbau kommt es zu einer starken, flächenmäßig begrenzten Aufheizung der Firste mit nachfolgendem Firstfall. Elektrisch betriebene Gleislofahrzeuge sind wegen der hohen Gefährdung des Schleppkabels nicht zu empfehlen.

In Ergänzung zu den theoretischen Branduntersuchungen wurden auf der Versuchsgrube Tremonia untertägige Fahrzeugbrandversuche mit dem Ziel durchgeführt, Brandverlauf, Temperatúrausbreitungen und Brandauswirkungen auf Aus- und Einbauten zu erfassen.

Unter Einhaltung maschinentechnischer Forderungen und sicherheitstechnischer Maßnahmen kann der Fahrzeugbrand als Störfall für Asse, Konrad und Gorleben nahezu ausgeschlossen werden.

Bei den gebirgsmechanischen Störfällen ist entsprechend der räumlichen Wirkungsweite zwischen Gebirgsschlägen, Löserfall und dem Zubruchgehen von Grubenräumen zu unterscheiden.

Der geologische Aufbau und die gebirgsmechanischen Gegebenheiten auf den Schachtanlagen Asse, Konrad und Gorleben und die bisherigen Erfahrungen beim Abbau von Lagerstätten dieser Art schließen den Störfall Gebirgsschlag aus.

Die Besonderheiten der Schachtanlagen in bezug auf den Löserfall werden erläutert. Die Verhältnisse auf den Anlagen Asse und Gorleben können in Steinsalzformationen als gleichartig angesehen werden. Aufgrund der gebirgsmechanischen Erkenntnisse und der vorliegenden praktischen Erfahrungen ist bei Wahl eines geeigneten Querschnittprofils der Löserfall im Betrieb von Einlagerungskammern und -strecken zu beherrschen. Gegebenenfalls sind Strecken nachzuschneiden oder Ankerausbau einzubringen.

Aufgrund der langjährigen Erfahrungen mit gebirgsstabilisierenden Ausbaumaßnahmen auf der Anlage Konrad ist dort vollständige Sicherheit der Grubenbaue gegen Nachfall gewährleistet.

Das Zubruchgehen von Strecken oder Kammern im Salzgebirge ist aufgrund der bisherigen Erfahrungen im Salzbergbau bei ausreichender Bemessung der Pfeiler auszuschließen.

Die Untersuchungen zum Störfall Ausfall des Hauptventilators oder von Sonderbewetterungsanlagen beruhen auf Ventilatorstillstandsberechnungen der Wetternetze für die drei vorgesehenen Endlagerbergwerke.

Die Ursachen für Totalausfälle von Hauptgrubenlüftern werden analysiert und gewichtet. Das Eintreten von Totalausfällen wird als gering gewertet, da verschiedene Baugruppen vor Erreichen ihrer statistischen Lebensdauer im Sinne vorbeugender Instandhaltung erneuert werden und gleichzeitig aufgrund der bergbehördlichen Vorschriften regelmäßigen Überprüfungen unterliegen. Es wird daher als nicht erforderlich gehalten, Reservegrubenlüfter vorzuhalten.

Die weiteren Ausführungen zu diesem Störfall konzentrieren sich auf die Ermittlung der reduzierten Wettermenge durch natürlichen Auftrieb. Ein Störfall durch Ausfall des Hauptventilators ist auszuschließen.

Der Umgang mit Sprengmitteln wurde sowohl unter den allgemeinen grubensicherheitlichen Gesichtspunkten wie auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Endlagerung untersucht. Störfallmöglichkeiten bestehen grundsätzlich in gleicher Weise bei der Lagerung, beim Transport und bei der Sprengarbeit. Die auslösenden Ereignisse werden im einzelnen sicherheitstechnisch untersucht und beurteilt.

Aus der abschließenden Bewertung der praktischen Erfahrungen ergibt sich, daß der Umgang mit Sprengmitteln sicher ist. Ein gewisses Restrisiko verbleibt bei der untertägigen Lagerung von Sprengmitteln.

Da nach den bisherigen Planungen in hohem Maße schneidende Gewinnung auch für die Herstellung der Einlagerungsräume vorgesehen ist, wird der Bedarf an Sprengmitteln nur begrenzt sein.

Mit einem Eindringen von Gasen aus dem Salzgebirge ist in beinahe allen salinaren Lagerstätten, aber auch in den meisten sedimentären Erzlagerstätten zu rechnen. Die Auswirkungen der Gasaustritte auf den umgehenden Bergbau sind in starkem Maße vom Lagerstättenrevier, der Art des Gasgemisches und der Austrittsweise abhängig. Die unterschiedlichen Erscheinungsformen wurden herausgearbeitet und die Ereignisse in einer umfassenden Gasaustrittsdatei zusammengestellt. Grundsätzlich dürften Schlagwetterexplosionen in Salz- und Erzbergbaubetrieben nicht auszuschließen sein, in ihrer Wirkung aber begrenzt bleiben. Die zu erwartenden geringen Gasaustrittsmengen in den drei zu betrachtenden Gruben können aufgrund der Erfahrung aus der Vergangenheit beherrscht werden und stellen - Sicherheitsvorkehrungen, Früherkennung und Gegenmaßnahmen unterstellt - keinen Störfall dar.

2 Einleitung

Als Grundlage für die Studie dient ein Störfallkatalog des Auftraggebers, der alle Vorgänge erfaßt, die in einem Endlagerbergwerk den Betriebsablauf bei der Einlagerung stören und zur Freisetzung von Radionukliden führen können. Die Störfälle Wasser- und Laugeneinbruch und Erdbeben sind vereinbarungsgemäß nicht Bestandteil dieser Studie, da sie besonderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Es verbleiben damit als zu betrachtende Störfälle

- Förderkorbabsturz,
- Kollision von Transportmitteln,
- Brände unter Tage,
- gebirgsmechanische Vorgänge,
- Ausfall des Hauptventilators oder der Sonderbewetterungsanlagen,
- unbeabsichtigte Sprengstoffexplosion,
- Eindringen von Gasen aus dem Salzgebirge.

Schwerpunktartig sind die Untersuchungen an den Erfahrungen der Vergangenheit orientiert, wozu umfangreiche Informationen aus der Fachliteratur, Fachberichten und mündlichen Auskünften zusammengetragen wurden. Die daraus erhaltenen Informationen reichen größtenteils zu einer Bewertung der Störfallgegebenheiten aus. Für die Störfälle Fahrzeugkollision und Fahrzeugbrand erwiesen sich ergänzende experimentelle Untersuchungen als wünschenswert, da die Informationen aus der Literatur und anderen veröffentlichten Berichten zu spärlich sind.

Aufgrund besonderer Umstände konnten entsprechende Experimente auch realisiert werden.

Theoretische Betrachtungen werden nur gelegentlich angestellt, da sie in wenigen Einzelfällen auf zuverlässigen Grundlagen beruhen. Nur unter dieser Voraussetzung haben sie einen Aussagewert.

Bei der Bewertung der einzelnen Störfälle wird eine weitestgehende Quantifizierung der Aussagen und Ergebnisse angestrebt. Dies betrifft einerseits die Einschätzung der bei Störfällen eintretenden physikalischen Beanspruchungen, andererseits auch die Beurteilung ihrer Eintrittshäufigkeit. Allgemein gilt jedoch, daß der Gehalt und die Verwendbarkeit des Datenmaterials sehr eingeschränkt ist. Insofern ergeben sich starke Vorbehalte der Verfasser hinsichtlich der Verwendung für wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen.

3 Grundsätze für die Durchführung der Untersuchung und die Gliederung des Berichtes

Die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes macht es erforderlich, die bei der Untersuchung angewendeten Grundsätze herauszustellen. Eine Erläuterung der Gliederung des Berichtes ist außerdem zum besseren Verständnis für den Leser zweckmäßig.

3.1 Grundsätze für die Durchführung der Untersuchung

Die verschiedenen Störfälle werden nach einer einheitlichen Vorgehensweise untersucht.

Zur allgemeinen Information werden zunächst die technischen Zusammenhänge des betreffenden Sachgebietes und die sicherheitlichen Vorkehrungen beschrieben und gegebenenfalls theoretisch-systematische Betrachtungen angestellt.

Auf der Grundlage von Literaturstudien und Fachberichten werden dann die praktischen Erfahrungen der letzten 35 Jahre ausgewertet und im Hinblick auf die Vermeidung des Störfalls in der Zukunft bewertet.

Die Ergebnisse werden in einem dritten Schritt auf die spezifischen Verhältnisse in den Endlagerbergwerken Asse, Gorleben und Konrad - basierend auf den gegenwärtigen Planungen - übertragen und eine abschließende Aussage zu der Frage gegeben, inwieweit der Störfall auszuschließen ist. Hierbei handelt es sich nur um Vorgänge, die sich bei der Förderung oder Einlagerung von Abfallbinden ereignen können.

Entgegen der ursprünglichen Absicht wurden die Untersuchungen weitgehend auf die Verhältnisse im deutschen Bergbau begrenzt. Die Einbeziehung wichtiger anderer Bergbauländer hätte aus zeitlichen Gründen große Schwierigkeiten bereitet. Vor allem aber war für die Begrenzung des Untersuchungsbereiches auf Deutschland die begründete Einschätzung maßgebend, daß die Betrachtung der Verhältnisse im Ausland keine zusätzlichen Erkenntnisse bringen würde.

Alle Feststellungen über die Ausschließbarkeit von Störfällen gehen selbstverständlich von der Voraussetzung einer gewissenhaften Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und betriebsgerechtem Verhalten der beteiligten Belegschaft aus. Wenn eine technische Anlage nicht den Vorschriften entsprechend eingebaut, betrieben und gewartet wird oder wenn ein Belegschaftsmitglied bewußt einen Störfall herbeiführt, sind sicherheitliche Betrachtungen weitgehend illusorisch. Man kann die Betriebsüberwachung nicht so umfassend automatisieren, daß der Faktor Mensch keine Rolle mehr spielt. Es ist auch nicht möglich, die Belegschaft so intensiv zu kontrollieren und zu beaufsichtigen, daß kein Spielraum mehr für eigene Handlungsweisen besteht. Das menschliche Fehlverhalten wird daher nie vollständig auszuschalten sein. Wie sehr es auch in der allgemeinen Sicherheitsbetrachtung in der Kerntechnik von Bedeutung ist, zeigen die nachstehend zitierten Äußerungen von [REDACTED] (ZFE 3/83, S. 200-209), wo es u.a. heißt: "Trotz des hohen Automatisierungsgrades der Sicherheitseinrichtungen ist die Einflußnahme des Menschen auf das Geschehen in den Fehlerbaum- und Ereignisablaufanalysen nicht zu vernachlässigen. Die Folgen nicht geplanter, in bestimmten Störfall-Situationen jedoch erforderlicher,

dann aber möglicherweise fehlerhaft ausgeführter Handlungsmaßnahmen sind weitgehend in probabilistischen Risikoanalysen mitabgedeckt. Eine vollständige Erfassung der Wechselwirkung menschlicher Handlungen mit technischen Systemen durch ein realistisches Modell ist indessen kaum denkbar."

Indessen muß die Einschätzung des menschlichen Fehlverhaltens im Betrieb von Endlagerbergwerken wiederum relativiert werden. Es ist davon auszugehen, daß dem Einbau, Betrieb und Unterhalten von Anlagen wegen der besonderen sicherheitlichen Situation eine erhöhte Sorgfalt gelten wird.

3.2 Gliederung des Berichtes

Entsprechend der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise ist der Bericht auch innerhalb der Betrachtung jedes Störfalles gegliedert. Tabellen und Abbildungen sind in den Text eingefügt und nach dem jeweiligen Kapitel numeriert.

Der Gesamtbericht ist in einen Hauptband und mehrere Anhänge als Einzelbände aufgeteilt. Im Hauptband werden die Untersuchungen konzentriert dargestellt, Ergebnisse zusammengefaßt sowie eine Wertung des jeweiligen Störfalles vorgenommen. Für einige Störfälle - insbesondere für den Förderkorbabsturz - sind ausführliche Berichte vorhanden, die als Anhänge in getrennten Bänden Bestandteil des Gesamtberichtes sind. Das Quellenverzeichnis und die Anlagen gehören ebenfalls als getrennte Bände zum Anhang. Quellen und Anlagen sind entsprechend den Kapiteln des Hauptbandes numeriert. Das Quellenverzeichnis gilt für Hauptband und Anhänge gemeinsam.

Der Hauptband nimmt in der Seitennumerierung Rücksicht auf die Gliederung, indem jeder Abschnitt unter Voranstellung der Nummer des Abschnittes eine unabhängige Seitenzahlfolge hat. Für die Reihenfolge der Anlagen gilt das gleiche Prinzip.

4 Der Absturz eines Förderkorbes

Eine ausführliche Darstellung dieses Themenkreises enthält der als Anhang 1 beigefügte Bericht "Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Ursachen für Abstürze von Förderkörben in der Bundesrepublik Deutschland seit dem Jahre 1946".

4.1 Die Funktionsweise von Schachtförderanlagen

Eine Schachtförderanlage ist als ein komplexes System zu verstehen, bei dem der Träger des Fördergutes, das Fördermittel, an einem oder mehreren Seilen hängend zwangsgeführt in einem Schacht zwischen den Be- und Entladestationen bewegt wird.

Die wichtigsten Bauelemente von Schachtförderanlagen sind

- die Fördermaschine mit Antrieb, Treibmittel (auch Seilträger genannt), Bremsenrichtungen, Steuer-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen,
- das Fördergerüst mit Seilscheiben oder der Förderturm,
- das Seil und das Zwischengeschirr,
- das am Seil befestigte Fördermittel,
- die Führung des Fördermittels im Schacht sowie
- die Beschickungs- und Sperreinrichtungen an den Be- und Entladestellen.

Nachdem bis zur Mitte dieses Jahrhunderts dampfgetriebene Fördermaschinen eine führende Rolle spielten, sind moderne Schachtförderanlagen mit elektrischen

Antrieben ausgerüstet. Es überwiegen Gleichstromfördermaschinen, die früher vorwiegend mit Ward-Leonhard-Umformern ausgerüstet waren. Seit 1965 wird verstärkt Thyristorspeisung angewendet, die wegen der erheblich geringeren Leistungsverluste und der raumsparenden Bauweise sehr vorteilhaft ist.

Die Seilträger können Seiltrommeln, Treibscheiben oder - als Sonderbauart - Bobinen sein. In Deutschland überwiegen bei modernen Schachtförderanlagen Treibscheiben als Seilträger (Anlage 4.1). Im Gegensatz zur Seiltrommel, bei der ein Seilende fest auf der Trommel befestigt ist und das andere Seilende mit dem Fördermittel verbunden ist, besteht bei der Treibscheibe keine starre Verbindung zwischen Förderseil und Seilträger. Bei dem auch als Koepeförderung bezeichneten Prinzip der Treibscheibenförderung umspannt das Seil die Treibscheibe mit einem Umschlingungswinkel von mindestens 180° . Es ist ein durchgehendes Förderseil, das an jedem Ende ein Fördermittel trägt. Zwischen Seil und Treibscheibe besteht nur Reibschluß. Das Prinzip der Treibscheibenförderung gestattet die Verwendung mehrerer Förderseile, die Mehrseilförderung. Sie bietet u.a. den Vorteil, größere Förderlasten zu realisieren. Außerdem bietet sie den sicherheitlichen Vorteil einer Verteilung der Gesamthängelast auf mehrere Seile und Seilbefestigungen am Fördermittel. Da bei der Abwärtsförderung von radioaktiven Abfallstoffen in den bisherigen Planungen vergleichsweise hohe Nutzlasten vorgesehen sind, ist die Mehrseilförderung bei Endlagerbergwerken als der Regelfall zu betrachten (Anlage 4.2). Da bei der Treibscheibenförderung keine feste Verbindung zwischen Seil und Treibmittel besteht ist die Gefahr des Seilrutsches nicht auszuschließen.

Zum Ausgleich der Seilgewichte und damit zur Verringerung der Seilrutschgefahr sind am Boden der Fördermittel ein oder mehrere Unterseile über Zwischengeschirre befestigt. Die Unterseile lenken sich unterhalb der tiefsten Entladestelle im Schacht selbständig um in der sogenannten Unterseilbucht. Dort sind nach oben bewegliche Führungshölzer angebracht, die ein Verdrehen bzw. eine Schlingenbildung der Unterseile verhindern sollen.

Sicherheitstechnisch sehr wichtige Bestandteile von Fördermaschinen sind die Bremsen und die Fahrtregler. Es müssen zwei Bremseinrichtungen vorhanden sein, die Fahrbremse und die Sicherheitsbremse. Aufgabe der Fahrbremse, auch Haltebremse genannt, ist das Festsetzen der Fördermaschine beim routinemäßigen Förderbetrieb an den Be- und Entladestellen. Die Bremskraft ist geregelt. Die Verzögerung des Fördermittels und das Anhalten erfolgt prinzipiell elektrisch. Die Sicherheitsbremse dient der Stillsetzung der Fördermaschine im Not- und Gefahrenfall. - Bis zum Jahre 1959 wurden ausschließlich Backenbremsen (Gestängebremsen) als Fahr- und Sicherheitsbremse angewendet. Danach hat sich in zunehmendem Maße die Scheibenbremse (gestängelose Bremse) verbreitet. Die Scheibenbremse hat verschiedene sicherheitliche, fahrtechnische und wirtschaftliche Vorteile. Sie ist daher bei modernen Fördermaschinen häufig anzutreffen. Der Fahrtregler wirkt zur Geschwindigkeitsbegrenzung auf die Energiezufuhr und erforderlichenfalls auf die Fahrbremse ein. Er sorgt dafür, daß die Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten wird und stellt vor den Endanschlügen eine rechtzeitige Verzögerung der Fahrgeschwindigkeit sicher. Zur Garantie einer weggerechten

Verzögerung ist der Fahrtregler zusätzlich mit einer von der Steuerung unabhängigen Überwachungseinrichtung ausgerüstet.

Je nach dem Aufstellungsort der Fördermaschine unterscheidet man Flurfördermaschinen und Turmfördermaschinen. Steht die Fördermaschine auf dem Niveau der Rasenhängebank seitwärts vom Schacht, spricht man von einer Flurfördermaschine. Für diese Maschinen ist über dem Schacht ein Fördergerüst aufgestellt, das u.a. die Seilscheiben aufnimmt, über die das Seil von der Fördermaschine in den Schacht umgelenkt wird. - Bei Turmfördermaschinen wird die Fördermaschine direkt über dem Schacht im Förderturm montiert. Eine Umlenkung der Seile entfällt, wenn der Ablauf der Seile in Förderrichtung liegt. Anderenfalls sind Ablenkscheiben erforderlich.

Ein Förderseil besteht aus einer Vielzahl kaltgezogener Stahldrähte von rund 2,5 mm Durchmesser. Die Einzeldrähte werden zu Litzen, diese wiederum zu Seilen verdreht. Die einzelnen Litzen sind dabei um eine Seele aus Hanf oder Stahlseil gewunden. Das Förderseil ist der empfindlichste Teil einer Schachtförderanlage, da es außer der vorhandenen statischen Belastung ständigen Biege- und Schwellbeanspruchungen ausgesetzt ist. Außerdem ist das Förderseil hinsichtlich der sich ändernden Materialqualität am schwierigsten zu überwachen.

Die Verbindung zwischen Förderseil und Fördermittel wird durch das Zwischengeschirr sichergestellt (Anlage 4.3). Es ist erforderlich, weil bei unmittelbarer Befestigung des Förderseils am Förderkorb Längen-

Änderungen des Seiles nur schwer ausgeglichen werden könnten und außerdem beim Auslaufen von Seilschwingungen unmittelbar an der großen Masse eines Fördermittels durch die Beanspruchungen leichter Schäden an der Befestigungsstelle des Seiles auftreten würden. Das Zwischengeschirr besteht aus der Klemmkausche, die das Förderseil durch Umschlingung einbindet. Zur Verbindung zwischen Klemmkausche und Fördermittel dienen laschenartige Stahlblechverbindungselemente mit Bolzen und Schäkeln sowie das sogenannte Kreuzgelenk als unmittelbares Anschlußelement an das Fördermittel.

Das Fördermittel für die Abwärtsförderung von radioaktivem Abfallmaterial wird ein Fördergestell sein. Dieses Fördergestell mit einem oder mehreren Tragböden - auch Förderkorb genannt - besteht aus einem Kopf- und einem Grundrahmen mit Quer- und Längsträgern, die durch Hängestreben miteinander verbunden sind. An diesen Streben sind die Tragböden befestigt. Die Seitenwände sind aus gelochtem Stahlblech hergestellt, die Stirnwände sind im Regelfall offen. An den Quer- oder Längsträgern des Kopfrahmens sind Aufhängebleche zur Anbringung des Zwischengeschirrs befestigt.

Die Führung des Fördermittels im Schacht erfolgt entweder an beidseitig gespannten Seilen oder an sogenannten Spurlatten (Anlage 4.4). Die Seilführung ist in Deutschland nur in wenigen Einzelfällen anzutreffen. Die Führung mit Spurlatten kann kopfseitig oder an den Längsseiten des Förderkorbes wirksam werden. Die Spurlatten sind an den Schachteinbauten angebracht und stellen eine schienenartige vertikale Verbindung im Schacht dar. Die Gleitverbindung zwischen Fördermittel

und Schachtführung erfolgt über U-förmige Führungsschuhe oder über eine gefederte Rollenführung. Während früher Spurlatten aus Holz und Führungsschuhe die Regel waren, haben sich inzwischen bei neuen Schachtförderanlagen stählerne Spurlatten und Rollenführung eingeführt.

Auf den Füllörtern und auf der Hängebank einer Schachtförderanlage sind verschiedene Sperrvorrichtungen üblich. Das Schachttor sorgt für eine grundsätzliche Sperrung des Zugangsquerschnittes im Falle eines nicht vorstehenden Förderkorbs. Darüber hinaus verhindern Schwingbühne und Schachtsperre das Hineinfahren von Förderwagen in den Schacht bei nicht vorstehendem Fördermittel. Die Schwingbühne als ein schwenkbares Gleisanschlußelement stellt gleichzeitig im herabgelassenen Zustand bei vorstehendem Fördermittel den Niveaueausgleich zwischen Gleisanlage und Förderkorbplattform sicher.

Bei größeren Nutzlasten, die erhöhte Seillängung beim Beschicken des Fördermittels hervorrufen, sind Festsetzvorrichtungen erforderlich, die in verschiedenen Konstruktionen ausgeführt werden. Ein Niveaueausgleich mittels Schwingbühne entfällt. Die Schachtsperre ist eine bolzenartige aus der Sohle herausragende Direktsperrung für Förderwagen. Zur Ausrüstung von Füllörtern und Hängebank gehören außerdem die Beschickungseinrichtungen, deren Aufgabe es ist, Förderwagen auf den Förderkorb zu schieben (Anlage 4.5).

4.2 Die Sicherheitseinrichtungen an Schachtförderanlagen

Die Schächte - immer nur in begrenzter Zahl vorhanden -

bilden den Lebensnerv eines Bergwerksbetriebes, da sie die einzigen Zugänge zum Grubengebäude sind, eine vergleichsweise lange Lebensdauer haben müssen und besonderen Beanspruchungen maschinentechnischer und werkstoffmäßiger Art ausgesetzt sind. Es ist daher folgerichtig, wenn die sicherheitstechnischen Überlegungen und Maßnahmen für den Bergbau im Bereich der Schachtförderung einen Schwerpunkt bilden. Nachdem in den Anfängen der Schachtfördertechnik die sicherheitlichen Maßnahmen stärker analytischen Ursprungs waren, haben sich im Laufe der Entwicklung erfahrungsbedingte Maßnahmen (empirisches Vorgehen) als kennzeichnend für die sicherheitstechnische Entwicklung ergeben. Diese Erfahrungen schlagen sich in den bergbehördlichen Vorschriften nieder, die für Schachtförderanlagen mit den ab 1978 in Kraft befindlichen "Technischen Anforderungen für Schacht- und Schrägförderanlagen" (TAS) einen sehr fortgeschrittenen Stand der Sicherheitstechnik widerspiegeln.

Die einschlägigen Bestimmungen und Empfehlungen fügen sich zusammen in einer Vielzahl von Sicherheitsmaßnahmen an Schachtförderanlagen. Die weitverzweigten Zusammenhänge lassen sich vereinfacht durch die sicherheitstechnische Darstellung eines Förderspiels in einem Schachtförderbetrieb verdeutlichen:

Die Fördermittel haben planmäßig Füllort und Hängebank verlassen. Damit treten folgende Sicherheitsvorkehrungen an den Anschlägen ein:

- Die Ruhestellung von Schachtsperren und Schwingbühnen wird überwacht. Falls die Überwachung anspricht, wird ein Notsignal oder Nothalt gegeben.
- Mit dem geschlossenen Schachttor ist die Beschickungseinrichtung verriegelt.

- Die Schwingbühne kann erst betätigt werden, wenn das Fördermittel vorsteht.
- Wird bei Seilfahrt und gelöster Fahrbremse ein überwachtes Schachttor geöffnet, wird das Notsignal ertönen.

Während des Treibens wird über den Fahrtregler an der Fördermaschine die Fördergeschwindigkeit überwacht. Bei Überschreiten des Höchstwertes tritt die Sicherheitsbremse in Funktion. Mit Hilfe einer entsprechenden Überwachung des Fördermaschinenantriebs wird die Sicherheitsbremse außerdem ausgelöst bei Energiestörungen, Überschreiten einer festgelegten Drehzahl oder bei Erdschluß. Der Fahrtregler seinerseits wird auf seine Funktionsweise hin unabhängig überwacht. Bei Ansprechen der Überwachung erfolgt Stillsetzung der Förderung über die Sicherheitsbremse. Bei Gefahr kann der Fördermaschinist die Anlage mit Hilfe der Sicherheitsbremse von Hand stillsetzen (Anlage 4.6). Weiterhin werden Notsignal oder Sicherheitsbremse angesprochen, wenn die Überwachungseinrichtung für die Unterseilbucht anspricht oder überwachte Hub- oder Klappspurlatten nicht geschlossen sind.

Etwa 170 m vor Erreichen des Zielanschlags tritt die Verzögerungsphase mit Hilfe des Fahrtreglers ein. Bei zu hoher Geschwindigkeit wird die Sicherheitsbremse ausgelöst. Die Sicherheitsbremse tritt außerdem in Funktion, wenn

- das Fördermittel an dem Anschlag nicht stillgesetzt ist,
- die Verzögerung unzureichend ist,

- beim Erreichen des Anschlages eine bestimmte Geschwindigkeit überschritten ist,
- ein Schachtendschalter etwa 1,5 m oberhalb der Endstellung des Fördermittels auf der Hängebank überfahren ist.

Der Verlauf der Verzögerung wird entweder kontinuierlich am Fahrtregler überwacht oder punktweise durch entsprechende Schalter im Schacht.

Nach einem Überfahren des Schachtendschalters wird 5 m über der Endstellung des Förderkorbes eine Spurlattenverdickung wirksam, die zumindest eine starke Abbremsung des Fördermittels zur Folge hat. Es hängt von der Geschwindigkeit ab, ob die Spurlattenverdickung das Fördermittel vollständig abbremsst. Wird die Spurlattenverdickung überfahren, sind als letztes Hindernis die Prellträger vorhanden. Diese über das Schachtprofil gelegten Stahlträger mit Holzbelag verhindern ein Hineinziehen des Fördermittels in den Bereich der Seilscheiben oder der Treibscheibe bei Turmfördermaschinen. Falls bei diesem Aufprall das Förderseil reißt, wird das abgehende Fördermittel durch die nach 0,5 m Fallhöhe wirksam werdenden Fangklinken aufgefangen. Diese ragen in den Schachtquerschnitt hinein. Sie können beim Übertreiben ausweichen und treten danach wieder in den Schachtquerschnitt zum Auffangen des Förderkorbes. Die Entfernung von der Hängebank bis zum Prellträger beträgt 10 m und wird als freie Höhe bezeichnet. Entsprechend ist am unteren Endpunkt der Schachtförderung eine freie Teufe vorhanden. Einzelheiten über den Verzögerungsvorgang und die anschließenden Sicherheitsvorkehrungen sind aus den Fahrdiagrammen der Anlage 4.7 ersichtlich.

Bei ordnungsgemäßem Erreichen des Zielpunktes werden folgende sicherheitliche Maßnahmen ausgelöst:

- Die wirksam gewordene Fahrbremse wird blockiert.
- Das Schachttor kann erst geöffnet werden, wenn die Schwingbühne aufliegt.
- Die Beschickungseinrichtung kann erst nach Öffnen der Schachtsperre in Aktion treten. Die Beschickungsanlage muß in ihrer Ausgangsposition sein, bevor Sperrvorrichtungen gelöst werden können.
- Die Schwingbühne kann nicht in ihre Ausgangslage zurückgenommen werden, bevor die Schachtsperre ausgefahren und das Schachttor geschlossen ist.
- Der Förderkorb kann den Anschlag nicht verlassen, d.h. die Fahrbremse wird nicht freigegeben, solange sich die Schwingbühne nicht in ihrer Ausgangslage befindet.

Mit dieser chronologischen Darstellung soll das komplexe Sicherheitssystem von Schachtförderanlagen am einfachsten verständlich gemacht werden.

Das System von Sicherheitseinrichtungen an Schachtförderanlagen läßt sich auch in Abhängigkeit von der Bedeutung der entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen in verschiedene Überwachungsbereiche einteilen. Diese sind der Sicherheitskreis, der Fahrbremskreis und der Absperrkreis.

Alle Steuerungen, die zum Auslösen der Sicherheitsbremse führen, werden zum Sicherheitskreis zusammengefaßt. Die Auslösung der Sicherheitsbremse stellt bei diesen Störfällen die letztmögliche Sperre zur Vermeidung

eines Schadens dar bzw. bildet insbesondere bei automatisch betriebenen Anlagen eine präventive Maßnahme, die erst bei Unbedenklichkeit durch Fachpersonal wieder rückgängig gemacht werden kann.

Demgegenüber erfolgt das Auflegen der Fahrbremse bei Steuerungen, die im Fahrbremskreis zusammengefaßt sind, erst nach dem elektrischen Verzögern zum Stillstand. Hiermit sollen Störfälle berücksichtigt werden, die einerseits keine schwerwiegenden Mängel der Anlage an sich anzeigen, andererseits aber z.B. durch Bedienfehler Gefahren im Fördersystem begünstigen. Man benutzt daher die verminderte Bremswirkung durch elektrische Verzögerung und arretiert das Fördermittel mit der Fahrbremse.

Letztlich werden in der schwächsten Reaktionsstufe eine Reihe von Überwachungen, die keine unmittelbare Gefährdung von Mensch oder Anlage bedeuten, einem sogenannten Abfahrsperrkreis zugewiesen. Hierin werden bei vorstehendem Fördermittel bestimmte Funktionen oder bestimmte Zustände überwacht, die einen Grenzwert erreichen. Dennoch kann das Treiben bedenkenlos zu Ende geführt werden.

Die Ausprägung von Sicherheitskreis, Fahrbremskreis und Abfahrsperrkreis unterscheidet sich bei Anlagen mit manueller Überwachung und Anlagen mit automatischem Betrieb. Weitere Unterschiede bestehen zwischen Seilfahrt und Materialförderung.

Einzelheiten zu den besprochenen drei Überwachungskreisen sind aus Anlage 4.8 zu ersehen.

Das geschilderte umfangreiche Sicherheitssystem erfordert zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit eine Vielzahl von regelmäßigen Kontrollen. Die umfangreichen Überwachungsvorschriften und die konstruktiven Anforderungen an die wesentlichen Bauteile einer Schachtförderanlage sind in zusammengefaßter Form in den Anlagen 4.9 - 4.22 wiedergegeben.

4.3 Der Störfall Förderkorbabsturz

4.3.1 Vorgehensweise bei der Untersuchung

Im Bereich der Schachtförderung liegen Datensammlungen als Grundlage zu einer sicherheitsanalytischen Bewertung einzelner Bauteile nicht vor. Es bleibt daher nur die Möglichkeit, auf einen empirischen Ansatz zurückzugreifen und die in der Vergangenheit aufgetretenen Störfälle zu analysieren.

Als Quellenmaterial dienten die Veröffentlichungen der Oberbergämter Clausthal-Zellerfeld, Hessen, Nordrhein-Westfalen, für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz nach 1945.

Aus diesen Berichten wurde eine Störfallkartei erstellt, in der jeder Störfall nach dem in Anlage 4.23 wiedergegebenen Schema registriert wurde.

Obwohl die erfaßten Störfälle (Anlage 4.25) zweifellos die wesentlichen Vorkommnisse wiedergeben, sind nicht alle relevanten Störfälle in den Berichten enthalten. Außerdem ist die Beschreibung der einzelnen

Störfälle von unterschiedlicher Detailliertheit. Die Informationsgrundlage für die Untersuchung ist daher quantitativ nicht vollständig. Sie reicht aber für die Zielsetzung der Untersuchung aus, da davon ausgegangen werden kann, daß mit dem aus den vorhandenen Unterlagen zu erhaltenden Informationsspektrum die tatsächlichen Verhältnisse hinreichend gekennzeichnet sind.

Die Störfälle werden in unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Die innerhalb dieser Kategorien zu verzeichnenden Störfallgruppen werden nach ihren Ursachen und Wirkungen betrachtet. Das Eintreten der Störfälle wird auf der Grundlage der vorhandenen Informationen abgeschätzt und abschließend zu jeder Störfallgruppe eine Bewertung der Vermeidbarkeit angestellt.

4.3.2 Die einzelnen Schadenskategorien

Zur Beurteilung von Schachtförderanlagen reicht es nicht aus, nur die eingetretenen Förderkorbabstürze selbst zu betrachten. Es ist dagegen notwendig, allen Störfällen innerhalb einer Schachtförderanlage nachzugehen, die gegebenenfalls Ursache für einen Förderkorbabsturz sein könnten. Bei einer derart umfassenden Betrachtung können sich Wirkungsketten ergeben, die ausgelöst durch einen Störfall ein oder mehrere Ereignisse zur Folge haben. Diese Ereignisse müssen nicht abschließend zu einem Schaden führen. Die Wirkungskette kann auch an bestimmten Stellen abbrechen.

In Abbildung 4.1 ist die den weiteren Untersuchungen zugrundeliegende Systematik der Wirkungsketten von Störfällen dargestellt. Als Ordnungsprinzip wurde da-

bei das Gefahrenpotential einzelner Bauteile und Vorgänge gewählt, so daß eine Systematisierung der Ereignisse in vier Schadenskategorien ermöglicht wird.

In der Schadenskategorie I A kommt es bei regulärem Betrieb zum freien Fall des Fördermittels, d.h. seine Aufhängung ist verlorengegangen. Unter regulärem Betrieb ist zu verstehen, daß alle Elemente konstruktionsgemäß und unter Wahrung der Vorschriften funktionieren, d.h. es treten keine Kräfte auf, die nicht konstruktionstechnisch berücksichtigt wären. Unter diesen Bedingungen kann das geschilderte Ereignis nur eintreten, wenn eines der Glieder der Aufhängung seine Funktion verliert, ohne daß diesem Vorgang im Rahmen der Systematik vorangehende Störfälle als Ursachen zugewiesen werden können. Ereignisse dieser Art sind als endogen zu bezeichnen. Sie sind als äußerst problematisch zu werten, weil es keine Möglichkeit gibt, den Schaden zu verhindern. Schäden der genannten Art können sein der Bruch oder Riß an Förderseil, Fördermittel, Zwischengeschirr, Treibscheibe oder Seilscheibe.

In der Schadenskategorie I B sind vorwiegend bei einwandfreiem Zustand der Elemente der Aufhängung des Fördermittels Ereignisse erfaßt, die von außen auf die Förderanlage einwirken. Sie können zum Gewaltbruch, zum mechanischen oder thermischen Durchtrennen oder zum Dauerbruch von Elementen der Aufhängung führen. Nicht fördersystembedingte Einwirkungen wie frei fallende Gegenstände im Schacht oder Brand sind typische Ereignisse dieser Schadenskategorie. Es handelt sich dann nicht mehr um regulären Betrieb, sondern um gestörten Betrieb.

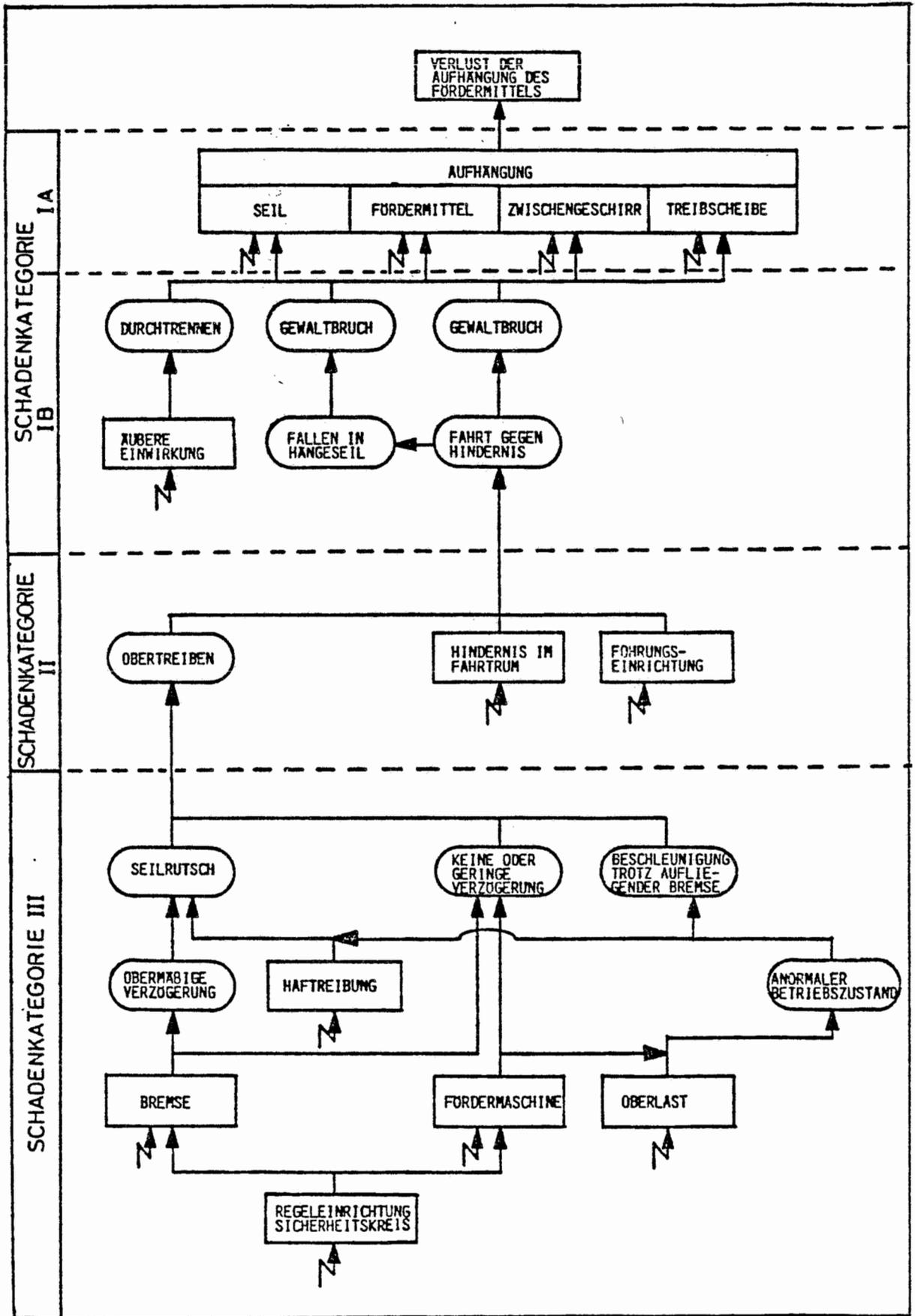


Abb. 4.1 Systematik der Schadensursachen

Die Schadenskategorie II erfaßt wiederum Fälle im gestörten Betrieb. Hierbei kommt es zum Fahren des Fördermittels gegen ein Hindernis, was nicht notwendig zum Verlust der Aufhängung führen muß. Stattdessen kann es durch Übertreiben, Hindernisse im Fahrtrum oder defekte Führungseinrichtungen zum Aufprall des Fördermittels kommen, so daß hohe Reaktionskräfte in das Fördermittel eingeleitet werden. Diese Kräfte können zum Bruch der Aufhängung führen, müssen es aber nicht.

Die Schadenskategorie III trifft auf alle Störfälle zu, durch die im regulären oder gestörten Betrieb an Bauteilen der Schachtfördereinrichtung Wirkungsketten ausgelöst werden. Diese Ereignisse bewirken nicht direkt Schäden. Es ist daher sinnvoll, durch geeignete Maßnahmen die Wirkungsketten zu unterbrechen, bevor es zu Schäden kommt, bzw. den Schaden auf ein erträgliches Maß zu verringern.

4.3.3 Schadensfälle der Kategorie I A

4.3.3.1 Riß des Förderseils

Die Beanspruchung des Förderseils stellt einen äußerst komplexen Vorgang dar. In diesem Abschnitt wird nur auf den inneren Verschleiß bzw. Korrosion im regulären Betrieb eingegangen. Förderseildrähte werden während eines Treibens Schwellspannungen und sekundären Spannungen ausgesetzt. Schwellspannungen ergeben sich aus der Nutzlast und dem Unterseilgewicht. Sie sind abhängig von der Teufe. Mit zunehmender Teufe, Nutzlast,

Seilgewichten, Beschleunigungen und Verzögerungen werden die Unterschiede in der Seilbeanspruchung größer, d.h. die Spannungsunterschiede in den Seildrähten über dem Einband erhalten größere Amplituden. Die Schwingungsanfälligkeit des Fördersystems in Abhängigkeit von Teufe, Qualität der Schachtführungen und ungleichförmigem Lauf von Treib- und Seilscheiben beeinflusst außerdem die Beanspruchung des Förderseils. Hartes Stillsetzen sowie scharfe Übergänge zwischen den Beschleunigungs-, Gleichlauf- und Verzögerungsphasen führen auch zu Schwingungen, die die Seillebensdauer verkürzen. Weiterhin sind sekundäre Spannungen wirksam, die sich durch Biegespannungen beim Laufen des Seiles über Treibscheibe oder Ablenkscheibe ergeben. Weitere Spannungen haben ihre Ursache in der Deformation des Seiles infolge der angreifenden Kräfte während eines Treibens. Hier sei vor allem auch auf die Kraftübertragung zwischen Treibscheibe und Förderseil hingewiesen.

Die Zerstörung eines Seiles im regulären Betrieb kann hervorgerufen sein durch natürlichen Verschleiß, Korrosion, Drahtbrüche infolge Ermüdung des Drahtmaterials, inneren Verschleiß in Form von Ankerbungen durch Punktberührung der Drähte bei Seilmacharten mit sich überkreuzenden Drahtlagen bzw. Litzen. Andere Ursachen für die Zerstörung des Seiles können sein plastische Verformungen der Seildrähte und Drahtbrüche infolge äußerer Gewalteinwirkung sowie Entformungen an Drahtseilen wie Korkenzieher, Knoten, Klanken, Einschnürungen.

Aus dem verfügbaren Datenmaterial sind 21 Fälle von Oberseilrissen infolge von Korrosion und Verschleiß,

aber ohne weitere äußere Einwirkung bekannt. Aus der Abbildung 4.2 ist zu ersehen,

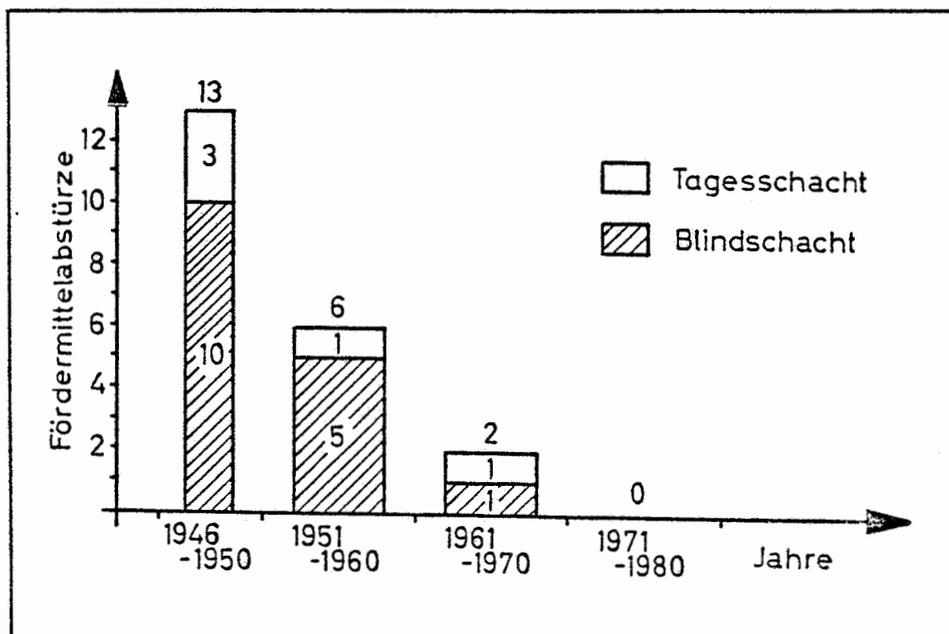


Abb. 4.2 Fördermittelabstürze im Regelbetrieb durch Seilriß

daß die Mehrzahl der Seilbrüche an Blindschächten sowie zeitlich eindeutig vor 1960 eingetreten ist. Die 19 Fälle vor 1960 lassen im wesentlichen auf unzureichende Wartung schließen. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß es sich um wenig genutzte Förderanlagen bzw. im Fall der Tagesschächte um Nebenanlagen gehandelt hat, die nicht den verschärften Vorschriften für Hauptseilfahrtanlagen unterliegen.

Als Indiz ist zu werten, daß es in keinem dieser Fälle zu Toten oder Verletzten kam. Zur detaillierten Betrachtung wird auf den Anhang 1, Kapitel 6.1.1 verwiesen.

In den zwei Fällen nach 1960 handelt es sich um Bobinenförderanlagen, die anderen Beanspruchungen unterliegen und deswegen als nicht relevant einzustufen sind.

Die Tatsache, daß es in der Bundesrepublik Deutschland seit 1960 zu keinem relevanten Fall eines Förderseilrisses gekommen ist, läßt erkennen, daß sich die sicherheitliche Überwachung der Förderseile inzwischen auf einen äußerst hohen Stand entwickelt hat. Dies schließt auch die Beurteilung der Nebenanlagen und Blindschächte ein. Die tatsächliche Beanspruchung des Förderseils während des Fördervorgangs ist noch weitgehend unbekannt. Dies ist in erster Linie auf die Schwierigkeit zurückzuführen, Schwell- und Biegespannungen des Seiles während des Fördervorganges meßtechnisch zu erfassen. Daher ist auch die Auslegung von Seilen nur empirischer Natur, wenngleich man relativ hohe statische Sicherheitsfaktoren zum Ansatz bringt. Förderseile können aufgrund ihrer Konstruktion und der geometrisch-dynamischen Beanspruchungen nicht als dauerfeste Anlagenelemente ausgelegt werden. Man muß daher die natürliche Abnutzung des Seils beobachten und anhand von Kriterien den Ablegezeitpunkt bestimmen. Dabei spielt zweifellos auch die Schwierigkeit eine Rolle, äußerlich nicht sichtbare Seilschäden festzustellen. Die seit längerer Zeit erprobte magnetinduktive Förderseilprüfung ermöglicht Schätzungen über den Seilzustand. Die Entscheidung über den Ab-

legezeitpunkt setzt allerdings immer die Erfahrung des jeweiligen Gutachters bei der Beurteilung der Ergebnisse der magnetinduktiven Messung voraus.

Es ist daher nach dem Stand der Technik und durch menschliches Fehlverhalten nicht auszuschließen, daß es zu einem Seilriß durch Ermüdung oder Korrosion kommen kann. Wartung und Meßtechnik haben allerdings einen derart hohen Stand erreicht, daß aufgrund der Erfahrungen ein Fördermittelabsturz durch Seilriß bei Einseilanlagen mit einem verbleibenden Restrisiko vermeidbar ist. Die umfangreichen Überwachungs Vorschriften sind aus Anlage 4.8 ersichtlich.

Das verbleibende Restrisiko kann bei Anwendung der Mehrseilförderung ausgeschlossen werden. Mit dieser Feststellung soll die sicherheitliche Zuverlässigkeit von Einseilanlagen nicht in Frage gestellt werden. Die Mehrseilanlage bietet aber zusätzliche sicherheitliche Vorteile.

4.3.3.2 Bruch am Zwischengeschirr

Von der sicherheitlichen und funktionsmäßigen Seite betrachtet sind Zwischengeschirre von besonderer Bedeutung. Damit nicht plötzliche Zwischengeschirrbrüche auftreten - ein Seilbruchkraftabfall kündigt sich in der Regel über einen längeren Zeitraum an - unterliegen diese Elemente scharfen Prüfungen und Untersuchungen. Die Seilbefestigung am Zwischengeschirr erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland in der Regel durch einen Kauscheneinband. Bei Mehrseilförderung sind Zwischengeschirre in der gleichen Anzahl wie Förderseile üblich. Für Mehrseilförderanlagen tritt zusätz-

lich die Frage des Seilkraftausgleichs zwischen den einzelnen Seilen auf. Einzelheiten hierzu sind in Anlage 4.24 ausgeführt.

Da die Mehrzahl der Störfälle an Klemmkauschen eingetreten ist, sollen sie getrennt von den übrigen Teilen der Zwischengeschirre behandelt werden.

Der Klemmkauscheneinband wird durch statische und dynamische Kräfte in Längsrichtung und in Querrichtung der Seile beansprucht. Querkräfte treten im wesentlichen durch Querschwingungen der Förderseile bei mangelhafter Fördermittelführung auf. Neben Seillängsschwingungen wirkt auf den Einband die Nutzlast, die sich an Füllort und Hängebank ändert. Bei Koepemaschinen tritt das mit der Stellung des Korbes veränderliche Unterseilgewicht hinzu.

Es sind insgesamt neun Fälle veröffentlicht, bei denen ein Versagen der Klemmkausche im Regelbetrieb eingetreten ist (siehe Abb. 4.3).

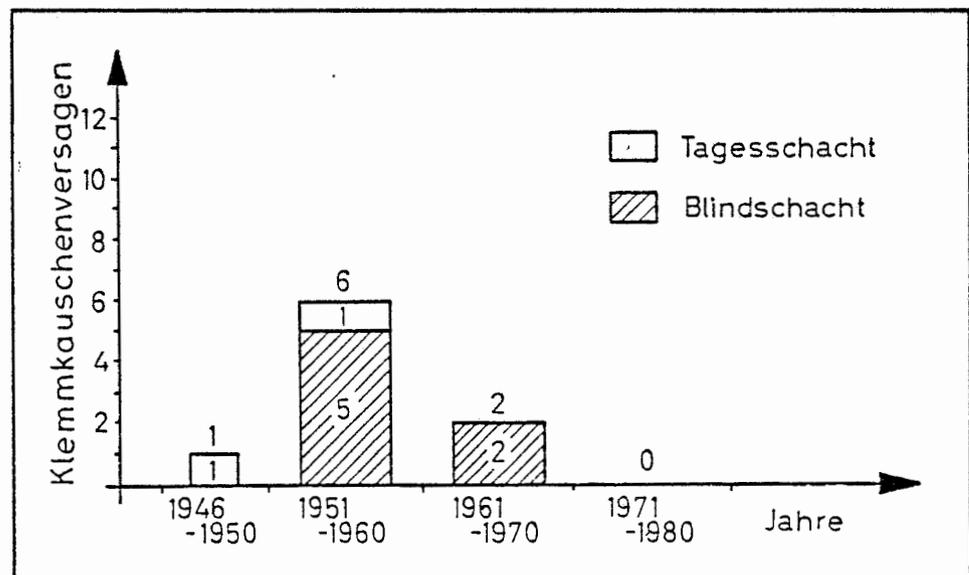


Abb. 4.3 Klemmkauschenversagen im Regelbetrieb

Davon ist es in acht Fällen zum Absturz des Fördermittels gekommen. Fünf Fälle sind in Blindschächten eingetreten und liegen vor dem Jahre 1965. Vier Fälle davon betreffen unbemerkte mechanische Einwirkungen auf die Klemmkauschen und sind als nicht relevant einzustufen, da es sich um Schäden infolge von Abbaueinwirkungen bzw. Behinderungen im Fördertrum handelte. In einem Fall liegt ein Wartungsfehler vor, da der Rostangriff an der Klemmkausche durch salzhaltiges Wasser nicht rechtzeitig bemerkt wurde.

In den drei Fällen von Tagesschächten ist es zweimal zu Abstürzen des Fördermittels gekommen. Ein Fall aus dem Jahre 1947 wurde durch eine verrostete Klemmkausche verursacht. Im Jahre 1956 war das Kauschenversagen auf Vereisung zurückzuführen. Dabei war ursächlich ein Installationsfehler zu verzeichnen, indem eine für den Seildruckmesser zu große Klemmkausche eingebaut worden war. Im dritten Fall, der die Schachtanlage Konrad betrifft, trat kein Fördermittelabsturz ein. Das Seil rutschte bei der Revision aus der Klemmkausche, da die Verwendung von Rostschutzmitteln zur Herabsetzung des Haftreibungskoeffizienten am Einband geführt hatte. Weitere Einzelheiten sind aus Anhang 1, 6.1.3 ersichtlich.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es in keinem Fall einer ordnungsgemäß installierten und betriebenen Klemmkausche zu einem Ausscheren des Seiles aus dem Einband gekommen ist. Seit dem Fördermittelabsturz aus dem Jahre 1964 ist kein weiterer Fördermittelabsturz zu verzeichnen gewesen.

Die praktische Erfahrung führt zu der Erkenntnis, daß aufgrund des Standes der Technik und der umfassenden Sicherheitsvorschriften bei ordnungsgemäßem Einbau und gewissenhafter Wartung ein Versagen des Seileinbandes ausgeschlossen werden kann, obwohl der Seileinband eine nicht formschlüssige Verbindung ist. Daher ist als weitere Sicherheitsmaßnahme die Mehrseilförderung empfehlenswert.

Im übrigen sei auf die Notwendigkeit einer zuverlässigen Werkstoffqualitätsgarantie für die Einzelteile der Zwischengeschirre hingewiesen.

An anderen Teilen der Zwischengeschirre sind im Untersuchungszeitraum nur zwei Fälle bekannt, bei denen ein Bruch von Einzelteilen eingetreten ist. Es handelt sich in beiden Fällen um den Bruch eines Kreuzgelenks. Im Jahre 1963 brach ein Kreuzgelenk von einem der vier Zwischengeschirre einer Mehrseilförderung ohne weitere Folgen. Im Jahre 1970 kam es bei einer Einseilanlage zum Absturz von zwei Fördergefäßen nach dem Bruch eines Kreuzgelenks. Die Ursache wurde in zwei Dauerrissen gesehen, die "nur durch außergewöhnliche Betriebsbeanspruchungen mit hohen Spannungsspitzen und Biegebelastungen entstehen konnten" (4.184, 1970). Der Vorfall hat zu Auswirkungen auf die gültigen Bestimmungen für Werkstoffe von Zwischengeschirren geführt.

Obwohl bei der Berechnung der Einzelteile von Zwischengeschirren nach statischen Gesichtspunkten mit hohen Sicherheitszahlen vorgegangen wird, treten infolge Ermüdung des Werkstoffes, Korrosion, ungünstiger Formgebung und anderer Ursachen Dauerrisse auf, durch die

diese Teile zerstört werden können.

Aus der Erfahrung vergangener Störfälle sind jedoch die Überwachungsmethoden (siehe Anlage 4.13) sowie die Konstruktionsvorschriften so weit weiterentwickelt worden, daß nach heutigem Stand der Technik der hier besprochene Störfall vermeidbar ist. Bei Mehrseilförderung kann jegliches Risiko ausgeschlossen werden.

4.3.3.3 Bruch an Fördermitteln oder Gegengewichten

Die tragenden Elemente des Fördergestells oder des Gegengewichtes erfahren während der Förderung quasi-statische und kinetische Beanspruchungen. Es kann daher theoretisch zum Bruch einzelner Elemente eines Fördergestells kommen.

Im verfügbaren Datenmaterial ist in fünf Fällen ein Bruch einzelner Elemente von Fördermitteln eingetreten. In zwei Fällen aus dem Jahre 1956 sind Hängestreiben infolge von Werkstoffermüdung gebrochen. Das Fördermittel stürzte jedoch nicht ab. Aus dem Jahre 1960 wird ein weiterer Bruch registriert, der rechtzeitig bei der Prüfung der Förderkörbe festgestellt werden konnte. In zwei Blindschächten ist es im Jahre 1960 durch Ausreißen des Kopfträgers am Gegengewicht zu Förderkorbabstürzen gekommen. In einem Fall handelt es sich um unbemerkte Rostbildung, im zweiten Fall um konstruktiv nicht berücksichtigte Dauerbiegebeanspruchungen durch abbaubedingte Schiefelage des Blindschachtes.

Das Fördermittel oder das Gegengewicht ist konstruktiv geringer belastet als die Seile. Die Konstruktion mit mindestens vier Hängestreben hat sich unter Einbeziehung der hohen statischen Sicherheiten in der Vergangenheit als ausreichend erwiesen. Die aus den Erfahrungen entwickelten Überwachungsvorschriften sind als ausreichend anzusehen. Allerdings sind sie sorgfältig anzuwenden, wobei auch die weniger im Blickpunkt stehenden Teile der Förderanlage, wie z.B. Gegengewichte, nicht in Vergessenheit geraten dürfen. Es wird in diesem Zusammenhang auf Anlage 4.14 verwiesen.

4.3.3.4 Brüche an Treibscheiben oder Seilscheiben

Theoretisch denkbare Ereignisse an Treibscheiben, Seilscheiben oder Ablenkscheiben sind Ermüdungsbrüche, die eventuell durch Materialfehler bzw. Konstruktionsabweichungen infolge von Schiefelage des Fördergerüsts begünstigt werden und nur schwer wartungstechnisch zugänglich sind.

Der Bruch von Seilscheiben und Treibscheiben bzw. ein Versagen ihrer Achsen bzw. Wellen kann zur Schiefstellung führen, so daß das Seil führungslos wird und das Fördermittel ins "Hängeseil" fällt. Das wird im Regelfall den Absturz des Fördermittels zur Folge haben. Aus den zur Verfügung stehenden Berichten sind sechs Fälle des Bruches einer Treibscheibenwelle und sieben Fälle des Bruches einer Seilscheibenachse bekannt. Dabei war in keinem Fall ein Absturz des Fördermittels zu verzeichnen. Einzelheiten über die verschiedenen Vorfälle sind im Anhang 1, 6.14 beschrieben.

In Verbindung mit Seil- bzw. Treibscheiben kam es in zwei Blindschächten zum Absturz des Fördermittels. Im Jahre 1966 stellte sich die Seilscheibe in einem Blindschacht durch Abbaueinwirkung schräg, so daß das Seil auf die Achse fiel und riß. Im Jahre 1962 kam es durch Abreißen des Treibscheibenhauptlagers vom Haspelrahmen zur Schiefstellung der Treibscheibe, wonach das Seil von der Treibscheibe über die Welle abglitt und mit dem Fördermittel in den Schacht stürzte. Beide Vorfälle sind in bezug auf ihre Ursachen als für Tagesschächte nicht relevant anzusehen.

Weitere Vorfälle ohne Auswirkungen sind Brüche im Keilrahmen, zu geringe Seilrillentiefe, Beschädigungen an der Verzahnung der Treibscheibenwelle und Risse in der Treib- oder Seilscheibe.

Der Förderkorbabsturz als Folge von Brüchen an Treib- oder Seilscheiben kann ausgeschlossen werden.

4.3.4 Schadensfälle der Kategorie I B

4.3.4.1 Thermische Einwirkungen

Thermische Einwirkungen auf das Förderseil sind möglich durch Blitzeinschlag oder Brand von Schachteinbauten. Brände können durch Blitzeinschlag oder Kurzschluß am Schachtkabel verursacht werden.

Es ist kein Fall vorgekommen, bei dem durch Blitzeinschlag ein Schachtbrand verursacht wurde. Vereinzelt ist jedoch der Blitz ins Seil geschlagen und hat zur Erwärmung geführt. In den Vorschriften sind inzwischen Blitzschutzanlagen ausdrücklich vorgeschrieben, die einen Brand ausschließen.

Es ist nur ein Fall eines Schachtbrandes eingetreten, der zum Oberseilriß geführt hat. Es handelt sich um einen Tagesschacht im Jahre 1949. Der Brand wurde verursacht durch Kabelkurzschluß. Wenn keine brennbaren Schachteinbauten und Fördermittelführungen verwendet werden, ist der Brand im Schacht auszuschließen. Es sind jedoch Kabelisolierungen zu verwenden, die einen Brand nicht selbständig fortleiten.

4.3.4.2 Abstürzende Gegenstände

Frei fallende Gegenstände können folgende betriebsbedingte Ursachen haben:

- Absturz von den Anschlägen,
- Absturz vom Fördermittel,
- Absturz von Schachteinbauten,
- Eisfall

In jedem dieser Fälle ist die Zerstörung der Aufhängung des Fördermittels nicht zwangsläufig, aber möglich.

Der Absturz von Betriebsmitteln, im allgemeinen Förderwagen von den Anschlägen, ist ein vergleichsweise häufiges Ereignis. Es hat jedoch nur in drei Fällen zum Oberseilriß geführt, die vor 1958 liegen (zwei Tagesschächte, ein Blindschacht). Darüber hinaus sind seit 1946 insgesamt 34 Vorfälle des Absturzes von Förderwagen an Anschlägen bekannt geworden. Die Vorfälle sind nach ihrer Ursachenstruktur in der nachstehenden Tabelle 4.1 dargestellt.

Ursache	Vorfälle in Blindschächten in Tagesschächten	
Menschliches Fehlverhalten (Signalgebung etc.)	15	2
Nichteingreifen Schachtsperre	9	3
Geöffnetes Schachttor	-	1
Nichteingreifen Rücklauf Sperre	1	1
Logikfehler im Automatikbetrieb	1	-
Fehlerhafte Signaleinrichtung	1	3

Tab. 4.1 Förderwagenabstürze von den Anschlägen
(1946 - 1980)

Als wesentliche Ursache ist menschliches Fehlverhalten, insbesondere in Verbindung mit falscher oder unzeitiger Signalgebung anzusehen. Hierbei ist allerdings auch zu unterstellen, daß die entsprechenden Sicherheitsvorrichtungen, wie Sperren verschiedener Art und Verriegelungsschaltungen nicht funktionstüchtig waren. Es ist daher besonderes Augenmerk auf die sorgfältige Überwachung und Wartung der Sicherheitseinrichtungen an den Anschlägen zu richten (siehe hierzu auch Anlage 4.12).

Der Absturz von den Anschlägen ist - unabhängig von der eigentlichen Förderung - relevant, wenn sich Abfallgebände zum Transport am Anschlag befinden und aus unterschiedlichsten Gründen in den Schacht geschoben werden könnten. Es ist daher hinreichende Vorsorge zu treffen, den unkontrollierten Zugang zum

Schacht zu verhindern.

Der Absturz aus dem Fördermittel ist für den Einlagerungsvorgang bezüglich der Aufhängung des Fördermittels nicht relevant. Es kann aber, bedingt durch die Fahrweise der Fördermaschine, zu Stößen bzw. zu Schiefstellungen im Fördermittel kommen, mit der Folge, daß das Abfallgebände bei ungenügender Arretierung vom Fördermittel abrollt, sich in den Einstrichen verkantet und möglicherweise abstürzt. Es sind insgesamt 33 Vorfälle aus den eingesehenen Berichten bekannt, bei denen es zum Herausfallen von Material oder Förderwagen aus dem Förderkorb bzw. zum Festklemmen des Fördermittels aufgrund herausragender Teile in das Fördertrum mit nachfolgenden schweren Beschädigungen der Schachteinbauten kam. Die Vorfälle sind mehrheitlich auf ungenügend arretierte Förderwagen bzw. Transportmaterial zurückzuführen. Abstürze von Förderkörben durch Seilriß sind als Folge der genannten Vorfälle nicht eingetreten.

Als seltener Vorfall ist der Absturz eines Fördermittels in einem Tageschacht durch Verklemmen im Fördertrum anzusehen. In diesem Falle ragte eine als Riegelverschluß dienende Korbstange aus dem Förderkorb heraus und konnte das Fördermittel so festklemmen, daß es nach Hängeseilbildung zum Fördermittelabsturz kam.

Der Absturz vom Fördermittel bzw. ein Verklemmen des Fördermittels aufgrund ungenügend gesicherten Fördergutes ist als schwerwiegendes Ereignis nur zu vermeiden, wenn der Arretierung der Abfallgebände

auf dem Fördermittel große Sorgfalt gewidmet wird.

Der Absturz von Schachteinbauten ist seit 1946 in fünf Fällen gemeldet worden. Das Abplatzen von Ziegeln aus der Mauerung des Schachtausbaues (1966) ist als nicht relevant einzustufen. In einem weiteren Fall (1956) kam es zum Absturz einer Rohrleitung, deren Eigengewicht sich infolge Verkrustung und Korrosion erheblich erhöht hatte. In drei Fällen stürzten Schachtdeckel ab, die in Ausziehschächten Bestandteil der Wetterschleuse sind. Dabei führte ein Fall (1968) zum Durchtrennen von zwei Seilen einer Vierseilförderanlage. Die Lage des Schachtdeckels war bis dahin nicht überwacht. Unter den heutigen Sicherheitsbedingungen ist ein derartiger Vorgang aber auszuschließen.

Der Eisfall ist als ein Sonderfall zu betrachten. Nach vorliegenden Erkenntnissen ist bisher kein Fördermittelabsturz als Folge von Eisfall eingetreten.

4.3.5 Schadensfälle der Kategorie II

Die Schadensfälle der Kategorie II sind durch den Vorgang "Fahrt gegen ein Hindernis" gekennzeichnet. Sie führen zu mechanischen Einwirkungen auf die Aufhängung des Fördermittels, die über das betriebsübliche Maß hinausgehen. Es kann zum Verlust der Aufhängung kommen. Die Ereignisse sind entsprechend den Ursachen zu gliedern in Übertreiben, Defekte an der Führungseinrichtung oder Hindernis im Fördertrum.

Das Übertreiben hat seine Ursachen generell in der Schadenskategorie III und wird daher im Kapitel 4.3.6 behandelt.

Störfälle, bei denen ursächlich die Führungseinrichtung beteiligt ist, können verursacht werden durch Versagen der Führungseinrichtung selbst als endogene Ursachen oder durch Ereignisse in der Schadenskategorie III, die aber zur Beeinträchtigung oder auch Beschädigung der Führungseinrichtung führen. Diese Ereignisse seien als exogene Ursachen bezeichnet.

4.3.5.1 Defekte Seilführung

Endogene Ursachen für das Versagen einer Seilführung sind praktisch auszuschließen. Da die Seilführung vom technischen Prinzip her aus mehreren voneinander unabhängigen Teilen in Gestalt der verschiedenen Führungsseile besteht, ist ein gleichzeitiges Versagen unwahrscheinlich. Der Verschleiß an Führungsseilen ist nach Angaben aus der Literatur als minimal zu betrachten, so daß sie eine hohe Lebensdauer erreichen.

Bedingt durch die geringen Erfahrungen infolge nur weniger Anwendungsfälle in der Bundesrepublik Deutschland sind keine Vorfälle des Versagens von Seilführungen bekannt.

Exogene Einwirkungen auf die Funktionsfähigkeit von Seilführungen sind dagegen durchaus möglich.

Im Gegensatz zur Spurlattenführung ist die Seilführung ein nicht starres System, das schon bei geringen seitlichen Kräften nachgibt und zu Verdrehungen des Fördermittels um die Schwerpunktachse in vertikaler (Verkippen) oder horizontaler (Drahl) Richtung führen kann. Als wesentliche Einflußgrößen sind azentrische Verteilung der Nutzlast im Fördermittel, aerodynamische Vorgänge sowie mechanische Beschleunigungen und Verzögerungen im Förderspiel zu nennen. Es kann zur Überschreitung der konstruktionstechnisch vorgesehenen Mindestmaße im Abstand zum Gegentrum und zu den Schachteinbauten kommen.

Weiterhin ist als Störfall die Schiefstellung des Fördermittels zu nennen, die bei überlagerten Schwingungen im Fördersystem eintritt und zum Austreten oder Verrutschen des Fördergutes auf dem Fördermittel führen kann. Im Gegensatz zur kopfseitigen Führung bei Stahlspurlatten ist das Fördergut gegen Herausfallen aus dem Fördermittel bei Seilführung nicht gesichert. Es kann nur eine hinreichende Arretierung auf dem Fördermittel hier verhindernd wirken.

Wie auch bei Spurlattenführung sind als weitere mögliche Einflüsse die Verkrustung der Führungsseile bzw. Führungsösen mit Salzbildung oder in Einziehschächten bei kalter Witterung die Bildung von Eis zu beachten.

Von den wenigen in der Bundesrepublik Deutschland ausgeführten Anlagen mit Seilführung sind keine Zusammenstöße sich begegnender Fördermittel oder das Berühren von Schachteinbauten bekannt.

Dagegen ist es 1962 an einer Bobinenförderung zum Oberseilriß gekommen, nachdem sich die Führungsseile nach einer mehrtägigen Förderpause mit Salz verkrustet hatten. Das Gegengewicht klemmte bei langsamer Abwärtsfahrt fest und fiel anschließend ins Hänge-seil, was den Seilriß zur Folge hatte.

Horizontale Beschleunigungen sowie ein mögliches Kippen des Fördermittels machen es erforderlich, das Fördergut während des Treibens sicher zu arretieren. Im übrigen sind die in der TAS enthaltenen Richtlinien angesichts der Erfahrungen im Ausland unter gleichen Bedingungen als ausreichend anzusehen. Einzelheiten hierzu und zur Anwendung der Seilführung in der Bundesrepublik Deutschland sind aus Anlage 4.16 zu ersehen.

Im Hinblick auf die geltenden Richtlinien ist gegebenenfalls kritisch zu prüfen, ob bei den zum Teil neuen Einsatzbedingungen in der Abwärtsförderung große Lasten radioaktiven Abfalls die bisherigen Abstandsangaben beibehalten werden können.

Der Gefahr der Verkrustung der Führungsmittel mit Salz oder Eis ist wartungsmäßig besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Ein Fördermittelabsturz infolge defekter Seilführung kann als vermeidbar betrachtet werden.

4.3.5.2 Defekte an der Spurlattenführung

Beim Versagen der Führung des Fördermittels kommt es entweder zum Entgleisen des Fördermittels oder zur Klemmstellung. Beide Vorfälle können zum Fördermittelabsturz führen.

Beim Entgleisen des Fördermittels kann das Anschlagen an die Schachteinbauten bzw. der Zusammenstoß mit dem Fördermittel oder dem Gegengewicht im Gegentrum die Folge sein. Das Entgleisen kann sich bei voller Treibgeschwindigkeit unbemerkt bis zum Ende des Förderzuges fortsetzen.

Die Klemmstellung des Fördermittels ist in ihrer Auswirkung abhängig von der jeweiligen Treibrichtung. Beim Abwärtstreiben tritt die gefürchtete Bildung von Hängeseil über dem festgeklemmten Korb ein. Das bedeutet, daß bei weiterem Drehen der Treibscheibe loses Seil auf dem Fördermittel aufgelastet wird, wenn die Reibung zwischen Seil und Treibscheibe hierzu ausreicht. Gleichzeitig wird das Unterseil angezogen. Durch beide Effekte kann das Fördermittel aus der Klemmstellung befreit werden und beschleunigt im freien Fall auf der Länge des Losseiles abgehen. Dabei ist in aller Regel ein Seilriß nicht zu vermeiden. - Beim Aufwärtstreiben ist die Folge des Treffens auf einen defekten Teil der Führungseinrichtung entweder das Entgleisen des Fördermittels oder eine stärkere Beanspruchung der Fördermittelaufhängung. Diese kann eine Überwindung des Hindernisses bewirken und damit Fortsetzung des Treibens oder ein Festklemmen des Fördermittels. Dabei kommt es zur Abschaltung der Förderanlage durch Überstromauslösung oder zum Förderseilriß.

Endogene Ursachen für das Versagen der Spurlattenführung sind die durch unvermeidbare Unebenheiten der Spurlattenstränge bedingten Schwingungen des Fördermittels und Gegengewichtes in horizontaler Richtung. Hierdurch wird nicht nur Verschleiß an den Spurlatten bewirkt, sondern auch Lockerungen der Verbindungen der Spurlatten mit den Einstrichen.

Exogene Ursachen sind häufig mit Gebirgsbewegungen in Verbindung zu bringen, die durch Abbaueinwirkungen hervorgerufen werden. Da die Spurlatten starr mit dem Gebirge verbunden sind, kann es zu Spurerweiterungen oder -verengungen kommen, abgesehen von der zusätzlichen Beanspruchung der Verbindungselemente mit der Folge ihres Bruches. Frei fallende Gegenstände können als exogene Ursachen zur Zerstörung oder Beschädigung von Spurlatten oder Führungselementen führen. Außerdem ist das Verkeilen eines fallenden Gegenstandes zwischen Führungselement an dem Fördermittel und Spurlatte denkbar. Die Eisbildung und Salzverkrustung ist ebenfalls - wie bei der Seilführung - als Störfallursache zu erwähnen.

Seit 1946 ist es in 16 Fällen von Versagen der Führungseinrichtung zum Oberseilriß gekommen. Einzelheiten gibt die nachstehende Tabelle 4.2 wieder. In 15 der 16 Fälle wurde eine Klemmstellung des Fördermittels bewirkt, aus der sich das Fördermittel wieder befreien konnte und ins Hängeseil fiel. Damit trat Oberseilriß ein. An diesen Ereignissen sind 11 Tageschächte und 5 Blindschächte beteiligt, so daß als Ursache nicht allein die mangelnde Überwachung von Nebenförderanlagen angeführt werden kann.

Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung, die zum Oberseilriß geführt haben

	<u>Vorfälle</u>
1. Endogene Ursachen	
- Spurerweiterung durch Verschleiß (Entgleisen)	1
2. Exogene Ursachen	
- Eisbildung	1
- Abbaueinwirkung	2
- Salzverkrustung	1
3. (nicht zuzuordnen)	
- Klemmstellung	11

Summe	16

Tab. 4.2 Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung, die zum Oberseilriß geführt haben

Die Klemmstellung wird in 11 Störfällen nicht näher spezifiziert. Es kann jedoch unterstellt werden, daß im wesentlichen als Gründe die Gebirgsbewegung durch Abbaueinwirkung und Vorfälle in Verbindung mit Holzspurlatten und Führungsschuhen maßgeblich sind. Außerdem sind Eisbildung und Verkrustung mit Salz in zwei Fällen für die Klemmstellung des Fördermittels und folgenden Fördermittelabsturz zu nennen.

Die erwähnte und zum Teil vermutete Ursachenstruktur ist überprüfbar durch das Studium von Ereignissen des Versagens der Führungseinrichtungen, die keinen Oberseilriß zur Folge hatten. Diese sind in der Tabelle 4.3 aufgeführt.

Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung ohne
Folge eines Oberseilrisses

	<u>Vorfälle</u>
1. Blindschächte	
1.1 Exogene Ursachen	
- Klemmstellung durch Abbauwirkung	4
- Versagen der Spurlattenhalterung durch Abbaueinwirkung (Entgleisen)	2
1.2 Endogene Ursachen	
- Versagen der Befestigungsschrauben (Fahrt gegen Hindernis)	2
- Beschädigung der Spurlatte	1
2. Tagesschächte	
2.1 Exogene Ursachen	
- Entgleisen der Führungsschuhe	2
- Klemmstellung durch Eisbildung	1
- Klemmstellung durch Abbaueinwirkung	3
- Klemmstellung durch andere Ursachen	2
2.2 Endogene Ursachen	
- Entgleisen	35
- Festklemmen am Spurlattenstrang	2
	Summe 54

Tab. 4.3 Versagen der Führungseinrichtungen mit
Spurlattenführung ohne Folge eines
Oberseilrisses

Ein Schwerpunkt der Störfälle betrifft das Entgleisen, was überwiegend auf angebrochenen, beschädigten und gelockerten Spurlatten eintritt. Es kann vermutet werden, daß derartige Vorfälle auf Holzspurlatten in Verbindung mit Führungsschuhen zurückzuführen sind. Das Entgleisen führt mehrheitlich zwar nicht zum Fördermittelabsturz, verursacht aber in der Regel erhebliche Beschädigungen an Fördermitteln und Schachteinbauten.

Bei den exogenen Ursachen überwiegen Klemmstellungen durch Abbaueinwirkungen.

Zur Vermeidbarkeit der aufgeführten Störfälle liegt im Hinblick auf die endogenen Ursachen die Vermutung nahe, daß bei Verwendung von Stahlspurlatten in Verbindung mit Rollenführungen Störfälle nicht mehr auftreten können. Aus dem Datenmaterial sind keine Vorfälle mit Stahlspurlatten und Rollenführung bekannt. Die Verwendung von Stahlspurlatten und Rollenführung sollte daher als Stand der Technik angesehen werden, wie dies auch die Entwicklung der letzten zwei Jahrzehnte deutlich macht. Obwohl das vorliegende Datenmaterial keinen Hinweis auf die Anfälligkeit von Stahlspurlattenführungen gibt, ist die Notwendigkeit zu sorgfältiger unmittelbarer Überwachung der Funktionsfähigkeit der Spurlattenführung hervorzuheben. Über die in Führungseinrichtungen tatsächlich auftretenden Belastungen liegen nur geringe Erkenntnisse vor. Dies trifft besonders für die dynamische Beanspruchung bei großen Einstrichabständen in Verbindung mit großen Fördermittellasten zu. Die Festigkeit der Spurlatten und Einstrichverbindungen sowie der Zustand des Werkstoffes der Spurlatten und der Einstriche kann nur

aufgrund von Schachtbefahrungen bei sorgfältiger Beobachtung geklärt werden. Die Verwendung des sogenannten Spurlattenprüfgerätes zur Messung des Verschleißes an Spurlatten ist nur bedingt möglich, da die Messung der Spurlattenhöhe nicht eindeutig vorgenommen werden kann. Sie ist zu stark von Einflüssen durch Relativbewegungen zwischen den Spurlatten überlagert.

Die sehr sorgfältige ständige Überwachung der Spurlatten ist daher Voraussetzung für die Vermeidung von Störfällen mit endogenen Ursachen.

Störfälle aufgrund von exogenen Ursachen können bei entsprechender Überwachung der Anlage als ausschließbar eingestuft werden. Dies trifft sowohl für das Problem der Eisbildung oder Salzverkrustung zu, als auch für die Veränderung der Vertikalität und Standfestigkeit der Schachteinbauten als Folge von Abbaueinwirkungen. Letztere sind in den Endlagerbergwerken nicht zu erwarten.

Einzelheiten über Spurlattenführungen und die sicherheitlichen Anforderungen können aus Anlage 4.7 ersehen werden. Außerdem sei auch - wie bei den anderen Kapiteln - auf die ausführlichen Darstellungen in Anhang 1 verwiesen.

4.3.5.3 Defekte an Schachtführungen im Bereich der Anschläge (Hängebank und Füllörter)

Über die Betriebssicherheit der Führungseinrichtung im Bereich der Anschläge liegen bei Seilführung wenig

Erfahrungen vor. Als problematisch ist der Übergang von der Seilführung auf die feste Führung anzusehen, da die Stellung des Fördermittels vor der Einfahrt nicht sicher zu fixieren ist. Weitere Einzelheiten über Ausbildung und sicherheitliche Anforderungen sind aus Anlage 4.17 ersichtlich.

Die Gestaltung der Anschläge bei Spurlattenführung entspricht prinzipiell derjenigen bei Seilführungen (siehe Anlage 4.16). Da bei Spurlattenführung die Kopfführung vorherrschend ist, müssen im Bereich der Anschläge Unterbrechungen vorhanden sein. Die TAS schreibt vor, daß im Bereich der Spurlattenunterbrechungen Eck- oder Seitenführungen vorhanden sein müssen. Dies kann nur ausgeschlossen werden, wenn durch die Bauart der Fördermittel oder Gegengewichte oder durch selbsttätig überwachte Klapp- und Hubspurlatten ein Entgleisen verhindert wird. Bei Fördermitteln mit Führungsrollen sind als Spurlattenunterbrechungen an Zwischenanschlügen nur selbsttätig überwachte Klapp- oder Hubspurlatten zulässig.

Im Bereich der Anschläge können im Hinblick auf die Korbführung folgende Störfälle auftreten:

Versagen an Klapp- und Hubspurlatten

Übergang Spurlatte/Eckführung und umgekehrt

Toleranzen in den Eckführungen

Seit 1946 sind zehn Vorfälle zu verzeichnen, von denen drei den Übergang Eckführung/Spurlatte, zwei die Klapp- und Hubspurlatten, zwei die Toleranzen in den Eckführungen betreffen und drei Vorfälle nicht zuzuordnen sind. Bei letzteren kann es sich auch um Ver-

sagen der Beschickungseinrichtungen und damit zusammenhängender Vorrichtungen handeln, so daß diese Fälle nicht eindeutig den Schachtführungen zuzuordnen sind. Förderkorbabstürze waren nicht zu verzeichnen.

Bei sorgfältiger Überwachung der Eckführungen sowie der Sicherheitsvorrichtungen an Klapp- und Hubspurlatten sind die genannten Vorfälle vermeidbar.

4.3.5.4 Hindernis im Fördertrum

Hindernisse im Fördertrum können alle Schachtinstallationen bilden, die durch Ermüdung ihrer Befestigung oder durch Gebirgsbewegung in das Fördertrum hineinragen. Korrekterweise ist auch die Eisbildung in Einziehschächten zu diesen Vorgängen zu rechnen.

Insgesamt sind drei Vorfälle im Untersuchungszeitraum dieser Kategorie zuzuordnen. Sie führten nicht zu Förderkorbabstürzen. Der Störfall ist daher bei sorgfältiger Wartung vermeidbar.

4.3.6 Schadensfälle der Kategorie III

4.3.6.1 Übertreiben

Ein Übertreiben tritt ein, wenn das Fördermittel aus der Bewegung heraus nicht an seiner Endstellung im Schacht stillgesetzt wird. Hierfür sind prinzipiell drei Ursachen denkbar:

- Bei normalen Kräften am Fördermittel ist die Verzögerung nicht ausreichend,

- bei betriebsüblicher Verzögerung sind die am Fördermittel angreifenden Kräfte größer als das betriebsübliche Maß und
- durch Seilrutsch liegt keine Haftreibung zwischen Treibscheibe und Seil vor, so daß die verzögernden Kräfte nicht auf das Seil übertragen werden können.

Da das Übertreiben immer als Folge vorherigen Versagens einer Sicherheitseinrichtung auftritt, wird es nicht als gesonderter Störfall behandelt, sondern in den folgenden Kapiteln jeweils angesprochen.

4.3.6.2 Beschleunigung trotz aufliegender Fahrbremse

4.3.6.2.1 Fördermaschine

Störungen an elektrischen Anlagen der Fördermaschine sind möglich. Durch sie kann es zu einem unkontrollierten Fahrverhalten der Fördermaschine kommen. Auf der Grundlage des Datenmaterials sind 22 Fälle ermittelt worden, die derartige Schäden beinhalten. Es ist in keinem dieser Fälle, die überwiegend bei stehender Fördermaschine auftraten, zum Übertreiben gekommen.

Nach Auffassung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (WBK) verliefen alle Vorfälle ohne Risiken für Seilfahrende und Fördergut.

Eine sachgerechte Geschwindigkeitsüberwachung hätte alle eingetretenen Störfälle verhindert. Es ist daher zu folgern, daß ein Übertreiben durch Defekte an den elektrischen Anlagen vermeidbar ist, bzw. seine Folgen

bei Vorhandensein der Sicherheitseinrichtungen nicht zum Seilriß führen.

Die gutachtliche Stellungnahme der WBK zu der angeschnittenen Frage ist als Anhang 2 Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

4.3.6.2.2 Überlast

Der Begriff Überlast bezeichnet allgemein die Differenz der in den beiden Trumen einer Treibscheibenförderanlage befindlichen Gesamtlast aus Oberseil, Fördermittel, Zwischengeschirr und Unterseil. Die im folgenden angesprochene Überlast bedeutet eine über das betrieblich vorgesehene Maß hinausgehende Überlast.

Eine größere Überlast kann entstehen, wenn der Lastausgleich durch das Unterseil verloren geht, d.h. wenn dieses reißt oder wenn das Fördermittel über die vorgesehene Nutzlast hinaus beladen wird.

4.3.6.2.2.1 Unterseilriß

Mit einem Riß des Unterseiles werden die für die Auslegung der Seilrutschsicherheit und der Bremsen getroffenen Annahmen hinsichtlich des Gewichtsausgleichs überschritten und es kann zum Übertreiben kommen.

Auf der Grundlage des Datenmaterials ist nachweislich nur in zwei Fällen (1949 und 1954) ein Unterseilriß Ursache für Überlast und Übertreiben gewesen, jedoch

nicht mit der Folge eines Förderkorbabsturzes. Demgegenüber stehen im Zeitraum von 1946 bis 1980 insgesamt 90 Unterseilrisse, die nicht ein Übertreiben nach sich zogen. Weitere Einzelheiten enthält der Anhang 2, Kapitel 6.4.2.2.1.

Es kann davon ausgegangen werden, daß Förderkorbabstürze infolge von Unterseilrissen nicht auftreten werden. Die Einbeziehung der Wendeholzüberwachung in den Sicherheitskreis wäre als zusätzliche Maßnahme diskutabel.

4.3.6.2.2.2 Bedienungsfehler

Im hier betrachteten Fall haben Störfälle Bedeutung, bei denen eine über die vorgesehene Nutzlast hinausgehende Überlast auftritt. Derartige Ereignisse werden vom Anschläger kontrolliert. Eine zusätzliche Überlast tritt folglich als Bedienungsfehler auf, meistens in Unkenntnis der tatsächlichen auf den Förderkorb aufgeschobenen Gewichte.

Insgesamt wurden zehn Fälle ermittelt, bei denen eine Überlast an einem Störfall mit Übertreibenwirkung beteiligt war. In drei Fällen trat infolge des Übertreibens ein Absturz des Fördermittels ein. Diese Vorfälle liegen vor dem Jahre 1954. Sämtliche Störfälle ereigneten sich vor dem Jahre 1972.

Charakteristisch ist, daß die Überlast häufig mit Seilrutsch bzw. Bremsversagen verbunden ist. So kam es z.B. bei den jüngsten Störfällen aus dem Jahre 1971 durch übermäßig starkes Ansprechen der Sicherheitsbremse bei Überlast zum Seilrutsch, wobei der Korb unter die Prellträger gezogen wurde.

Die Überlast durch Bedienungsfehler kann meßtechnisch erfaßt werden, indem z.B. eine Überwachungseinrichtung eingebaut wird, die nach dem Abfahrtsignal die Überlast durch Messung des Ankerstromes der Fördermaschine erfaßt. Dies trifft allerdings nur im Falle der aufwärtsgehenden Überlast zu. Bei eingehängter Überlast wirkt die Fördermaschine generatorisch bremsend.

Das Übertreiben infolge einer außergewöhnlichen Überlast ist als möglicher Störfall zu berücksichtigen. Er ist allein durch die Aufmerksamkeit und Kontrolle des jeweiligen Anschlägers vermeidbar. Außergewöhnliche Überlastungen können gefährliche Auswirkungen haben, da sie die Sicherheitsmarge gegen Seilrutsch und Bremsversagen herabsetzen. Es sollte aber möglich sein, eine ausreichende Kontrolle für Höchstgewichte bei der Förderung sicherzustellen und damit diesen Störfall auszuschließen.

4.3.6.3 Keine oder zu geringe Verzögerung

Um das Fördermittel am Endanschlag bündig zu setzen, muß aus der Beharrungsphase die Verzögerungsphase eingeleitet werden. Im regulären Betrieb ist davon auszugehen, daß elektrische Fördermaschinen mit so hoher Präzision gesteuert werden können, daß mechanische Bremsen, d.h. die sogenannte Fahrbremse, nur zum

Sichern des Fördermittels beim Bündigstehen am Anschlag und beim Wiederauffahren benötigt werden. Ein Versagen der Fahrbremse führt bei gegebener Überlast zum Ausfahren des Fördermittels aus der Anschlagstellung und bedeutet damit eine ernsthafte Gefahr für den Be- und Entladevorgang. Ein Versagen der Fahrbremse kann bei ungünstiger Überlast und gleichzeitigem Spannungsfreiwerden der Fördermaschine zum Übertreiben führen. Ein Versagen der Fahrbremse ist nur denkbar bei

Verminderung des Reibungskoeffizienten durch Verschmieren der Bremsscheibe oder Abnutzung der Bremsbelege,

Bruch des Bremskranzes,

Bruch oder Verklemmen der Bremskolben und

fehlende oder reduzierte Bremskraft.

Im Untersuchungszeitraum ist es in 17 Fällen zum Übertreiben gekommen, das ursächlich auf ein Bremsversagen zurückzuführen ist. Dreimal war der Absturz des Fördermittels die Folge.

Die Verteilung der Vorfälle auf den Zeitraum seit 1946 zeigt die nachstehende Abbildung.

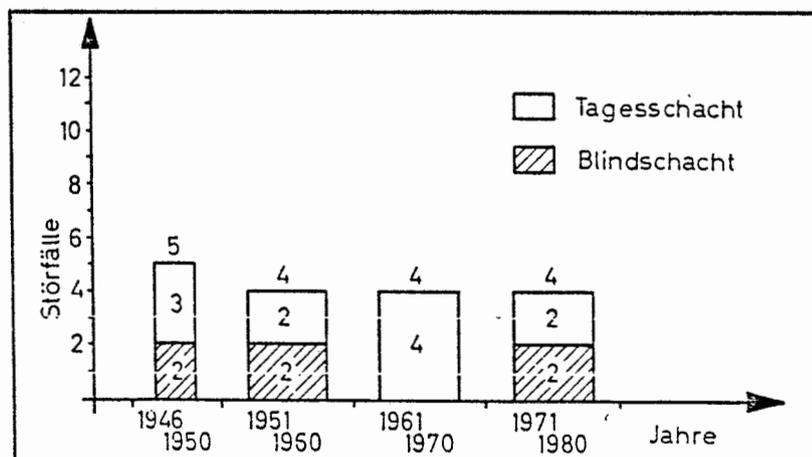


Abb. 4.4 Verteilung der Störfälle mit Bremsversagen in Tages- und Blindschächten (1946 - 1980), die zum Übertreiben geführt haben

Aus der Darstellung ist zunächst abzuleiten, daß die Anzahl der Vorfälle relativ gering ist; daß jedoch die Vorfälle mit Bremsversagen keine **sich deutlich verringernde Tendenz zeigen**. Die Ursache mag in dem komplexen Aufbau von Bremseinrichtungen mit einer vergleichsweise komplizierten Steuereinrichtung zu suchen sein.

Nach der Versagensursache wurden die Störfälle in vier funktionelle Bereiche gegliedert, diese sind:

- Krafterzeugung (drei Fälle),
- Kraftübertragung (fünf Fälle),
- Reibungskoeffizient (zwei Fälle),
- Steuerung (acht Fälle).

In einem Fall ergibt sich eine zweifache Ursache.

In allen Fällen handelte es sich um Backenbremsen. Ein Versagen von Scheibenbremsen, die erstmalig Ende der 60iger Jahre in Schachtförderanlagen der Bundesrepublik Deutschland eingesetzt wurden, ist aus dem Datenmaterial nicht bekannt.

Weitere Einzelheiten zu den eingetretenen Störfällen und damit Betrachtungen über das Versagen von Backenbremsen sind in Anlage 4.25 und im Anhang 1, Kapitel 6.4.3.2 enthalten. Die Vermeidbarkeit des Versagens der Bremseinrichtung als dem sicherheitstechnisch bedeutsamsten Bauteil von Schachtfördermaschinen ist durch die Verwendung von Scheibenbremsen erreichbar. Sie gewährleisten vom Bauprinzip eine von einzelnen

Bauteilen unabhängige Bremswirkung und bilden somit sicherheitstechnisch optimale Möglichkeiten, wenn sie auf zwei voneinander unabhängige Brems scheiben wirken.

Bezüglich der Verhinderung eines Übertreibens muß jedoch bei der Sicherheitsbremse eine Einschränkung gemacht werden. Der von Umwelteinflüssen bestimmte Reibbeiwert wird die Regelung und Steuerung der Bremskraft beeinflussen und gegenwärtig nicht immer gewährleisten können, daß die Sicherheitsbremskraft stets im zulässigen Toleranzbereich zwischen Seilrutschgrenze und Mindestverzögerung liegt. Damit birgt die Auslösung der Sicherheitsbremse prinzipiell die Gefahr des Übertreibens.

Zu begegnen ist diesem Problem durch oftmaliges Prüfen der Bremswirkung. Mit entsprechend gewählten Prüfungsintervallen erscheint ein Übertreiben vermeidbar, zumal anzunehmen ist, daß sich eine Veränderung der Reibungsverhältnisse nicht kurzfristig ergibt.

Ein Störfall infolge Versagens der Bremskraft erscheint daher bei dem Einsatz von Scheibenbremsen ausschließbar.

4.3.6.4 Versagen der Verzögerung durch Defekt der Fahrtregelung

Der Fahrtregler mit seiner Überwachungseinrichtung ist neben der Bremseinrichtung das wesentliche Sicherheitselement einer Fördermaschine. Er hat die Aufgabe, einen Förder- und Seilfahrtzug rechtzeitig in den Verzögerungsbereich zu bringen und darüber hinaus ohne Risiken zu Ende zu führen, wenn der Fördermaschinist ausgefallen ist.

Zu diesem Störfall liegt ein umfangreiches Gutachten der Westfälischen Berggewerkschaftskasse vom 11.7.1983 vor, das als Anhang 2 beigelegt ist.

Im Untersuchungszeitraum sind 25 Vorfälle eingetreten, bei denen der Fahrtregler versagt und ein Übertreiben die Folge war. Keiner dieser Vorfälle führte zum Verlust der Aufhängung des Fördermittels. Nach den Ursachen sind die Vorfälle in drei Kategorien zu untergliedern:

Übertreiben durch Defekt in der Steuerung bei fehlender Überwachungseinrichtung (12 Fälle),

Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und der Überwachungseinrichtung infolge fehlender Unabhängigkeit (8 Fälle),

Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und ungenügender Überwachungseinrichtung trotz Unabhängigkeit (5 Fälle).

Die 12 Übertreibenfälle an Elektrofördermaschinen durch Störung in der Steuerung bei fehlender Überwachung bedürfen keiner Diskussion. Bei fehlender Überwachung ereignen sich diese Übertreiben mehr oder weniger zwangsläufig. Fahrtregler ohne Überwachungen sind nicht mehr Stand der Technik.

Die acht Übertreibenfälle durch gleichzeitige Störung der Steuerung und Überwachung infolge fehlender Unabhängigkeit zwischen Steuerung und Überwachung machen grundsätzliche Gedankenfehler bei der Konstruktion deutlich. Man kann sie über drei Jahrzehnte bei vielen

Konstruktionen sogar bis in die neuesten Vorschriften hinein (TAS) verfolgen. Die Steuerkurve und die Überwachungskurve werden gemeinsam über dieselbe Mechanik vom Seilträger bewegt. Diese Anordnung macht beide Sicherheitselemente in ihrer Funktionsweise nicht voneinander unabhängig. Das gemeinsame Versagen und damit Übertreiben ist mit dieser Konstruktion vorprogrammiert. Es sind die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen inzwischen weiterentwickelt worden durch Installation einer Wegüberwachung durch Magnetschalter im Schacht und durch die gegenseitige Überwachung der beiden Tachomaschinen für die Fahrtregelung und die Überwachung, wobei beide Maschinen nicht nur mechanisch, sondern auch elektrisch voneinander unabhängig sind. Diese Entwicklung ist nicht zuletzt aus den Erfahrungen der acht Vorfälle des Ausfalls der Fahrtregelung und Überwachung bei nicht vorhandener Unabhängigkeit beider Sicherheitselemente zu sehen.

Als weitere technische Lösung ist außer der vorher genannten sogenannten kontinuierlichen Überwachung die sogenannte schachtabhängige punktweise Verzögerungsüberwachung möglich. Sie hat sich nach drei Jahrzehnten Einsatz bewährt und bietet eine vollständige Unabhängigkeit vom Fahrtregler und seiner Überwachung.

Ein Fahrtregler bei dieser Überwachung besteht pro Trum aus einer Kurvenscheibe mit Rollenhebel und Spannungsgeber für die Verzögerungssteuerung am Fahrtwegende. Die Überwachungskurve fehlt jedoch. Dafür ist entlang der Verzögerungsstrecke im Schacht eine Anordnung mit drei oder mehr magnetischen Schachtschaltern vorhanden, die eine Widerstandskette so schalten, daß

eine stufenförmige, lückenlose Hüllkurve entsteht. Alle acht Übertreibenfälle infolge gleichzeitiger Störung von Steuerung und Überwachung wären mit dieser punktweisen Überwachung vermeidbar gewesen. Dies wäre auch mit der inzwischen angepaßten kontinuierlichen Überwachung zu garantieren.

Bei den fünf Übertreibenfällen durch Defekt in der Steuerung und mit ungenügender Überwachungseinrichtung haben sich drei bei Anlagen mit punktweiser Überwachung, jedoch mit Grenzwertinstrumenten, ereignet. Eine punktweise Überwachung mit Grenzwertinstrumenten ist weniger funktionssicher als die punktweise Überwachung mit stufenförmiger Hüllkurve. Nach diesem Kontrollprinzip ist nur einer der Fälle der zuletzt besprochenen fünf Übertreibensvorgänge betroffen, jedoch nicht eindeutig. Es spricht manches dafür, daß andere Ursachen für den Ausfall der Fahrtregelung anzuführen sind.

Damit ergibt sich die Konsequenz, daß mit der punktweisen Verzögerungsüberwachungseinrichtung, aber auch mit der mehrfach verbesserten kontinuierlichen Überwachung eine nahezu risikolose Funktionsweise der Fahrtregelung und ihrer Überwachung zu garantieren ist. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß es in der Vergangenheit in diesem Störfallkomplex zu keinem Förderkorbabsturz gekommen ist, kann er für den Förderkorbabsturz als ausschließbar angenommen werden.

4.3.6.5 Seilrutsch

Bei Treibscheibenförderanlagen besteht zwischen dem Seil und dem Treibscheibenfutter nur eine durch Haftreibung erzeugte kraftschlüssige Verbindung. Die Seilkräfte können konstruktionstechnisch ausreichend genau ermittelt werden. Ein Seilrutsch durch Veränderung der Verhältnisse der Seilkräfte setzt daher eine Betriebsstörung voraus und ist als exogen anzusehen. Dagegen ist der Reibungskoeffizient zwischen Seil und Futter einer genauen Festlegung bei den auftretenden Betriebszuständen schwer zugänglich (siehe hierzu auch Anlage 4.24). Das Auftreten von Seilrutsch durch unvorhergesehene Auswirkungen einer falschen Bestimmung der Reibungsverhältnisse ist insofern als endogener Vorgang zu bezeichnen.

Ein Seilrutsch ist meistens durch Überlast bedingt, wobei in der Auswirkung des Seilrutsches Unterschiede zwischen aufwärtsgehender und abwärtsgehender Überlast bestehen. Andererseits wird die Gleitreibung des Seiles auf der Treibscheibe die Tendenz haben, überschüssigen Schmierstoff selbständig abzutragen bzw. das Seil in das Treibscheibenfutter einzuarbeiten. Insofern wirken hier seilrutschhemmende Einflüsse. Wiederum ist durch die Reibwirkung während des Seilrutsches eine Temperaturerhöhung zu erwarten, mit der Folge eines weiteren Absinkens des Reibbeiwertes. Neben dem Übertreiben liegt die zweite Gefahrenwirkung des Seilrutsches in der Funktionsbehinderung der Fahrtregelung. Der Fahrtregler befindet sich in Unkenntnis der tatsächlichen Position des Fördermittels. In diesem Fall müssen die im vorherigen Kapitel angesprochenen Überwachungseinrichtungen die sicherheitstechnischen Funktionen übernehmen.

Beim Vorfall Seilrutsch ist mit einer sehr hohen Zahl von nicht erfaßten Störfällen zu rechnen, bei denen ein aufgetretener Seilrutsch nicht zum Übertreiben führt und daher nur eine Korrektur der Fahrtreglerpositionierung erforderlich macht.

Wichtigste Maßnahme zur Kontrolle der Seilrutschsicherheit ist die regelmäßige Fahr- und Sicherheitsbremsprüfung durch Sachverständige. Den Aufsichtspersonen muß der Grad der Sicherheit gegen Seilrutsch bekannt sein.

Bei Beachtung dieser Kontrollmaßnahmen und angesichts der Tatsache, daß in der Vergangenheit durch Seilrutsch kein Förderkorbabsturz eingetreten ist, kann der Störfall Seilrutsch im Zusammenhang mit Förderkorbabsturz auch für die Zukunft als ausschließbar betrachtet werden.

4.4 Fördermittelabsturz und Fördergeschehen

Die ermittelten Fördermittelabstürze dürfen nicht nur absolut betrachtet, sondern sollen auch in Relation zum tatsächlichen Fördergeschehen in der Bundesrepublik Deutschland gestellt werden. Wenngleich hieraus Ansätze für wahrscheinlichkeitstheoretische Kennziffern abgeleitet werden könnten, bestehen hierzu starke Vorbehalte in bezug auf die Auswahl und Ergiebigkeit des verwandten Detenmaterials. Dabei ist vor allem wesentlich, daß diese Quantifizierung nicht Bestandteil der Argumentationskette ist, mit der in der Gesamtaussage ein Fördermittelabsturz ausgeschlossen wird. Die gefundenen Relationen sollen nicht als Ergebnisaussage interpretiert oder dazu herangezogen werden.

Da die Schachtförderung prinzipiell ein diskontinuierlicher Vorgang ist, muß als Bezugsgröße der einzelne Förderzug herangezogen werden. Zeitspezifische Kenngrößen wie die Betriebsdauer sind nicht geeignet. Ferner ist keine geeignete Vergleichsgröße bekannt, um die unterschiedlichen Beanspruchungen an verschiedenen ausgeführten Anlagen für die Vergleichbarkeit von Ausfallraten einzelner Bauelemente heranzuziehen.

Aufgrund der teilweise unvollständigen Datenzahl zu den recherchierten Störfällen resultiert die Bezugnahme auf zwei Grundgesamtheiten. Zunächst wurden die Anzahl der Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt ermittelt (Basis 2). Die Vorfälle in Blindschächten wurden nicht einbezogen, da es sich bei diesen allgemein um Haspelförderungen handelt, die mit Geschwindigkeiten von nicht mehr als 4 m/s fahren. Zudem werden an den Ausbildungsstand des Haspelführers vergleichsweise geringe Anforderungen gestellt. Die gebirgsmechanische und umweltmäßige Beanspruchung von Blindschachtförderungen liegt erheblich höher als die in Tagesschächten.

Die den verfügbaren Berichten der Oberbergämter entnommene Basis 2 enthält neben den Hauptseilfahrtanlagen auch alle Nebenförderungen, unabhängig von der Bauart. Hieraus resultiert eine Grundgesamtheit von Förderungen, deren Störfallgeschehen nicht übertragbar auf die in Endlagerbergwerken vorgesehenen Einlagerungsschächte ist. Aus der Beurteilung des Datenmaterials ergibt sich die Vermutung, daß mit intensiver Wartung und Beobachtung von Förderanlagen mit steigender Förderdichte die Störfallhäufigkeit abnimmt.

Aus diesem Grunde wurde als zweite Grundgesamtheit die in der Seilstatistik der Seilprüfstelle an der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (WBK) erfaßten Anlagen gebildet, bei denen es sich allein um Hauptseilfahranlagen mit Treibscheibenförderung handelt (Basis 1). Da sich regional abweichende Beobachtungsräume ergeben, sind die absoluten Zahlen nicht vergleichbar.

Schließt man den Zeitraum bis 1950 (incl.) aus der Untersuchung aus, da er stark durch Nachkriegseinflüsse geprägt ist, ergeben sich insgesamt 20 Fördermittelabstürze in bezug auf Basis 2. Weitere 10 Fördermittelabstürze sind im Zeitraum von 1945 bis 1950 ermittelt worden. Bei Einschränkung auf die Basis 2 verbleiben insgesamt 3 Fördermittelabstürze im Gesamtzeitraum von 1951 - 1970, die Hauptseilfahranlagen mit Treibscheibenförderung gemäß der Seilstatistik zurechenbar wären. Die Reduktion um 17 Fördermittelabstürze von nicht in der Seilstatistik enthaltenen Schachtförderanlagen ergibt sich, soweit dies zu ermitteln ist, aus Abstürzen in 6 Hauptseilfahranlagen, 5 Nicht-Hauptseilfahranlagen und 6 nicht zuordnungsbaeren Förderungen. Aus diesen Zusammenhängen wird gleichzeitig die Anfälligkeit des Datenmaterials gegen Manipulationen deutlich.

Das Ergebnis zeigt Tab. 4.4

Als grober Anhaltswert kann eine Relation von 1 Absturz zu $1 \cdot 10^8$ bis $3 \cdot 10^8$ Förderzügen angesehen werden.

Die ermittelten Zügezahlen ergeben sich als Durchschnittswert über alle Anlagen einer Periode der entsprechenden Zeiträume aus der erwähnten Seilstatistik, die freundlicherweise von der Seilprüfstelle der WBK zur Verfügung gestellt wurde.

Zeitraum	Anzahl der Abstürze		Anzahl der Förderungen		Anzahl der Treiben je Tag & je Förderung	Summe der Treiben insgesamt	
	Basis 1	Basis 2	Basis 1	Basis 2		Basis 1	Basis 2
1951-1960	1	8	443	706	221	357 x10 ⁶	579 x10 ⁶
1961-1970	2	9	332	759	225	272 x10 ⁶	626 x10 ⁶
1971-1980	0	3	139	464	250	127 x10 ⁶	418 x10 ⁶

Basis 1 : Hauptseilfahranlagen mit Treibscheibenförderung in Tagesschächten gemäß Seilstatistik WBK
 Basis 2 : Förderanlagen insgesamt in Tagesschächten gemäß Statistik des Oberbergamtes
 N.B.: Die absoluten Zahlen sind durch regionale Abweichungen nicht vergleichbar

Tab. 4.4 : Fördermittelabstürze in Relation zum Fördergeschehen in Tagesschächten für Basis 1 und Basis 2

4.5 Übertragung der Untersuchungsergebnisse

Die Abwärtsförderung von radioaktiven Abfällen ist in den entsprechenden Schächten der Bergwerke Gorleben und Konrad vorgesehen bzw. im Versuchsbergwerk Asse schon in Betrieb. Die Untersuchungsergebnisse werden auf die Verhältnisse in diesen Bergwerken übertragen mit dem Ziel, neben der generellen Beurteilung des Förderkorbabsturzes eine abschließende Einschätzung des Störfalls Förderkorbabsturz für diese Bergwerke zu erhalten.

4.5.1 Bemessungsgrundlagen

Die im Kapitel 4.3 dargestellten Untersuchungen sind zu empirisch begründeten, im wesentlichen qualitativen Wertungen der Zuverlässigkeit der einzelnen Bauteile von Schachtförderanlagen gekommen. Daher sind auch bei der Übertragung dieser Ergebnisse nur qualitative Aussagen möglich. Sie stützen sich allerdings auf die langjährigen und umfangreichen Erfahrungen in der Schachtförderung der Bundesrepublik Deutschland. Ein Maß zur Beurteilung kann folglich nur darin gesehen werden, ob die geltenden Vorschriften als ausreichend angesehen werden, den Fördermittelabsturz zu verhindern.

Dabei ist generell zu unterstellen, daß der Faktor menschliches Fehlverhalten durch geeignete Maßnahmen minimiert wird. Insbesondere dürfte hierbei der angesichts der Bedeutung des Transportgutes einsichtig werdende sorgsame Umgang mit der Förderung eine Rolle spielen, zumal, wenn gleichzeitig der Einlagerungsvorgang nicht den ökonomischen Zwängen eines normalen Förderbetriebes unterworfen ist.

4.5.2 Förderanlage Schacht Asse II des Bergwerks Asse

4.5.2.1 Förderkorbabsturz im Rahmen der Kategorie I A

Seilriß:

Es handelt sich um eine Einseilförderung mit einer Fördergeschwindigkeit von 8 m/sec. Verwendet wird ein verzinktes Rundseil mit 46,5 mm Durchmesser und Gleichschlag-Machart. Die Ausführung des Seiles entspricht den geltenden Anforderungen.

Ein Seilriß ist vermeidbar. Zusätzliche Sicherheit würde sich durch die Umrüstung der Anlage auf Mehrseilförderung ergeben. Diese Umrüstung ist jedoch nicht zwingend.

Klemmkauschenversagen:

Die Klemmkausche ist bauartlich zugelassen und entspricht den geltenden Anforderungen.

Ein Versagen der Klemmkausche ist vermeidbar. Im übrigen gelten die gleichen Aussagen wie im vorhergehenden Abschnitt.

Versagen weiterer Teile des Zwischengeschirrs:

Das Zwischengeschirr entspricht den geltenden technischen Anforderungen. Ein Versagen des Zwischengeschirrs ist vermeidbar. Im übrigen gelten auch hier die Aussagen im vorhergehenden Abschnitt.

Bruch des Fördermittels:

Das Fördermittel und das Gegengewicht entsprechen den geltenden Anforderungen. Das Fördermittel besteht in den tragenden Teilen aus acht unabhängigen Hängestreben.

Der Bruch des Fördermittels wie auch ein solcher des Gegengewichtes ist damit auszuschließen.

Versagen der Seil- oder Treibscheibe

Ein Versagen von Seil- oder Treibscheibe mit der Folge eines Fördermittelabsturzes kann unter Berücksichtigung der heute geltenden Sicherheitsvorschriften und verwendeten Werkstoffe ausgeschlossen werden.

4.5.2.2 Förderkorbabsturz im Rahmen der Kategorie I B

Äußere Einwirkungen:

Der Fördermittelabsturz infolge thermischer Einwirkung durch einen Brand ist auszuschließen, da im Schacht keine brennbaren Installationen wie Einstriche, Konsolen und Wetterscheider vorhanden sind.

Eisfall ist nicht möglich, da von über Tage kein entsprechender Zugang besteht und im Schacht Eisbildung wegen des in einem Teil des Profils ausziehenden Wetterstromes auszuschließen ist.

Abstürzende Gegenstände:

Der Fördermittelabsturz infolge eines frei fallenden Gegenstandes von der Rasenhängebank während des Einhängenvorganges kann ausgeschlossen werden, da das Profil des Schachtzuganges geringer ist als das für den zum Beladen des Förderkorbes verwendeten Gabelstaplers. Hierbei wird unterstellt bzw. zusätzlich gefordert, daß das Schachttor während des Fördervorganges verriegelt ist und damit nur bei vorstehendem Förderkorb geöffnet

werden kann. Zur Zeit ist diese Verriegelung nicht vorhanden, sondern nur ein Lichtschranke, die bei dem Versuch, sich bei nicht vorstehendem Förderkorb dem Schachtzugang mit dem Gabelstapler zu nähern, ein Alarmsignal gibt. Mit dem Alarmsignal ist die Weiterfahrt des Gabelstaplers und ggf. ein Hineinrollen von Abfallbehältern in den Schacht angesichts des geöffneten Schachtttores nicht auszuschließen.

Auf der 490 m-Sohle ist die Verriegelung des Schachtttores bei nicht vorstehendem Förderkorb vorhanden. Sie erscheint mit den sonst üblichen Sperrmaßnahmen ausreichend zur Verhinderung eines Absturzes von Gegenständen in den Schacht während des Treibens.

Versagen der Führungseinrichtungen:

Der Förderkorb und das Gegengewicht werden an Stahlspurlatten mit einer Rollenführung geführt. Die Fördergeschwindigkeit beträgt 3 m/sec. für Seilfahrt und Güterförderung.

Die vorhandene Schachtführung kann unter Hinweis auf die Erfahrungen aus der Vergangenheit als so sicher betrachtet werden, daß ein Förderkorbabsturz aufgrund defekter Führungseinrichtungen ausgeschlossen ist.

Hindernis im Fördertrum

Durch eine sorgfältige laufende Überwachung des Schachtes gemäß den geltenden Richtlinien kann gesichert werden, daß keinerlei Schachteinbauten in das Fördertrum hineinragen.

Die Spurlattenunterbrechung auf der 490 m-Sohle ist durch mechanische Verriegelung der Schwenkspurlatte und die Torüberwachung ausreichend gesichert.

4.5.2.3 Schadensfälle der Kategorie III

Die Schadensfälle dieser Kategorie sind

- Beschleunigung trotz aufliegender Bremse mit den Ursachen
 - Versagen im elektrischen Teil der Fördermaschine,
 - Überlast durch Unterseilriß,
 - Überlast durch Bedienungsfehler,
- keine oder zu geringe Verzögerung
- Versagen der Verzögerung durch Defekt der Fahrtregelung und
- Seilrutsch.

Alle genannten Schadenfälle haben ein Übertreiben zur Folge. Diesem Vorgang gilt demnach bei der Einschätzung der Möglichkeiten eines Förderkorbabsturzes der Vorrang.

Ein Übertreiben kann bei der Einlagerung radioaktiven Materials auf der Hängebank nur durch Anfahren in die falsche Richtung und auf dem Füllort durch Überfahren des Anschlags eintreten.

Das Anfahren in die falsche Richtung auf der Hängebank in die freie Höhe von 10 m kann nicht zu einem Förderseilriß führen, da die erreichte Beschleunigung zu gering ist.

Das Einfahren in die freie Teufe auf dem Füllort kann maximal nur mit der normalen Fördergeschwindigkeit von 8 m/s erfolgen und im Extremfall zum Aufschlag des Förderkorbes im Schachttiefsten führen. Dieser Aufschlag wird mit verzögerter Geschwindigkeit erfolgen, da entweder schon beim Durchfahren des Anschlages verzögert worden war und zusätzlich die Spurlattenverdickungen wirkten oder bei normaler Fördergeschwindigkeit am Anschlag später durch die Spurlattenverdickung eine Verzögerung eintritt.

Der Aufprall des Förderkorbes im Schachttiefsten kann nur mit einer Geschwindigkeit weniger als 8 m/s eintreten. Ein Förderkorbabsturz durch Verlust der Aufhängung ist auf jeden Fall auszuschließen.

Dieser Feststellung kann auch nicht widersprochen werden mit der Aussage, daß während der Abwärtsförderung wesentlich erhöhte Geschwindigkeit eintreten kann, durch Seilrutsch als Folge eines Wirksamwerdens der Sicherheitsbremse mit anschließendem beschleunigtem Seilrutsch. Eine derartige Beschleunigung ist bisher in der Bundesrepublik Deutschland auf der Grundlage der vorliegenden Informationen in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg in Tagesschächten nicht aufgetreten. Lediglich in einem Blindschacht ereignete sich im Jahre 1955 ein Seilrutsch mit Beschleunigung. Die Situation dort zur damaligen Zeit ist jedoch mit derjenigen heute in einem Tagesschacht nicht vergleichbar, da die Bremsanlagen und die Reibverhältnisse zwischen Seil und Treibscheibe inzwischen wesentlich verbessert wurden, so daß ein derartiger Vorfall nicht mehr eintreten könnte.

Im übrigen kann die Gefahr des Seilrutsches im Sinne einer zusätzlichen Maßnahme durch großzügige Bemessung der Seilrutschsicherheit nahezu vollständig beseitigt werden. Insoweit ist beschleunigter Seilrutsch ausschließbar und daher auch bei Abwärtsförderung im Falle des Übertreibens maximal nur die normale Fördergeschwindigkeit beim Überfahren des Anschlags am Füllort zu unterstellen.

Unabhängig von dieser eindeutigen Aussage des Ausschlusses eines Förderkorbabsturzes durch Übertreiben ist hinsichtlich der sicherheitlichen Einschätzung des Übertreibens aus den Erfahrungen der Vergangenheit noch festzustellen, daß bei den zu Beginn dieses Unterkapitels aufgeführten Schadensfällen Förderkorbabstürze überhaupt nur eingetreten sind

- bei Überlast infolge von Bedienungsfehlern in 3 Fällen und
- bei Bremsversagen in 3 Fällen.

Alle übrigen Schadensfälle lösten nur ein Übertreiben aus, ohne weitere Folgen für die Aufhängung des Förderkorbes. Beim Versagen elektrischer Teile an Fördermaschinen war sogar in keinem Fall Übertreiben zu verzeichnen.

Es verbleiben demnach nur die Überlast und das Bremsversagen als mögliche Betrachtungsfälle für folgenreicheres Übertreiben.

4.5.2.3.1 Übertreiben als Folge von Überlast

Die auf der Schachtanlage eingesetzten Gabelstapler, die die Transportgebände auf das Fördermittel einzeln aufsetzen, sind mit einer elektronischen Wägeeinrichtung versehen. Das Auftreten einer Überlast ist folglich nur möglich, wenn die Wägeeinrichtung zu geringe Werte anzeigt bzw. ausgefallen ist oder wenn durch mangelnde Sorgfalt des Bedienungspersonals die zulässige Nutzlast überschritten wird. Beides ist bei vorschriftsgemäßem Betrieb auszuschließen.

Im übrigen wird auf die vorliegenden Ausführungen dieses Unterkapitels verwiesen, wonach Überlast durch Überschreiten der Seilrutschgrenze ein Übertreiben auslöst.

4.5.2.3.2 Übertreiben als Folge fehlender Verzögerung

Die Fördermaschine ist mit einer Schnellschlußbremse JM 505 der Firma Siemens ausgerüstet. Einseitige Backenbremsen dieser Bauart sind in einzelnen Teilen nicht redundant konstruiert. Das Versagen der Bremse tritt ein als Haltebremse beim Einhängvorgang am unteren Anschlag oder als Sicherheitsbremse nach Auslösung durch den Sicherheitskreis bzw. den Fördermaschinenisten. In beiden Fällen kann es nur zu einem Einfahren des Fördermittels in den Bereich der freien Teufe kommen und es gelten die vorherigen Ausführungen zu Beginn dieses Unterkapitels.

Der kritische Fall resultiert folglich nur in der Situation, wenn bei an der Hängebank vorstehendem Fördermittel das mit 5 t beschwerte Gegengewicht noch die Überlast bewirkt, während das Fördermittel noch nicht vollständig beladen ist.

Kommt es dann zum Versagen der Haltebremse bei gleichzeitig fehlendem elektrischen Moment der Fördermaschine, würde der teilbeladene Korb in die freie Höhe gezogen werden.

Die hierbei auf der kurzen Beschleunigungsstrecke auftretenden Kräfte reichen erfahrungsgemäß nicht, um die Seilbruchlast zu überschreiten.

4.5.2.4 Abschließende Feststellungen

Das Bergwerk Asse wird vorerst als Versuchsbergwerk betrieben. Es findet kein regulärer Förderbetrieb statt. Es können daher Einschränkungen dahingehend gemacht werden, daß

- die Fördermaschine ausreicht, obwohl sie als Altanlage nur den Mindestanforderungen entspricht und
- eine Einseilförderung beibehalten wird.

Im übrigen hat die Fördermaschine des Bergwerks Asse eine unabhängige Wegüberwachung im Schacht durch Magnetschalter und damit schon eine verbesserte Überwachung der Verzögerung, die über die bisher übliche Ausstattung von Altanlagen hinausgeht.

Für die bestehende Anlage wird empfohlen, die Frage der Verriegelung des Schachtttores auf der Hängebank noch einmal zu untersuchen.

Der Absturz eines beladenen Förderkorbes im Einhängetrieb ist dann kein Auslegungstörfall.

Sollte das Bergwerk Asse regulärer Endlagerbetrieb werden, muß geprüft werden, ob eine Mehrseilförderung mit neuer Fördermaschine unumgänglich ist.

4.5.3 Schacht I des Bergwerks Gorleben

Das Bergwerk Gorleben befindet sich zur Zeit noch in der Planung. Zur Beurteilung der Sicherheitseinrichtungen der Schachtförderung kann daher nur auf die zur Zeit vorhandenen Planungsunterlagen zurückgegriffen werden. Im übrigen kann generell aber auch unter Berücksichtigung der gegenwärtigen hochentwickelten Sicherheitstechniken und der Sicherheitsvorschriften alles getan werden, um eine Anlage nach neuestem Stand der Erkenntnisse zu bauen.

4.5.3.1 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A

Für das Bergwerk Gorleben ist eine Achtseilturmfördermaschine vorgesehen. Die Fahrgeschwindigkeit bei Güterförderung soll 12 m/sec. betragen. Unter Beachtung der geltenden Sicherheitsbestimmungen und der darauf fußenden technischen Möglichkeiten kann ein Fördermittelabsturz durch Seilriß, Klemmkauschenversagen, Versagen anderer Teile des Zwischengeschirrs,

Bruch des Fördermittels oder Gegengewichtes oder Versagen der Treibscheibe ausgeschlossen werden.

4.5.3.2 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B

Der Fördermittelabsturz infolge thermischer Einwirkung durch einen Schachtbrand oder Blitz ist auszuschließen, da im Schacht keine brennbaren Installationen für Einstriche, Konsolen und Führungseinrichtungen vorgesehen sind.

Der Fördermittelabsturz durch einen frei fallenden Gegenstand könnte während des Einhängvorganges von der Hängebank aus verursacht werden. Unterlagen über die Gestaltung dieses Bereiches sowie über die Aufschiebevorrichtungen liegen nicht vor. Bei den weiteren Planungen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Eine sichere Arretierung des Plateauwagens im Fördermittel ist sicherzustellen.
- Die Gebinde müssen auf dem Plateauwagen arretiert werden.
- Der Zugang zum Schacht ist durch stabile Ausführung und beidseitige Führung des Schachttores sowie durch seine Verriegelung bei nicht vorstehendem Förderkorb so zu gestalten, daß unerlaubter Zutritt oder Zufahrt auszuschließen ist. Weitere Sicherungen wie z.B. eine Lichtschranke können erwogen werden.

Es wird für möglich gehalten, die ausgesprochenen Empfehlungen konstruktiv befriedigend zu lösen.

Der Förderkorbabsturz durch äußere Einwirkung kann dann ausgeschlossen werden.

4.5.3.3 Schadensfälle der Kategorie II

Als Führungseinrichtung ist eine Rollenführung des Förderkorbes an Stahlspurlatten in Aussicht genommen bei zweiseitiger asymmetrischer Anordnung der Spurlatten. Diese Anordnung bietet den Vorteil, an den Anschlägen keine Spurlattenunterbrechungen vorzusehen. Auf Eckführungen könnte dann verzichtet werden. Sie scheinen trotzdem vorgesehen zu sein, wogegen keine Einwände erhoben werden, da kein Füllort mit Fördergeschwindigkeit durchfahren werden muß.

Wegen der vorgesehenen asymmetrischen Spurlattenanordnung kommt der Arretierung des Plateauwagens auf dem Förderkorb besondere Bedeutung zu.

Da von einer sorgfältigen Überwachung der Führungseinrichtungen ausgegangen werden kann und Stahlspurlatten vorgesehen sind, ist ein Hindernis im Schacht durch defekte Führungseinrichtungen vermeidbar und ein Förderkorbabsturz somit ausschließbar. Das gleiche gilt für die Überwachung der übrigen Schachteinbauten und für Eisbildung an den Führungen. Letztere sind - soweit der Einlagerungsschacht einziehender Schacht bleibt - durch ein Probetreiben vor Beginn der Einlagerung im Winter bei entsprechenden Außentemperaturen ausreichend unter Kontrolle zu halten.

4.5.3.4 Schadensfälle der Kategorie III

Für diese Schadensfallgruppe wird auf die Ausführungen zum Bergwerk Asse verwiesen (4.5.2.3), die grundsätzlich in gleicher Weise für das Bergwerk Gorleben gelten.

Erleichternd ist für Gorleben anzuführen, daß eine Neuanlage errichtet wird und diese daher dem neuesten Stand der Entwicklung entsprechen kann. Das gilt vor allem für die Bremsanlage, aber auch die Fahrtregelung.

Erschwerend ist anzuführen, daß für den Förderbetrieb eine Nutzlast vorgesehen ist, die mit 40 t zu groß ist, um die Verwendung von Schwingbühnen zum Niveausgleich bei vorstehendem Förderkorb noch zu ermöglichen. Der Einsatz einer Festsetzvorrichtung für den Förderkorb ist unerläßlich.

Hierzu ist - soweit dies aus den eingesehenen Unterlagen ersichtlich ist - ein Absetzboden vorgesehen, der zwischen einer Absetzklinke und einer Abhebesicherung auf beiden Seiten des Fördermittels arretiert wird.

Hierzu sind folgende Bemerkungen erforderlich:

- Die Position der einzelnen Absetzklinken im ausgefahrenen und im eingefahrenen Zustand ist zu überwachen.
- Nicht erlaubte Zustände sind in den Sicherheitskreis einzubeziehen.
- Die Absetzklinken dürfen am Füllort untertage nicht vor Erreichen der Absetzgeschwindigkeit ausgefahren werden.

- Es ist nicht erkenntlich, wie das Ausfahren der nutzlastabhängigen Seillängung meßtechnisch überwachbar ist. Es ist daher zu befürchten, daß
 - über dem arretierten Fördermittel Hängeseil gefahren wird,
 - die Konstruktion der Klemmkauschen bzw. des Zwischengeschirrs bei regelmäßiger Entlastung überansprucht wird,
 - am Füllort die Seillängung nicht vollständig ausgefahren wird. Demzufolge käme es nach Entriegelung der nicht näher spezifizierten Abhebesicherung zu einem vorzeitigen Zusammenziehen des Seilzuges.

Die konstruktive Lösung und die Überwachung der Festsetzvorrichtung einschließlich der damit zusammenhängenden weiteren sicherheitlichen Maßnahmen bedarf noch umfassender Bearbeitung. Es sollten im Rahmen dieser Bearbeitung auch andere konstruktive Lösungen in Betracht gezogen werden.

4.5.3.5 Abschließende Feststellungen

Der Absturz des Förderkorbes mit Abfallgebinden beim Einhängen im Schacht I des Bergwerks Gorleben auf der Grundlage der bisherigen Planungen kann ausgeschlossen werden wenn

- Arretierungen der Plateauwagen auf dem Förderkorb und der Gebinde auf dem Plateauwagen angebracht werden (siehe 4.5.3.2) und

- die Konstruktion der Festsetzvorrichtung einschließlich der damit zusammenhängenden zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen zufriedenstellend gelöst werden (siehe 4.5.3.4).

Da davon ausgegangen werden kann, daß sich die geforderten Maßnahmen im positiven Sinne verwirklichen lassen, kann der Förderkorbabsturz als Auslegungsfall ausgeschlossen werden.

4.5.4 Schacht II des Bergwerks Konrad

Die Planungen waren zur Zeit der Bearbeitung der Studie noch nicht hinreichend bekannt, um eine spezifische Stellungnahme abzugeben. Die Äußerungen zum Bergwerk Konrad orientieren sich daher zwangsläufig an denen zum Schacht I des Bergwerks Gorleben mit der Maßgabe, daß eine nach dem neuesten Stand errichtete Anlage den Förderkorbabsturz ausschließt, wenn die Frage der Festsetzvorrichtung auf der Hängebank und auf dem Füllort erwartungsgemäß zufriedenstellend gelöst wird.

4.6 Abschließende Bewertung des Störfalls Förderkorbabsturz

Die Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf die zur Abwärtsförderung von radioaktivem Abfallmaterial vorgesehenen Schächte der Schachtanlage Asse, Gorleben und Konrad führt zu dem Schluß, daß ein Störfall Förderkorbabsturz ausgeschlossen werden kann. Die umseitige Tabelle 45 gibt darüber im einzelnen Auskunft.

Sie zeigt für die mit dem Buchstaben A gekennzeichneten Störfälle, daß zu ihrer Verhinderung keinerlei technische Maßnahmen erforderlich sind.

Die mit B gekennzeichneten Störfälle erfordern zusätzliche Maßnahmen über die bestehenden Sicherheitsvorschriften hinaus. Diese Maßnahmen sind aber realisierbar, so daß auch dieser Störfall unter der genannten Bedingung ausgeschlossen werden kann.

Unter den mit C bezeichneten Fällen sind diejenigen zu verstehen, für die aus theoretischer Sicht das Eintreten des Störfalls nicht vollständig auszuschließen ist; die Eintrittsmöglichkeit jedoch so gering beurteilt wird, daß eine konstruktive Berücksichtigung nicht erforderlich ist.

Störfälle Kategorie	Bewertung der Schacht- förderanlage		Schachtförderanlage		
	Fördermittel- absturz durch		Asse 2	Gorleben Schacht 1	Konrad Schacht 1
Verlust der Aufhängung Kategorie I A	Seilriß		C	A	A
	Klemmkauschenversagen		C	A	A
	Versagen des Zwischen- geschirrs		C	A	A
	Bruch des Fördermittels		A	A	A
	Versagen von Treib- bzw. Seilscheibe		A	A	A
Verlust der Aufhängung Kategorie I B	Äußere Schachtbrand		A	A	A ²⁾
	Einwirkung Frei fallender Gegenstand		B	B	B ²⁾
	Übertreiben keine Verzögerung		A	A	A ²⁾
	mit Seil- riß durch Seilrutsch		A	A	A ²⁾
		Beschleunigung		A	A ²⁾
	Versagen der Führungseinrichtung		A	B ¹⁾	B ^{1) 2)}
	Hindernis im Fördertrum		C	C	C ²⁾
<p>Wertung : A = Im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen ohne Zusatzanforderungen B = Im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen bei Beachtung zusätzlicher Maßnahmen auszuschließen C = Sehr geringe Eintrittsmöglichkeit D = Als möglicher Störfall zu berücksichtigen 1) = In Bezug auf Festsetzvorrichtung am Anschlag 2) = Unvollständige Planungsunterlagen, Übertragung der Verhältnisse von Gorleben</p>					

Tab. 4.5 : Zusammenfassende Bewertung von Schachtförderanlagen gegenüber einem Absturz des Fördermittels bei verschiedenen Schadensursachen

4.7 Empfehlung zusätzlicher Untersuchungen

Ungeachtet der konstruktiven Lösung für Arretierungen und Festsetzvorrichtungen sollten Untersuchungen zu folgenden Themen in die Wege geleitet werden :

- lfd. kontinuierliche Messung der Seilbelastung während des Treibens und an den Anschlägen,
- Möglichkeiten der Erweiterung der Doppelüberwachung an kritischen Stellen der Förderanlage wie beispielsweise Überwachung der Funktionsfähigkeit der Magnetschalter im Schacht,
- Verbesserung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung am Förderseil,
- Verbesserung der Möglichkeiten zum Ausgleich von Seilspannungen,
- Verbesserung der visuellen Seilprüfung an Mehrseilförderanlagen.

Diese Untersuchungen erscheinen sehr zweckmäßig zur Erweiterung der Erkenntnisse über die Verhältnisse am Förderkorb und an der Treibscheibe und zur entsprechenden Verwertung bei der Weiterentwicklung von Förderanlagen. Sie werden nicht für zwingend gehalten zur Verneinung des Förderkorbabsturzes, obwohl sie die Beurteilung der Verhältnisse verbessern würden.

5 Kollisionen von Transportmitteln

Bei der Bearbeitung des Störfalles "Kollision von Transportmitteln" sind die gesamten Fahrzeugunfälle im untertägigen Bergbaubereich zu untersuchen. Es sind die Daten über Unfallabläufe, Ursachen und Verletzungsfolgen beim Verkehr von Gleislosfahrzeugen aufzubereiten und zu analysieren. Als Fahrzeuge kommen nicht allein die Transportfahrzeuge, sondern alle am untertägigen Verkehr beteiligten Fahrzeuge in Betracht.

Unter dem Begriff der Kollisionen sind alle Ereignisse im Zusammenhang mit Gleislosfahrzeugen verstanden, die eine Beeinträchtigung des Fahrzeuges bzw. des Fahrers herbeigeführt haben oder herbeiführen können. Es sind u.a. folgende Unfallereignisse erfaßt worden:

- Kollision der Fahrzeuge untereinander,
- Kollision mit Menschen,
- Kollision mit dem Gebirge (Stoß, Firste, Rolloch),
- Kollision mit Aus- oder Einbauten,
- Bruch des Fahrzeuges und
- Beeinträchtigung des Fahrers.

Damit sind Unfallarten wie Fahrzeugabstürze in die Auswertung einbezogen worden, die bei dem Einsatz und der Arbeitsweise von Einlagerungsfahrzeugen nicht auftreten können. Sie wurden dennoch berücksichtigt, um durch eine breitere Erfassung dem Argument der Verharmlosung zu begegnen.

5.1 Untertägige Fahrzeugarten und Fahrzeugentwicklung unter Sicherheitsaspekten

Vor rund 20 Jahren begann vor allem im Nichtkohlenbergbau eine stärkere Mechanisierung der untertägigen Betriebe mit dem Einsatz gleisloser Fahrzeuge zur Förderung, Fahrung und zum Materialtransport mit den sich daraus ergebenden sicherheitstechnischen Aspekten (5.19). Die Fahrzeuge weisen unterschiedliche Massen auf (s. Tab. 5.1) und sind somit untereinander nicht vergleichbar. Fahrlader und Muldenkipper sind aufgrund ihrer Einsatzbedingungen aus steifen Blechen aufgebaut und weisen demzufolge eine harte Deformationskennung auf. Bei Kollisionen mit festen Hindernissen können infolge der geringen Verformungswege des Fahrzeugs hohe Verzögerungen auftreten, die zu einer Belastung für Aufbau, Rahmen und eventuell vorhandene Verriegelungen von Transportbehältern auf Ladeflächen oder Paletten führen. Verbunden mit einer tiefen Sitzposition des Fahrers ergibt sich bei einigen Fahrzeugen eine schlechte Übersichtlichkeit. Hier ist die Verkehrssicherheit nur gewährleistet, wenn die Fahrbereiche von Ladern während des Ladebetriebes für andere Fahrzeuge und Personen gesperrt sind.

Technische Daten	Ladefahrzeuge	Lastfahrzeuge	Hilfsfahrzeuge
Nutzlast t	1,5 - 15	5 - 45	1 - 5
Eigengewicht t	5 - 48	14 - 45	5 - 7
Antriebsleistung kW	46 - 260	34 - 620	46 - 69

Tab. 5.1 Kategorien von Gleislosfahrzeugen (nach 5.48)

Die Fahrzeugführung allgemein wird erschwert durch die relative Enge der Strecken, vor allem im Bereich von Wendeln mit Radien von 10 m bis 30 m und durch das Befahren starker Gefälle- und Steigungsstrecken von 10 % bis 20 %. Die Kraftschlußbeiwerte zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche liegen mindestens bei 0,4. Die Strecken sind nur in Teilbereichen beleuchtet; die Fahrzeuge fahren daher grundsätzlich mit Lichtfahrt, wobei Streckenfahrzeuge abblendbare Scheinwerfer besitzen. Zusätzlich angebrachte Begrenzungsleuchten, Arbeits-, Rückfahr- und Fahrscheinwerfer tragen wesentlich zur besseren Sicht und Erkennbarkeit bei. Je nach Fahrzeugart und -masse wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Rahmen der Bauartgenehmigung festgelegt (5.71). Der Transport von bestimmten Gütern kann zu einer Einschränkung der Geschwindigkeit führen.

Die Fahrzeuge verkehren im Gegenverkehr mit und ohne Ausweichstellen. Lichtzeichenanlagen und Spiegel tragen dazu bei, den Fahrbetrieb zu erleichtern. Im allgemeinen gilt Rechtsverkehr, wenn nicht andere Vorfahrtsregeln getroffen sind, wie beim Einsatz von Ladefahrzeugen, von Sprengmitteltransport- und Sprengfahrzeugen (5.72).

Die Fahrzeugführer benötigen keine Fahrerlaubnis, müssen aber das 20. Lebensjahr vollendet haben (5.72). Sie erhalten wiederholt praktische und theoretische Unterweisungen.

Für den Betrieb von Gleisloshfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren gelten die vom Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld definierten Fahrzeugbauvorschriften (5.71) und Fahr-

zeugbetriebsrichtlinien (5.72), die von den übrigen Oberbergämtern übernommen wurden.

Die Fahrzeugbauvorschriften regeln das Zulassungsverfahren und definieren die Anforderungen an Bauart und Ausrüstung der Fahrzeuge. In den Fahrzeugbetriebsrichtlinien werden alle mit dem Betreiben der Fahrzeuge im Zusammenhang stehenden Fragen behandelt, insbesondere Verkehrsregeln, Beförderungsbestimmungen, Fahrzeugüberwachung und Pflichten der Fahrer.

5.2 Unfallereignisse untertägiger Gleislosfahrzeuge

Bedingt durch die hohe Mobilität der eingesetzten Fahrzeuge entstanden Unfallgefahren, deren Charakteristik erst erkannt und gedeutet werden mußte. Zudem erforderte die neue Technologie grundlegende Änderungen in der Infrastruktur eines Bergwerkes (5.17). Dazu gehörte das Auffahren von Wendeln und Schrägstrecken, die Gestaltung von Kurven und Streckenabzweigungen, die Fahrbahnpflege sowie die speziellen Probleme der Wittertechnik, der Ergonomie und des Brandschutzes.

Die höhere Mobilität der Gleislosgeräte brachte zwangsläufig andere Sicherheitsprobleme mit sich. Kollisionen mit den Stößen, mit anderen Betriebsmitteln oder Personen sind impliziert; zudem werden höhere Anforderungen an die Fahrer gestellt, die Großgeräte zu bedienen haben. Hinzu kommen konstruktive Einflüsse, da die Transportmittel einer stärkeren technischen Weiterentwicklung unterliegen.

Aus unterschiedlichen Quellen, insbesondere aber aus Jahresberichten der Oberbergämter, der Steinbruchberufsgenossenschaft sowie Sonderberichten des In- und Auslandes sind Unfalldarstellungen zusammengetragen worden und tabellarisch erfaßt. Die Zusammenstellung der Unfallereignisse erfolgte getrennt nach Fahrzeugkollisionen (Anlage 5.1) und Löserfallunfällen in Verbindung mit Gleislofahrzeugen (Anlage 5.2). Zu beachten ist hierbei, daß in der Regel nach den Grundsätzen für die Meldung und Erfassung von Unfällen schwere Personen- und Sachschäden meldepflichtig sind (5.68). Daraus resultierend wird die Dunkelziffer nicht gemeldeter Unfälle erheblich über der Dunkelziffer beim Straßenverkehr liegen, die mit ca. 30 % bei Unfällen mit Sachschäden angegeben wird. Daher ist eine Abschätzung der Repräsentativität nur schwer möglich.

Die Erfassung und Analyse des Unfallgeschehens erfolgt nach den Kriterien Unfallort, Unfallursache, Unfallfolgen und Unfallparameter.

5.3 Kollisionsunfälle und deren Ursachen

Von den in Anlage 5.1 aus Berichten der Oberbergämter (5.56 - 5.59) zusammengestellten 36 Kollisionen ereigneten sich 31 im Kali- und Steinsalzbergbau, 3 im Kohlenbergbau und je 1 im Erzbergbau und in Steine- und Erdenbetrieben. Von den Fahrzeugarten waren Ladefahrzeuge (18 Ereignisse) am häufigsten vertreten, gefolgt von Transportfahrzeugen (5), Motorrädern (4) sowie Service-Fahrzeugen (3) und Böhrrwagen (3) (Tab. 5.2).

beteiligte Fahrzeugarten	Anzahl 1965-1981
Lader (Schaufellader, Pendelwagen, Scoop Tram)	18
Bohrwagen	3
Transportfahrzeug (Unimog, Befahrungsfahrzeug)	5
Service-Fahrzeug (Planierdraupe, Grader, Gabelstapler)	3
Motorrad	4
Sprengfahrzeug	1
Bohrwagen	3
Lokomotive	1
unbekannt	1
Summe	36

Tab. 5.2 Beteiligte Fahrzeugarten bei Fahrzeug-Kollisionen

Thomson (5.98) kommt bei Untersuchungen von Gleislosfahrzeugunfällen auf Gefällestrecken in untertägigen, kanadischen Erzbergbaubetrieben zu ähnlichen Relationen (Tab. 5.3). An den 18 von Thomson aufgeführten Kollisionen waren Lader 16 mal, Transport-

Tab. 5.3 : Fahrzeugunfälle auf Gefällestrecken (in Kanada 1970-1973)
(nach Thomson . 1973)

lfd. Nr.	Fahrzeugart	Unfallart	Unfallfolgen	Unfallursache	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6
1	Bohrwagen	Fz - Fz	keine	Bremsdefekt	2. Fahrzeug war Lade-Fz
2	Unimog	Überschlag	tödlich	Bremsdefekt	Gang herausgesprungen. Bremsen verölt
3	Lade-Fz	unbekannt	tödlich	Unachtsamkeit	Schaufel gesenkt Person erschlagen
4	Lade-Fz	Fz/Stoß	tödlich	Lenkungsdefekt	Fahrer herausgefallen
5	Lade-Fz	Fz/Stoß	keine	Lenkungsdefekt	
6	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	
7	Lade-Fz	Fz - Fz	keine	Unachtsamkeit	Auffahrunfall mit Service-Fahrzeug
8	Unimog	Fz - Fz	keine	Unachtsamkeit	Fuß von Brense gerutscht. 2.Fz war Lade-Fz.
9	Lade-Fz	Fz - Fz	ja	Bremsdefekt	Brand
10	Lade-Fz	Überfahren	ja	unbekannt	Wegrollen
11	Lade-Fz	Fz - Fz	keine	Bremsdefekt	2.Fz war Traktor
12	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	Motor an Steigung ausgegangen
13	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	
14	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	
15	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	
16	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	Motor an Steigung ausgegangen
17	Lade-Fz	Wegrollen	keine	Bremsdefekt	
18	Lade-Fz	Wegrollen	keine	unbekannt	13% Gefälle Motor ausgegangen

fahrzeuge 2 mal und Bohrwagen 1 mal beteiligt. Der Unterschied in der Beteiligungsquote der Ladefahrzeuge von etwa 40 % im deutschen und 75 % im kanadischen Bergbau mag an der Häufigkeit der aufgeführten Bergbauzweige während eines bestimmten Zeitabschnittes liegen.

Bei den Unfallarten im deutschen Bergbau überwog mit 11 von 36 Ereignissen (Tab. 5.4) die Kollision des Fahrzeuges mit dem Stoß. In 6 Fällen kollidierten Fahrzeuge mit anderen Fördergeräten wie Förderbändern, Kettenbahnen oder Lokomotiven. In nur einem Fall konnte eine Fahrzeug-Fahrzeug-Kollision registriert werden; für diese Unfallart gibt Thomson (5.98) 5 von 18 Fällen an. Weitere Unfallarten im deutschen Bergbau sind Absturz (6), Überfahren (5) und Wegrollen (3). Letztere wird von Thomson mit 8 von 18 Fällen als häufigste Unfallart angegeben, allerdings wurden von ihm auch nur Gefällestrecken berücksichtigt.

In der Zusammenstellung der deutschen Fahrzeugunfälle überwiegt mit 18 von 36 Fällen als Unfallursache (Tab. 5.5) die Unachtsamkeit einschließlich Fehlbedienung, fehlende Sicherungsmaßnahmen und menschliches Versagen. In 7 Fällen war technischer Defekt und in je 3 Fällen Bremsdefekt und überhöhte Geschwindigkeit die Ursache.

Unfallarten	Anzahl 1965-1981
Umkippen	1
Überfahren (Anfahren, Fahrzeug-Mensch)	5
Kollision Fahrzeug-Stoß	11
Absturz	6
Kollision Fahrzeug-Gerät (auch andere Förder- geräte wie Lokomotiven, Kettenbahn, Band)	6
Kollision Fahrzeug-Fahrzeug	1
Wegrollen	3
Fahrzeug fahruntüchtig	1
unbekannt	2
Summe	36

Tab. 5.4 Unfallarten bei Fahrzeugkollisionen

Unfallursachen	Anzahl 1965-1981
Bremsdefekt	3
Unachtsamkeit (fehlende Sicherungsmaßnahmen, menschliches Versagen, Fehlbedienung)	18
Überhöhte Geschwindigkeit	3
Technischer Defekt	7
unbekannt	5
Summe	36

Tab. 5.5 Unfallursachen bei Fahrzeugkollisionen

Nach den Berichten der Oberbergämter sind bei den 36 Fahrzeugunfällen 12 schwere und 17 tödliche Verletzungen zu beklagen (Tab. 5.6). Letzteres läßt die Vermutung zu, daß nur Unfälle mit schwerem Personenschaden zur Meldung kamen.

Die Personenunfälle im Zusammenhang mit Gleislof Fahrzeugen im westdeutschen Bergbau von 1967 bis 1976 waren Ziel der [REDACTED] Untersuchungen. [REDACTED] (5.20) hebt die Notwendigkeit einer entsprechenden Ausbildung der Fahrer hervor, um das Fehlverhalten beim Fahren auf Wendeln, beim Laden unter eingeschränkten Sichtverhältnissen und beim Sichern abgestellter Fahrzeuge gegen Wegrollen weitgehend auszuschließen.

Unfallfolgen	Anzahl 1965-1981
Personenschaden leichte Verletzungen	1
schwere Verletzungen	12
tödliche Verletzungen	17
keine Verletzungen	4
keine Angaben	2
Summe	36

Tab. 5.6 Unfallfolgen bei Fahrzeugkollisionen

Interessant ist im Hinblick auf das Fahrverhalten die Tatsache, daß die meisten Radladerunfälle während der Leerfahrt auftreten, da hier vom Fahrzeug die höchstmögliche Geschwindigkeit erreicht werden kann (5.29). Das Befahren von langen einfallenden Strecken erfordert eine gänzlich andere Fahrtechnik als sie im Straßenverkehr üblich ist. Um die Bremsen zu schonen und andererseits den Kraftschluß im Wandler beim Durchfahren der engen Kurven mit Minimalgeschwindigkeit nicht abreißen zu lassen, muß das Übersetzungsverhältnis so gewählt werden, daß ständig mit einer bestimmten Mindestdrehzahl gefahren wird (5.93; 5.20).

5.3.1 Bremsanlagen untertägiger Gleisloshfahrzeuge und deren Wirksamkeit

Den Bremsanlagen wird in der Literatur die größte Beachtung geschenkt (5.19; 5.20; 5.29; 5.38; 5.49; 5.88; 5.93).

5.3.1.1 Bremsanlagen eines Fahrzeuges

Die Bremsanlagen sind die wesentlichsten sicherheitsrelevanten Bauteile eines Fahrzeuges. Sie werden entsprechend ihren Aufgaben in drei Klassen eingeteilt:

1. Die Betriebsbremsanlage (BBA) soll das Fahrzeug verzögern und schnell anhalten, wie es im normalen Fahrbetrieb erforderlich ist.
2. Die Feststellbremsanlage (FBA) soll das abgestellte Fahrzeug an jeder Steigung und an jedem Gefälle sicher am Abrollen hindern.
3. Die Dauerbremsanlage (DBA) soll die Gefällefahrt ermöglichen, wenn die normalerweise vorhandene Bremswirkung des Fahrzeugantriebes für eine Gefällefahrt mit gleichbleibender Geschwindigkeit nicht ausreicht (5.88). Sie dient zur Entlastung der BBA und ist bei Motorfahrzeugen in der Regel eine Motorbremse, bei schweren Fahrzeugen in Gefällestrecken eine hydrodynamische Strömungsbremse (Retarder).

Es sollten grundlegende sicherheitstechnische Überlegungen bei der Konstruktion angestellt werden. So darf beispielsweise eine FBA bei Außerbetriebsetzen des Fahrzeugantriebes nicht auch außer Betrieb gesetzt werden (5.98; 5.49; 5.20).

5.3.1.2 Untersuchungen über Fahrzeugbremsen

In einer Studie (5.38) über Unfälle von Gleislosfahrzeugen im amerikanischen Untertagebergbau sollten Bremssysteme von LHD-Fahrzeugen auf ihre Sicherheit geprüft werden. Von den 1.176 Unfallberichten von gummibereiteten Fahrzeugen in der Kohle und 69 Unfällen des Nichtkohlenbergbaues im Jahre 1975 waren nur die Daten von 49 Berichten des Kohle- und 5 Berichten des Nichtkohlenbergbaues auswertbar, die übrigen schieben wegen unvollständiger Angaben aus. Unter diesen 54 Ereignissen waren 22 Fälle unter "Wegrollen nach dem Abstellen" einzustufen, davon 6 aufgrund falscher Bedienung, 3 durch konstruktive Mängel und 13 waren nicht geklärt. Das wenig ergiebige Datenmaterial wurde durch Umfragen bei Herstellern und Betreibern sowie durch praktische Versuche, d.h. Messungen im laufenden Betrieb, ergänzt. Als Fehlerquellen für Bremsen stellten sich konstruktive Mängel, Wartungsfehler, Fehlbedienung und eine zu schwache Bemessung der Bremsen heraus.

Da nur wenige Unfalldaten über Gleislosfahrzeuge aus dem deutschen Bergbau verfügbar sind, sollen im nachfolgenden auch die Ergebnisse der Untersuchungen im amerikanischen Nicht-Kohlenbergbau sowie die daraus abgeleiteten Empfehlungen (5.38) zusammengefaßt wiedergegeben werden. Wegen der höheren Sicherheitsanforderungen im deutschen Bergbau können diese im Ausland gewonnenen Erkenntnisse nicht uneingeschränkt auf deutsche Verhältnisse übertragen werden.

1. Die untertägigen Versuche im amerikanischen Salz- und Erzbergbau haben gezeigt, daß fast alle Fahrzeuge mit einem Bremsweg kleiner 3,3 m bei einer Geschwindigkeit kleiner 10 km/h für Produktionsfahrzeuge und kleiner 16 km/h für Service-Fahrzeuge zum Stillstand gebracht werden konnten.
2. 13 von 19 getesteten Service-Fahrzeugen und 2 von 13 Produktionsfahrzeugen wären nach Hochrechnung in der Lage, mit 12 % g auf einer Gefällestrecke von 20 % zu verzögern.
3. Die Verzögerung von 12 % g erscheint für alle Untertagefahrzeuge sicher und vernünftig zu sein. Ergebnisse von Versuchsbremsungen sind in Tabelle 5.7 wiedergegeben. Ungeklärt ist allerdings, bei welcher Verzögerung in Abhängigkeit von der Sitzposition der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert bzw. verletzt wird.
4. Das Gefälle untertägiger Strecken im amerikanischen Nichtkohlenbergbau liegt überwiegend zwischen 0 % und 10 % mit dem Mittel bei 7 %. Maximale Steigungen betragen 20 %, mit sehr wenigen Ausnahmen bis 35 %. Das Fahren im ersten Gang mit Motorbremsung war geübte Bremspraxis auf Gefällestrecken.
5. Es hat sich gezeigt, daß die Sicherheitsbremse bei Produktionsfahrzeugen etwa bei 81 % und bei Service-Fahrzeugen durchschnittlich bei 50 % der Betriebsbremskraft lag.
6. Die Parkbremsen (Feststellbremsen) wurden bei den amerikanischen Untersuchungen allein nicht getestet, da nach Angaben der Fahrer insbesondere die älteren Fahrzeugtypen gegen Wegrollen auf Gefällestrecken mit den Parkbremsen nicht gesichert werden konnten.

Tab. 5.7 : Sicherheitbremsversuche auf ebener Strecke

(nach Kaufmann . 1977)

Fahrzeug-Nr.	Fahrzeug-gesamtmasse	Bremskraft	Bremskraft/ Masse- Verhältnis	Bremsweg	Bremsverzögerung	
					m/s ²	% g

Förderfahrzeuge : 10 Km/h

05-027	25 600	4930	0.19	2.3	1.8	17
05-045	25 600	7020	0.27	1.6	2.5	24
04-452	14 400	4180	0.29	1.6	2.7	25
04-006	16 700	5080	0.30	1.5	2.8	26
03-075	27 400	7420	0.27	1.6	2.5	24
00-075	45 200	6420	0.14	3.1	1.3	12
00-012	48 500	9410	0.19	2.3	1.8	17

Servicefahrzeuge : 16 km/h

09-652	8 600	3040	0.35	3.6	3.3	31
09-009	32 900	7420	0.23	5.6	2.1	20
09-013	32 900	4330	0.13	6.6	1.2	11
09-664	12 200	2540	0.21	6.1	1.9	18
14-026	4 100	700	0.17	7.4	1.6	15
14-755	3 700	500	0.13	9.6	1.2	12
18-153	2 700	1200	0.44	2.8	4.1	39

Tabelle 5.8 verdeutlicht, welche Wegrollgeschwindigkeiten auf Gefällestrecken selbst nach kurzer Zeit auftreten, womit eine kurze Reaktionszeit der Fahrer gefordert ist.

5.3.1.3 Empfehlungen in der Literatur zur Minimierung von Bremsunfällen

Nach Untersuchungen der Bremssysteme an Gleislokomotiven im untertägigen Nichtkohlenbergbau der USA gibt Kaufmann (5.38) folgende Empfehlungen, die teilweise über die Fahrzeugbauvorschriften (5.71) und Fahrzeugbetriebsrichtlinien (5.72) des OBA Clausthal-Zellerfeld hinausgehen.

1. Das Bremsvermögen für sölhliche Strecken bis kleiner 20 % Steigung soll etwa 32 % g betragen. Auf Gefällestrecken ist 1 % g für jeweils 1 % Gefälle über 20 % zu kalkulieren.
2. Betriebsbremsen sollen so bemessen sein, daß ein voll beladenes Produktionsfahrzeug auf ebener Strecke mit mindestens 32 % g abzubremsen ist. Die Bremsweglänge sollte bei 10 km/h 1,3 m und bei 16 km/h 3,5 m nicht überschreiten.
3. Parkbremsen (Feststellbremsen) sind derart auszuliegen, daß für das Fahrzeug auf allen von ihm befahrenen Strecken eine Sicherung gegen Wegrollen gewährleistet ist. Die Bremsfunktion sollte von druckerzeugenden Systemen unabhängig sein.
4. Bremskräfte können erhöht werden durch Erhöhung des Reibungskoeffizienten der Fahrbahn oder durch Einbau von Antiblockiersystemen gegen Rutschen.

Tab. 5.8 : Wegrollgeschwindigkeiten und Bremswege
(nach Kaufmann 1977)

Gefälle %	Wegrollgeschwindigkeiten in Km/h Anfangsgeschw.: 8 km/h Rollwiderstand: 4 % nach :					Bremswege nach 3 Sekunden mit einer Verzögerung von		
	1 sek	2 sek	3 sek	4 sek	5 sek	1.7 m/s ²	1.3 m/s ²	1.0 m/s ²
5	8.3	8.8	9.1	9.6	9.9	2.3	3.0	4.0
10	10.2	12.3	14.5	16.8	18.9	5.9	7.3	9.6
15	11.8	15.7	19.5	23.4	27.0	10.6	13.2	17.5
20	13.4	18.9	24.3	29.8	35.4	16.5	20.5	27.4
25	15.0	22.2	26.1	36.3	43.5	23.8	29.7	39.6
30	16.8	25.4	34.2	42.9	51.7	32.3	40.3	53.8
35	18.4	28.8	39.0	47.4	55.5	42.2	52.8	70.6

5. Für lange Gefällestrecken sollten energieabsorbierende Aufprallbarrieren konzipiert werden.

5.3.2 Firstfall

Die Unfallereignisse mit der Ursache "Löserfall" wurden beim Gleislostransport tabellarisch gesondert zusammengestellt (Anlage 5.2). Es wurden 18 Ereignisse in der Zeit von 1964 bis 1981 aus den Jahresberichten der Oberbergämter zusammengetragen, wobei sich 16 Löserunfälle im Kali- und je einer im Erz- und im Gipsbergbau ereignete. Bei den Fahrzeugarten waren je achtmal LHD-Fahrzeuge und Bohrwagen beteiligt und je einmal ein Sprengfahrzeug und eine Planierdraupe. Als Unfallfolgen mußten 14 tödliche und 4 schwere Verletzungen registriert werden; die Fahrzeugbeschädigungen blieben unerwähnt, dürften nach den Unfallschilderungen aber unerheblich gewesen sein. Einer der Unfälle ereignete sich beim Fahren während eines Transportvorgangs. Die Unfälle traten bei Beräumarbeiten in Abbauen oder bei Nachbesserungsarbeiten in Strecken auf; für LHD-Geräte in der Regel bei fahrzeugspezifischen Einsätzen. Besonders gravierend sind die Unfallfolgen für die Fahrer und mittelbar dann auch für die Fahrzeuge bzw. den Betrieb (5.96). Es konnte kein Ereignis recherchiert werden, bei dem ein Gleislofahrzeug während des Förderbetriebes durch Löserfall zu Schaden kam. Die mittelbare Beeinflussung durch Beeinträchtigung des Fahrers kann allerdings zu Kollisionsunfällen führen.

Da davon ausgegangen werden darf, daß in einem laufenden Einlagerungsbetrieb die Einlagerungsfahrzeuge nicht zweckentfremdet zu Beräum- oder Nachbesserungsarbeiten eingesetzt bzw. diesen Gefahrenbereichen nicht ausge-

setzt werden, stellt Firstfall kein Risiko für Einlagerungsfahrzeuge dar. Diese Aussage unterstellt, daß keine Abschaltungen oder größere Löser in den Strecken und Einlagerungskammern auftreten.

5.3.3 Unfallfolgen

Die im Untertagebergbau eingesetzten Gleislosgeräte sind derart robust gebaut, daß die Fahrzeugkonstruktion selbst bei extremen Beanspruchungen wie dem Fahren gegen den Streckenstoß nicht verändert wird (5.48; 5.49).

Gefährdet sind hingegen alle übrigen Betriebsmittel sowie der Fahrer. Eine relativ häufige Unfallfolge sind Schwerverletzte und Tote. Dies kann zum Teil daran liegen, daß Unfälle erst dann "richtige Unfälle" werden, wenn ein hoher Sachschaden, ein Personenschaden oder ein Brand folgt (5.78).

Deshalb stellt das Überrollen oder Zerquetschen von Personen eine der am häufigsten erwähnten Kollisionsfolgen dar. Mitunter werden die Fahrzeugführer selbst vom Fahrzeug abgeworfen und überrollt oder am Stoß zerdrückt. Ebenso werden Personen, die das Verhalten des Fahrzeuges falsch einschätzen oder den eingeschränkten Blickwinkel des Fahrers nicht berücksichtigen, vom Fahrzeug erfaßt und verletzt oder getötet. In mehreren Fällen versuchten die Fahrzeugführer, vom unkontrollierbar gewordenen Fahrzeug abzuspringen und verletzten sich dabei. Bemerkenswerte Sachschäden traten nur bei Kollisionen schwerer Geräte untereinander oder beim Absturz von Strossen oder Abbaukanten auf.

5.4 Analysenergebnis der Unfällegeschehen

Als Analysenergebnis der zusammengestellten Unfallereignisse kann für die geplanten Endlagerbetriebe folgendes allgemein festgestellt werden:

1. Das Verantwortungsgefühl der Fahrer sollte durch qualifizierte, wiederholte Schulung erhöht und das Sicherheitsbewußtsein verstärkt werden.
2. Die Betriebssicherheit der Bremssysteme verdient eine höhere Aufmerksamkeit.
3. Beim Grubenzuschnitt sollten Kollisionsgefahrenpunkte wie Kreuzungen, Gefällestrecken, Streckeneinbauten und Sichtbehinderungen auf ein Mindestmaß begrenzt werden.
4. Eine Personenfahrgang sollte während des Einlagerungsbetriebes in den Einlagerungstransportstrecken ausgeschlossen sein.
5. Unfallfolgen sollten durch Festlegung einer Höchstgeschwindigkeit minimiert werden.

Die letztgenannte Forderung bezieht sich vorwiegend auf die Fahrzeug-Stoß-Kollision mit daraus resultierender Gefährdung des Transportgutes. Bedauerlicherweise konnten dem recherchierten Datenmaterial hierzu keine konkreten Angaben entnommen werden. Aus diesem Grund wurden Crash-Versuche durchgeführt, um erste Anhaltswerte für Höchstgeschwindigkeiten und mögliche Mindestforderungen konstruktiver Art zu erhalten.

Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche und der Crash-Versuche wird anschließend ein Forderungskatalog für den Fahrzeugbau und für den Fahrzeugbetrieb

aufgestellt, um die Kollisionsgefahr und die Unfallauswirkung zu minimieren.

5.5 Crash-Versuche

Um die zur Aufstellung von Vorschriften notwendigen Kenntnisse der kinematischen Abläufe und der Belastungsverhältnisse der Einzelelemente bei Kollisionen zu erhalten, wurden am Institut für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Berlin Crash-Versuche durchgeführt. Der Bericht über die Crash-Versuche ist als Anhang 3 beigefügt. Die Versuche liefen mit einem modifizierten Klein-Lkw auf der Crash-Anlage des Institutes ab.

5.5.1 Auslegung des Versuchsfahrzeuges

Die zur Zeit im untertägigen Bergbau eingesetzten Fahrzeuge sind extrem steif ausgebildet, was als Folge der harten Deformationskennung bei Kollisionen mit festen Hindernissen zu hohen Belastungen des Fahrzeuges, der Beladung und des Fahrers führen kann. Um derart extrem hohe Krafteinwirkungen bei dem Fahrzeug zu vermeiden, wurden entsprechende Deformationszonen in Form von Stauchrohren vorgesehen. Zwei palettierte, mit Hammer Schlag gefüllte Rollreifenfässer bildeten das Ladegut. Auf der 1.400 mm x 950 mm großen Palette waren zwei Röhren-Versenke zur Aufnahme der Rollreifenfässer aufgeschweißt. Die Hintereinanderanordnung diente der Klärung der Frage, ob und bei welcher Geschwindigkeit eine Interaktion der Behälter eintritt. Die

Palette wurde über einen "Vierteldrehverschluß" mit dem Fahrzeug verriegelt. Die mit Hammerschlag befüllten Rollreifenfässer (DIN 6644) wiesen eine Einzelmasse von 480 kg auf und wurden auf der Palette nicht verankert. Aufbau und Funktion der Crash-Anlage wird aus einer entsprechenden Beschreibung in Anhang 3 deutlich.

5.5.2 Versuchsdurchführung

Insgesamt wurden fünf Crash-Versuche durchgeführt mit Geschwindigkeiten von 10,9; 15,2; 20,6 und 31,3 km/h. Die Fahrzeugverzögerung erfolgte innerhalb von 20, 25, 30 bzw. 45 ms mit einer mittleren Verzögerung von 13 g bis 18 g und maximal auftretenden Kräften von 925 kN bis 1.500 kN. Der Versuchsablauf wurde mit mehreren Hochgeschwindigkeitskameras festgehalten. Die Filmkopie liegt vor.

5.5.3 Versuchsergebnisse

Bei der im Versuch verwendeten Art der Behälterbefestigung stellte sich ein Kippen der Transportbehälter oberhalb einer Kollisionsgeschwindigkeit von 6,85 km/h heraus, das den rechnerischen Ansatz zur Kippgeschwindigkeit bestätigt hat. Bei allen Versuchen setzte nach dem Stoß zunächst, bedingt durch das vorhandene Spiel von 15 mm zwischen Rollreifenfaß und Versenk, eine translatorische Bewegung der Behälter ein, bis diese zum Anliegen an der Versenkwand kamen. Anschließend setzte eine Kippbewegung der Behälter ein. In Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit und den einwirkenden Kräften kann beim Kippvorgang eine

Deformation der Behälterwände und ein Aufsteigen im Versenk stattfinden. Beide Behälter führten annähernd die gleiche Bewegung aus. Die Anhebung des Schwerpunktes lag zwischen 50 mm und 913 mm. Nach dem Erreichen eines maximalen Kippwinkels können die Behälter entweder in dieser Lage infolge der Selbsthemmung verharren, wieder in die Ruhelage zurückfallen oder aus dem Versenk austreten. Mit steigender Kollisionsgeschwindigkeit stellten sich auch größere Kippwinkel ein. Die Interaktion der Behälter war nur oberhalb einer Geschwindigkeit von 15 km/h zu beobachten.

Beschädigungen am Fahrzeugrahmen traten erwartungsgemäß nur bei dem extrem hohen, harten Stoß im letzten Versuch auf. Schäden an der Palette und an den Verriegelungselementen waren nicht zu erkennen. Die Röhrenversenke wiesen nur Kratzspuren auf. Bei Geschwindigkeiten oberhalb von 11 km/h und Verzögerungen größer 29 g stellten sich Deformationen der Behälterwandungen ein.

5.5.4 Folgerungen für die Auslegung der Einlagerungsfahrzeuge

Unter Berücksichtigung des Gesamtsystems Fahrzeug-Palette-Behälter-Verriegelung sollte zur Minimierung der Kollisionsauswirkungen bei der Konstruktion der Einlagerungsfahrzeuge folgendes beachtet werden:

1. Deformationszonen können die Belastungen von Fahrzeug und Ladung verringern. Infolgedessen lassen sich Bauteile schwächer dimensionieren, wodurch eine Verringerung von Fahrzeug- und Palettengewicht sowie der Fertigungskosten zu erwarten sein dürfte.

2. Minimale Behälterdeformationen können sich günstig auf die Selbsthemmung im Versenk auswirken, wodurch die Sicherheit gegen ein Verlassen des Versenks erhöht wird.
3. Die Behälterdeformationen lassen sich über das Deformationsvermögen des Fahrzeuges steuern. Sie sind ebenso zu beeinflussen durch deren Wandstärke, das verwendete Material, die Art der Befüllung und die Wahl des Schutzmantels.
4. Wesentliche Einflußparameter in bezug auf die Deformation von Behältern und das Kippen derselben sind die Verhältnisse von Versenkdurchmesser zu Behälterdurchmesser; Versenkhöhe zu Behälterschwerpunkthöhe und Kraftangriffspunkt zu Gesamtschwerpunkt.
5. Bördelränder am Behälterboden wirken sich ungünstig auf den Bewegungsablauf aus, da die Behälter nicht bündig an der Versenkwand zum Anliegen kommen. Die Folge ist eine unnötige Erhöhung der Kraft am Behälter im Bereich der Versenkoberkante.

5.6 Empfehlungen zum Betrieb mit Gleislofahrzeugen

Als Ergebnis der recherchierten Daten über Kollisionsereignisse und der Crash-Versuche können nachfolgende Ergänzungen zu bestehenden Vorschriften und Richtlinien zum Bau und Betrieb der Einlagerungsfahrzeuge gegeben werden.

1. Festlegung von Höchstgeschwindigkeiten für Einlagerungsfahrzeuge nach entsprechenden Crash-Versuchen.
2. Die Höchstgeschwindigkeit ist fahrzeugseitig vorgegeben und soll vom Fahrer durch lastabhängige Drehzahlbegrenzer oder Gangsperrn nicht überschritten werden können.

3. Die Vermeidung von Feststellbremsenfehlern muß fahrzeugtechnisch abgesichert sein. Bei Motorstillstand sollte willensunabhängig vom Bedienungspersonal die Feststellbremse aufliegen. Das Zweikreisbremssystem ist mit positiv wirkender Parkbremse, die auch als Notbremse einsetzbar ist, vorzusehen.
4. Lichtzeichenanlagen sind für nicht vermeidbare Streckenkreuzungen vorzusehen.
5. Die Konstruktion der Fahrzeuge soll die Auslegung von Deformationszonen aus Blech oder energieabsorbierenden nicht brennbaren Schäumen beinhalten. Da die Behältersicherung Vorrang genießt, wäre auch eine energieverzehrende Einrichtung zwischen Fahrzeug und transportierendem Gebinde vorstellbar.
6. Sonderuntersuchungen über Bremssysteme werden empfohlen, da die vorliegenden Unfalldaten keine Abschätzungen der Bremsdefekte in bezug auf die konstruktive Auslegung (z.B. Bremsleistung) und auf die Wartung der Bremssysteme zuließ.
7. Wegen der Unfallträchtigkeit von Gefällestrecken und Wendeln ist eine erhöhte Betriebssicherheit in derartigen Streckenabschnitten zu fordern.
8. Eine nicht gewölbte Streckensohle ist als Fahrbahn zu erstellen und zu unterhalten. In Gefällestrecken sollten Kurven neigungsfrei ausgelegt werden.
9. Kraftschlußbeiwerte $>0,4$ sollten durch entsprechenden Fahrbahnfestbelag erzielt werden.
10. Eine ausreichende Umfeldleuchtdichte ist in den Haupteinlagerungstrecken zur besseren Überschaubarkeit des Gesamtverkehrs zu installieren.

Jahr	Anzahl der Gleislosfahrzeuge: Bohrwagen, Sprengfz., Ladefz., Fz. zur Personenbeförderung			Anzahl der Kollisionen von Gleislosfahrzeugen im OBA Clausthal-Z. u. OBA Wiesbaden
	OBA Clausthal-Zellerf.	OBA Wiesbaden	Summe	
1972	671	390	1061	2
1973	750	420	1170	-
1974	780	445	1225	1
1975	810	462	1272	2
1976	830	536	1366	4
1977	845	522	1367	1
1978	853	556	1409	2
1979	860	613	1473	-
1980	942	620	1562	3
1981	961	671	1632	2
10 Jahre			13537	17
Relation Kollision pro Jahr zur Anzahl der eingesetzten Gleislosfahrzeuge				1 : 796

Tab. 5.9 Zusammenstellung eingesetzter Gleislosfahrzeuge und eingetretener Fahrzeugkollisionen

5.7 Bewertung des Störfalles Fahrzeugkollision

Die absolute Zahl der Kollisionen von Gleislof Fahrzeugen im deutschen Untertagebergbau ist relativ gering. Wird diese Zahl nun relativiert und in Beziehung gesetzt zu der Zahl der eingesetzten Fahrzeuge, wie dies in Tab. 5.9 versucht wurde, dann kommt auf 796 jährlich eingesetzte Gleislof Fahrzeuge ein Kollisionsfall. Dieser Relation liegt das Datenmaterial der Oberbergamtsbezirke Clausthal-Zellerfeld und Wiesbaden aus den Jahren 1972 bis 1981 zugrunde. Um die Unfallhäufigkeit exakt ermitteln zu können, müßten die verschiedenen Kollisionsarten und Fahrzeuge oder Fahrzeuggruppen getrennt betrachtet werden. Die jeweiligen Kollisionsereignisse wären dann in Beziehung zu setzen zu der eingesetzten Anzahl der Fahrzeuge und deren geleistete Arbeit bzw. den Einsatzumfang. Bedauerlicherweise kann eine derartige Berechnung wegen des fehlenden Datenmaterials nicht durchgeführt werden.

Aufgrund der experimentellen und theoretischen Untersuchungen zur Fahrzeugkollision muß abschließend festgestellt werden, daß Unfälle nicht vollständig vermeidbar sind. Die Verfasser sind jedoch davon überzeugt, daß unter Einhaltung bestehender Vorschriften und Richtlinien und unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Ergänzungen die Unfallhäufigkeit reduzierbar ist und die Unfallauswirkungen auf den Menschen, auf das Fahrzeug und auf das endzulagernde Transportgut minimierbar ist.

6 Brände unter Tage

Im Rahmen von sicherheitstechnischen Untersuchungen zur Beurteilung von möglichen und potentiellen Störfällen bei der Lagerung radioaktiver Abfallstoffe unter Tage wird dem Brand besondere Beachtung geschenkt.

Die vorliegenden Ausführungen über untertägige Brände sind das Ergebnis umfassender Recherchen, um die Erfahrungen des Bergbaus und angrenzender Bereiche auf dem Gebiet des Brandes und des Brandschutzes heranzuziehen und auszuwerten. Die offenen Grubenbrände im Steinkohlenbergbau wurden nur insofern berücksichtigt, als das Brandereignis, dessen Auswirkungen auf die vorhandenen Betriebsmittel und die Brandursache betrachtet wurden.

Die Fachliteraturrecherche zu untertägigen Bränden verlief enttäuschend, weil quantitativ viel Literatur über Brände vorliegt; dieses Quellenmaterial aber wegen fehlender konkreter Daten zur Auswertung ungeeignet ist. Es werden allenfalls allgemeine Beschreibungen über Brandverläufe wiedergegeben mit subjektiven Einschätzungen, nicht aber konkrete Branddaten für eine objektive Brandcharakterisierung. Der überwiegende Anteil der Quellen bezieht sich zudem auf die Brandbekämpfung, auf die Erprobung und Effektivität von Feuerlöschmitteln und -einrichtungen.

Erschwerend kommt hinzu, daß Brände erst im Zusammenhang mit Personenschäden bzw. ab einer bestimmten Branddauer, wie in den USA ab 30 Minuten, meldepflichtig sind. Umso wichtiger erschien den Verfassern die Einbeziehung von Brandkenntnissen aus nichtbergbaulichen Bereichen.

Mit Unterstützung von Reifenfahrzeugherstellern, Versicherungsgesellschaften, der Feuerwehr und der Brandschutzdokumentationsstelle sowie der Versuchsgrubengesellschaft konnten die nachfolgenden Erkenntnisse zusammengefaßt werden.

6.1 Grundsätzliches zum Brand

Jeder Brand stellt eine stoffliche und energetische Umsetzung dar, wobei sich die verschiedenen physikalischen und chemischen Größen ändern. Die sich daraus ergebenden Umsetzungsprodukte kennzeichnen einen Brand.

6.1.1 Brandrelevante Kenngrößen

Als Folge der stofflichen Umsetzung beim Brand treten Schwebeteilchen als Aerosol auf, die Brandgase; es bilden sich Flammen und die Raumtemperatur ändert sich als Folge der freiwerdenden Wärmeenergie (6.187). Drei Parameter sind charakteristisch: das Brandmaterial (Heizwert, Brennbarkeit, Zerteilungsgrad, Verbund mit anderen Materialien); die Zündquelle (Selbstentzündung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, offene Flammen) und der Brandraum (insbesondere seine Höhe, Ausgestaltung, Ventilation) (6.13; 6.33).

Diese sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren lassen die Normierung eines natürlichen Brandes nicht zu. Deshalb wird versucht, bestimmte Charakteristika des natürlichen Brandes auf den Normbrand nach DIN 4102 zu beziehen.

6.1.1.1 Die Einheitstemperaturkurve

Mit der Einheitstemperaturkurve (ETK) nach DIN 4102 Abb. 6.1 wird für das Brandversuchswesen ein Brandverlauf normiert (6.21; 6.114).

Die Einheitstemperaturkurve gibt stark idealisierend den Brandraumtemperaturzeitverlauf eines möglichen Brandes wieder und ist Grundlage der heute geltenden Norm zur Klassifizierung des Feuerwiderstandsverhaltens von Bauteilen und Konstruktionen. Dieses Temperatur-Zeit-Verhalten entspricht nicht dem eines natürlichen Brandes.

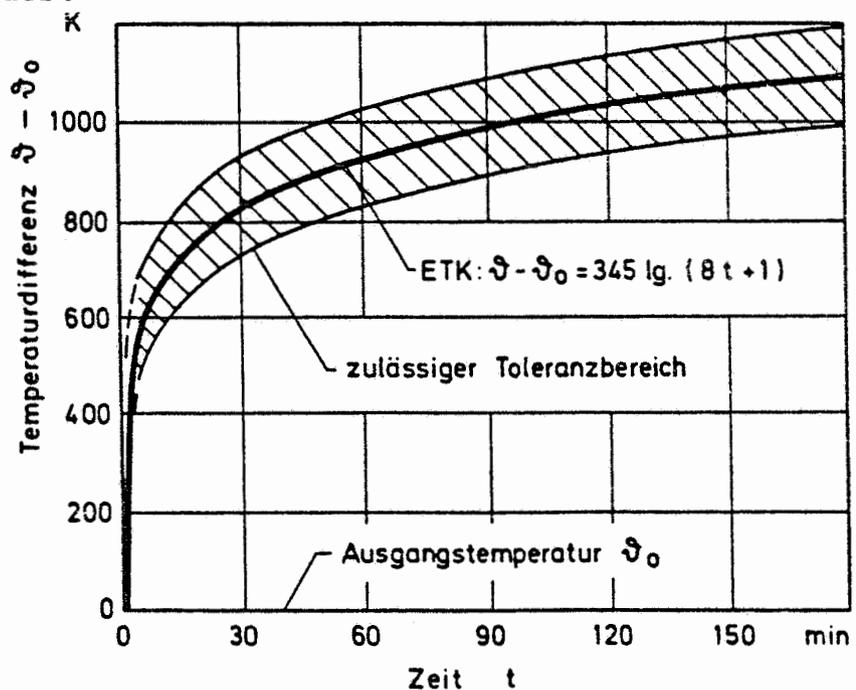


Abb. 6.1 Einheitstemperaturkurve (ETK) nach DIN 4102

Die äquivalente Branddauer stellt den Bezug des natürlichen zu dem normierten Brandverlauf her. Zu ihrer Ermittlung werden u.a. die Brandlast, das Abbrandverhalten der Stoffe und die Wärmedämmung der Umfassungsbauerteile herangezogen. Die Vielzahl der Ein-

flußparameter läßt keine eindeutige Klassifikation zu. Ein natürlicher Brand ist nicht reproduzierbar und damit nicht normbar (6.12; 6.84).

6.1.1.2 Brandlast

In der Literatur werden die Begriffe Brandlast und Brandbelastung synonym verwendet. Die Brandlast wird sowohl in kg/m^2 als auch in kWh/m^2 angegeben und stellt eine Menge brennbaren Materials bzw. die im Material vorhandene Wärmeenergie pro Flächeneinheit des Umschließungsbauwerkes dar. Je nach der Geometrie des Brandraumes, der vorhandenen Ventilation, der Größe und Lage der Öffnungen in den Umfassungsbau- teilen sowie der Lagerungsart der Brandlast kann durch die gleiche Brandlast eine unterschiedliche Brandbe- lastung hervorgerufen werden (6.13; 6.114).

6.1.2 Brandverläufe

Ein Brand beginnt in der Regel in einem eng begrenz- ten Bereich. Voraussetzung für seine Entstehung sind ein mit Sauerstoff reaktionsfähiger Stoff, eine entsprechend hohe Zündtemperatur und eine ausreichende Sauerstoffmenge. Das weitere Brandgeschehen entwickelt sich unterschiedlich. Es ist von zahlreichen umgebungs- bedingten Einflüssen abhängig, die sich gegenseitig beeinflussen und den Umfang und die Geschwindigkeit der Brandausbreitung bestimmen (6.13).

Auf die Brandentstehung folgt der eigentliche Brand, dessen äußere Erscheinung in der Regel die Flammenausbreitung an der Oberfläche ist. Dabei nimmt die Geschwindigkeit der Brandentwicklung infolge des Freiwerdens von Wärme zu. Die entstehenden Gase erreichen nach einiger Zeit zündbare Konzentration, so daß sich der Brand auch explosionsartig als Flash-Over über den gesamten Raum ausbreiten kann (6.13; 6.114).

In der Phase des vollentwickelten Brandes brennt der Raum bei ausreichender Ventilation und ungestörtem Brandverlauf allmählich aus. Die weitere Brandausbreitung wird durch die Feuerwiderstandsfähigkeit der den Raum umgebenden Bauteile bestimmt, die den Durchbruch des Brandes zu benachbarten Räumen entweder verzögern oder verhindern (6.12). Bei ungestörtem Brandverlauf klingt der Brand nach dem Verzehr des vorhandenen brennbaren Materials langsam ab. Besonderen Einfluß auf Brandentwicklung und -verlauf haben dabei:

- Art, Menge, spezifische Oberfläche und Gestalt des brennbaren Materials sowie seine Anordnung im Raum;
- sein Verbund mit anderen Stoffen und die Art der Verbindung;
- die Geometrie des Raumes;
- die Zufuhr von Frischluft und Abfuhr der heißen Brandgase und
- die Wärmeisolation durch das Umschließungsbauwerk bzw. dessen Materialeigenschaften (6.12; 6.114).

Im allgemeinen wird zur Klassifikation der Brandintensität die Brandraumtemperatur herangezogen. In Modellversuchen ermittelte Brandverläufe zeigten einen vergleichbaren Verlauf. Je nach Art des brennbaren Materials erreichte bereits kurz nach der Zündung die Brandraumtemperatur ihr Maximum, um danach relativ langsam abzunehmen. Selbst bei verhältnismäßig kleinen Brandlasten konnten Temperaturen von über 1000 °C festgestellt werden.

6.1.3 Brandverhalten von Baumaterialien

Für die Beurteilung der Eignung bestimmter Baumaterialien ist deren Verhalten unter Brandbelastung heranzuziehen. Von besonderem Interesse sind Beton, Stahl und Kunststoffe.

6.1.3.1 Beton

In einer Vielzahl von Untersuchungen wird das Verhalten von Beton unter hohen Temperaturen beschrieben. Dabei wurden Deckenplatten, Träger, Binder und Stützen aus armierten und unarmierten Beton sowie Laborproben erhitzt und deren Verhalten untersucht. Es zeigten die für die Festigkeit maßgebenden Kennwerte eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur. Von besonderer Bedeutung für das Temperaturverhalten von Beton sind die verwendeten Zuschlagstoffe. Deren Einfluß auf die thermische Dehnung wird in Abb. 6.2 wiedergegeben. Bis etwa 500 °C entspricht das Dehnungsverhalten des Sandsteinbetons etwa dem des Baustahles. Diese Tatsache wirkt sich günstig aus auf das Verbundverhalten in Stahlbetonkonstruktionen (6.114). Die kritischen Betontemperaturen liegen je nach Belastungsgrad im Bereich von 400 - 800 °C.

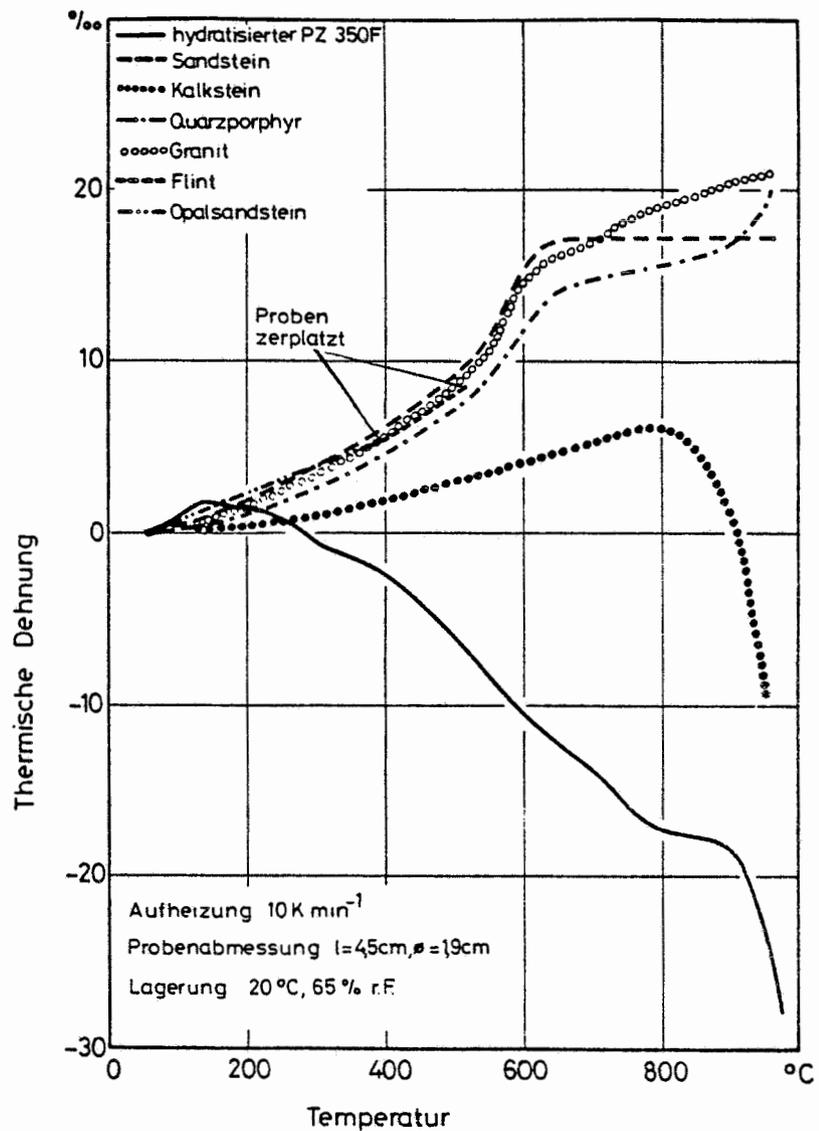


Abb. 6.2 Thermische Dehnung von Beton mit verschiedenen Zuschlägen (6.114)

Bei Beflammungsversuchen von Deckenplatten aus Beton traten bei hohen Temperaturen starke Abplatzungen auf, die unterschiedliche Ursachen haben können:

- Die Zuschlagstoffe verändern sich chemisch oder physikalisch. Bei Normalbeton bleiben die Abplatzungen in der Regel auf die Oberfläche begrenzt. Es treten nur korngroße Abplatzungen bis etwa 10 mm Tiefe auf.

- Bei Feuchtigkeitsgehalten über 2 % treten durch die bei Ausströmen von Wasserdampf entstehende Reibung an den Porenwänden Zugspannungen auf, die explosionsartige Abplatzungen größeren Ausmaßes zur Folge haben. Gasbetone zeigen selbst bei hohen Feuchtigkeitsgehalten infolge ihrer Porenstruktur ein wesentlich günstigeres Verhalten.
- Durch Eigenspannungen infolge unterschiedlicher Dehnungen bei ungleichmäßiger Temperaturverteilung über den Querschnitt treten Rißbildungen auf, die das Abplatzen begünstigen können.
- Ebenso führen unterschiedliche Dehnungen zwischen Beton und Bewehrungsstäben zu Abplatzungen (6.210; 6.114).

6.1.3.2 Stahl

Stahl wird im Bauwesen in Form von Betonstahl, Spannstahl und Baustahl eingesetzt. Je nach Stahlqualitäten und Belastungsart ergeben sich bestimmte Temperaturabhängigkeiten. Es können bereits ab 300 °C bei den brandgeschädigten Bauteilen bleibende Verluste der Festigkeit auftreten. Ab 500 °C kann das Versagen des Bauteiles als sicher angenommen werden (6.114).

6.1.3.3 Kunststoffe

Die Problematik von Kunststoffen im Brandfall liegt in ihrem Brandverhalten, in besonderem Maße aber in der Toxizität und Korrosivität ihrer Umsetzungsprodukte. Der am häufigsten eingesetzte Kunststoff ist Polyvinylchlorid (PVC), der in den seltensten Fällen aus reinem

PVC besteht. Durch Zusätze wie Stabilisatoren, Weichmacher, Füll- und Farbstoffe lassen sich modifizierte Eigenschaften einstellen (6.167). Handelsübliches PVC enthält deshalb selten mehr als 30 % HCl. Der theoretische Wert für reines PVC liegt bei etwa 58 % HCl (6.159). Im Brandfall wird ab etwa 250 °C gasförmiger Chlorwasserstoff abgespalten, der mit dem Wasserdampf der umgebenden Luft als Salzsäurekondensat abgeschieden wird. Die Metalle werden dadurch korrodiert. Eine besondere Bedeutung gewinnt die Migration von Chlorionen durch Beton bis zur Bewehrung (6.167; 6.159). Dies führt zu einer allmählichen Korrosion des Amierungsstahles und zum plötzlichen Versagen des Bauteiles lange nach dem Brand (6.59).

Neben der Korrosivität stellt die Toxizität der Brandgase von Kunststoffen eine besondere Gefahr dar. Es entstehen hauptsächlich CO, HCl, HF, HCN, NO, NO₂. Die in besonderem Maße Giftgase erzeugenden Kunststoffe sind Polyvenylchlorid, Polyurethan, Polytetrafluoräthylen bzw. Polytrifluorchloräthylen und Zelluloid. Beispielsweise genügt eine Zersetzung von 400 g PVC, um in einem 100 m³ großen Raum eine rasch tödlich wirkende Konzentration von HCl hervorzurufen bzw. 33 g Polytetrafluoräthylen für eine rasch tödlich wirkende Konzentration von HF (6.5; 6.100; 6.122; 6.129; 6.152; 6.159; 6.167; 6.59; 6.2).

6.2 Fahrzeugbrände in unterirdischen Verkehrsanlagen

Da systematische Untersuchungen über Brände im untertägigen Bergbau kaum oder nur in begrenztem Umfang durchgeführt wurden, muß zur Risikoabschätzung auf ver-

gleichbare Untersuchungen im Bereich unterirdischer Verkehrsbauten wie U-Bahn, S-Bahn, Vollbahn, Straßentunnel und Garagen zurückgegriffen werden.

Das Verhalten des Umschließungsbauwerkes und der verwendeten Materialien unter Brandbelastung sowie das Verhalten verschiedener Brandlasten beim Brand und deren Brandfolgen wird im folgenden behandelt. Es galt, die Erfahrungsergebnisse aus diesen Bereichen auf ihre Übertragbarkeit hin zu überprüfen.

6.2.1 Brandmodellversuche

In drei betriebsmaßstäblich ausgeführten Modellbränden wurde das Verhalten des Umschließungsbauwerkes unter Brandbelastung untersucht. Dabei wurden Pkw in geschlossenen Garagen entzündet (6.96), bestimmte Mengen Reinbenzin in einem Tunnel abgebrannt bzw. einige m² eines Tunnelquerschnittes mit Bitumenbahnen beklebt, entzündet und die Temperaturverteilung unter einem etwa 5 cm starken Spritzbeton gemessen (6.142).

6.2.1.1 Garagenbrandversuche

Im Rahmen von Garagenbrandversuchen (6.96) wurde die Ausbreitung von Kraftfahrzeugbränden und die Temperaturbeanspruchung tragender Bauteile in geschlossenen Garagen sowie die Wirksamkeit von Sprinkleranlagen untersucht. Die Betonbauteile der Garage wurden mit Mineralfaserplatten geschützt.

In die Versuchsanordnung eingebaut wurde eine unbelastete, ungeschützte Stahlkonstruktion, bestehend aus Stützen und Unterzug aus Normalstahl. Für die Versuchsdurchführung kamen Pkw mit voller üblicher Brandlast zum Einsatz. Es wurden sechs Pkw in zwei Reihen nebeneinander positioniert und im mittleren Pkw ein Vergaserbrand simuliert.

Bei zwei simulierten Vergaserbränden erfolgte kein Übergreifen des Brandes auf die benachbarten Fahrzeuge. Die maximale Temperatur an den Stahlstützen betrug etwa 450 °C. In der gleichen Größenordnung bewegten sich die maximalen Rauchgastemperaturen. Deutlich höhere Temperaturen traten bei einer simulierten Brandstiftung auf, wobei alle sechs Fahrzeuge ausbrannten. Die maximalen Stahltemperaturen betrugen kurzzeitig über 900 °C und die maximalen Rauchgastemperaturen über 1100 °C.

Ähnliche Untersuchungen mit drei Fahrzeugen zur Untersuchung der Wirksamkeit von Sprinkleranlagen zeigten, daß diese bei Kraftfahrzeugbränden in Garagen nur einen begrenzten Löscheffekt haben. Zudem besteht die Gefahr, daß auslaufendes, brennendes Benzin auf dem Löschwasser schwimmend den Brand weiterträgt.

6.2.1.2 Tunnelbrandversuche

Der bei den Brandversuchen im Hofeneck-Tunnel untersuchte Einfluß von Sprinkleranlagen auf die Zirkulation von Frischluft und Brandgasen ließ den Schluß zu, daß Sprinkleranlagen keinen positiven Einfluß auf das

Brandgeschehen haben. Es traten dabei Strömungsumkehrungen und explosionsartige Nachzündungen der im Versuchsplan eingesetzten Benzinoberflächen auf.

Bei diesen Versuchen wurde von einem Tanklastwagenunfall mit anschließendem Brand ausgegangen. Jeweils 100 l, 500 l und 1000 l Reinbenzin wurden unter verschiedenen Ventilationsbedingungen in Wannen entzündet. Die Messungen ergaben, daß die Maximaltemperaturen für die Versuche mit größeren Treibstoffmengen während weniger Minuten zwischen 1000 °C und 1300 °C lagen. Das Bauteilverhalten des Tunnelbauwerkes, dessen Ausbau gemauert und teilweise betoniert war, wurde als sehr gut bezeichnet. Außer einigen oberflächigen Abschieferungen konnten keine weiteren Schäden beobachtet werden.

Bei den von der STUVA durchgeführten Bränden (6.67), bei denen das Brandverhalten von Bitumenabdichtfolien auf den Ausbau untersucht wurde, zeigte sich folgendes Ergebnis: Bei einem Brandherd an der Firste trat eine deutliche Temperaturerhöhung des dem Wetterstrom entgegengesetzten Firstenteiles auf. Dieses Ergebnis deutet die Notwendigkeit an, nach einem Brandfall großzügig auch den dem Wetterstrom entgegengesetzten Ausbau zu sanieren bzw. auf Schäden zu untersuchen.

Weder bei den Garagenbrand- noch bei den Tunnelbrandversuchen erfolgten Angaben, ob oder inwieweit die brandbelasteten Bauteile nachträglich Veränderungen in ihren Materialeigenschaften zeigten.

6.2.2 Reale Brände

Von den 26 in der Literatur erwähnten Bränden (6.64; 6.65; 6.69; 6.1; 6.2; 6.31; 6.204; 6.206; 6.46; 6.198) in unterirdischen Verkehrsanlagen sind 22 Brände schie-nengebundenen Fahrzeugen zur Personenbeförderung und 2 Kraftfahrzeugen zuzuordnen. Schäden am UnschlieÙungs-bauwerk sind nur in 4 Fällen erwähnt.

Beim Brand in der U-Bahnhaltestelle Hansaring in Köln am 24.10.1978 brannte ein achtachsiger Gelenkzug des Baujahres 1965 aus. Starke Rauchentwicklung und hohe Rauchgastemperaturen gestalteten den Löschangriff schwierig. Erst nach dem Abbrand aller brennbaren Stoffe konnten mit vier C-Rohren nach 2,5 Stunden die Lösch-maÙnahmen wirksam werden. AuÙer der Zerstörung der ab-gehängten Decken, der Wandbekleidungen und der darüber liegenden Leitungen sind auch Betonabplatzungen an der tragenden Stahlbetonkonstruktion entstanden. Nach dem Grad der Zerstörung traten Temperaturen bis zu 1000 °C auf (6.204).

Vergleichbare Ergebnisse brachte der Brand eines S-Bahnzuges in Hamburg am 4.8.1980. Hierbei wurde die sehr schnelle Brandausbreitung und starke Rauchent-wicklung als besonderes Merkmal hervorgehoben. Aus fotografischen Aufnahmen ist zu entnehmen, daß die Deckenverkleidungen des Bahnhofes und der Aluminiumauf-bau des S-Bahnwagens starke Zerstörungen aufweisen, so daß hier eine Mindesttemperatur von 600 °C geherrscht haben muß (6.198).

Der am 31.8.1968 brennend im Autobahntunnel Hamburg-Moorfleth abgestellte Anhänger mit 14 t Polyäthylengranulat zerstörte den als hochfeuerbeständig geltenden Tunnelausbau auf einer Länge von 20 m völlig, obwohl nur etwa 1/3 des Granulates verbrannte. Diesem großen Schaden liegt eine Fehleinschätzung der Gefahr durch den Fahrer des Lkw zugrunde, der annahm, er führe eine explosive Fahrzeugladung. Daher fuhr er den Anhänger, als er einen Reifenbrand bemerkte, nicht aus dem Tunnel heraus, sondern hängte ihn etwa in der Mitte des 120 m langen Tunnels ab (6.64).

Am 11.7.1979 entstand als Folge eines Auffahrunfalles, an dem vier Lkw und zwei Pkw beteiligt waren, im Nihonzaaka-Tunnel in Japan ein Brand, dem 189 Fahrzeuge zum Opfer fielen. Dabei wurden die technischen Einrichtungen und Innenverkleidungen des Tunnels erheblich beschädigt. Die mittleren 1145 m des insgesamt über 2000 m langen Tunnels wurden nahezu zerstört. Die 9,5 cm starke Leichtbetonverkleidung der Decke und die Seitenverkleidung aus 4,5 cm starken Mineralfaserplatten sind durch Brand und Explosionen stark beschädigt worden. Die Löscharbeiten dauerten acht Tage (6.56).

Über alle anderen Brände in unterirdischen Verkehrsanlagen liegen keine weiteren Angaben vor.

6.2.3 Schlußfolgerungen für den Endlagerungsbetrieb

Wie aus den Modellversuchen und den vorgestellten Daten zu entnehmen ist, stellt in einem Tunnelbauwerk ein Pkw keine die Umschließungsbauwerke gefährdende

Brandlast dar (6.115; 6.114). Erst bei größeren Brandlasten ist mit einer Gefährdung zu rechnen.

Alle Quellen stellen die Rettung und Bergung von Menschen in den Vordergrund. Dieses zögert oftmals einen wirksamen Löschangriff hinaus. Da in den zu betrachtenden Einlagerungsbetrieben die Schulung des Personals vorausgesetzt werden darf, kann davon ausgegangen werden, daß im Brandfall allen Beteiligten die Fluchtwege bekannt sind und entsprechende Bekämpfungsmaßnahmen getroffen werden. In diesem Zusammenhang ist auf die Bedeutung von Alarmplänen mit geeigneten Frühwarnsystemen sowie selbsttätigen Löscheinrichtungen aufmerksam zu machen.

Während eines eventuellen Brandes sind in nicht ausgebauten Grubenräumen Abschaltungen an Firste und Stößen zu beachten und betroffene Bauteile auf Korrosion hinsichtlich Folgeschäden zu untersuchen.

6.3 Brände im untertägigen Bergbau

Mit zunehmender Mechanisierung und der Einführung der Gleislostechnik im Untertagebetrieb haben sich neue Entstehungsmöglichkeiten für offene Brände ergeben.

6.3.1 Verdeckte und offene Grubenbrände

Verdeckte Grubenbrände, auch Schwel- oder Flözbrände genannt, entstehen ausschließlich durch Selbstentzündung der Kohle, des Holzes oder des Versatzes. Als Folge des geringen Sauerstoffangebotes erfolgt eine langsame Verbrennung.

Offene Grubenbrände hingegen breiten sich im freien und zugänglichen Grubengebäude aus. Sie können durch vielfältige Ursachen entstehen und sind durch flammendes, verbrennendes Brandgut gekennzeichnet. Selbstentzündung kann ebenfalls Ursache offener Grubenbrände sein, sobald sich ein verdeckter Brand gegen den Frischwetterstrom zum freien Grubenbau hin durchfrißt.

Bei Selbstentzündungsbränden erreicht das Brandgut die Zündtemperatur durch Aufstauen der bei der Oxidation freiwerdenden Wärme. Bei einer Fremdzündung dagegen wird die Verbrennung durch eine besondere Zündquelle, also Wärmezufuhr von außen, eingeleitet. Jeder offene Grubenbrand birgt die Gefahr, einen Sekundärbrand in mehr oder weniger großer Entfernung vom ursprünglichen Brandherd zu zünden. In der Brandzone sinkt der Sauerstoffgehalt der Wetter auf 12 - 14 % ab. Unterhalb dieser Grenze ist ein erneutes Zünden und ein offener Brand mit Flammenbildung nicht mehr möglich. Die in der Brandzone auf 800 - 1000 °C erwärmten sauerstoffarmen Wetter, die auch in größerer Entfernung vom Brandherd noch Temperaturen von einigen hundert Grad Celsius aufweisen können, heizen zwar die auf der Abwetterseite liegenden Grubenbaue auf, auch über die Zündtemperatur hinaus, vermögen sie aber nicht zu zünden. Werden nun die Brandgase durch Zufuhr von Frischwettern wieder mit Sauerstoff angereichert, kann es zu einer Sekundärzündung kommen.

6.3.2 Ursachen untertägiger Brände

Einige Zündursachen treten seit Jahren immer wieder auf, eine Reihe anderer sind erst aus jüngster Zeit bekannt. Die häufigsten Zündursachen sind:

- Reibung und Heißlaufen von Maschinen,
- Fehler an elektrischen Einrichtungen und
- Schweiß- oder Trennarbeiten.

Diese drei Ursachen machen 85 % aller im Steinkohlenbergbau bekanntgewordenen Fremdentzündungsbrände aus (6.20; 6.34).

Die Zündursachen bei Zündungen durch Reibung und Heißlaufen von Fördermitteln und Antrieben sind zumeist das Weiterlaufen der Antriebstrommel bei stehendem Gummigurt, das Schleifen der Gummigurte an Ausbauteilen, das Zufahren von Antrieb, Bandkehre und Bandrolle mit Feinkohle und das Heißlaufen von Rollen. Bei Trogbandförderern ist die mögliche Zündquelle am Antrieb und an der Umkehre zu suchen. Beschädigte Kettensterne und Lager sind ebenfalls mehrfach Ursachen gefährlicher Erwärmung gewesen.

An Druckluft- und Elektroantrieben kann bei Ausfall der Druckluftzufuhr der Druckluftmotor vom Elektromotor mitgezogen und stark erhitzt werden. Ist ein Druckluftthilfsantrieb oder bei Zwillingsantrieben einer der Druckluftmotoren falsch gesteuert, läuft er als Kompressor heiß, so daß glühende Teilchen oder gar Stichflammen aus dem Auspuff austreten. Da die Umgebung des Auspuffes häufig mit Schmierstoffen verschmutzt ist, erfolgt die Zündung verhältnismäßig leicht. Werden

Förderer mit aufliegender Handbremse gefahren, kann sich diese bis zur hellen Glut erhitzen und vorhandenes brennbares Gut zünden. Es können auch Brände an Keilriemenantrieben durch Rutschen des Keilriemens infolge der Blockierung des angetriebenen Rades auftreten.

Bei Zündung durch elektrische Anlagen sind am häufigsten diejenigen durch Kurzschlüsse zu nennen. Der Lichtbogen zündet relativ schnell, wenn an den entsprechenden Stellen brennbares Gut vorhanden ist. Elektromotoren, die durch äußere Einflüsse wie Überlastung oder Aufheizung durch fehlende Kühlung infolge Verschmutzung oder Abdeckung fehlerhaft arbeiten, stellen eine Brandursache dar. Dies gilt auch für schadhafte Kabelnuten und mangelhaft instandgesetzte Kabel. Falsch eingestellte oder zu hoch abgeschirmte Überstromsicherungen haben ebenso wie unbemerkt gebliebene Defektexplosionen von Schalterschützen zu anschließendem Grubenbrand geführt. Eine besondere Art der Zündung ist die durch Streb- oder Streckenbeleuchtung angestaute Strahlungswärme.

Bei Zündung durch Schweiß- oder Brennarbeiten bleiben häufig Schweißperlen an verborgenen Stellen unbeobachtet liegen, die dann zu Glimmbränden führen. Auf gelegentlich vorkommende Zündungen von CH_4 durch Schweiß- oder Brennarbeiten sei verwiesen.

Besondere Beachtung verdienen Geräte und Anlagen, zu deren Betrieb brennbare Flüssigkeiten wie Hydrauliköle und Dieselkraftstoffe eingesetzt werden. Schwer einzuordnen sind Grubenbrände, bei denen nicht das Versagen technischer Einrichtungen zum Brand geführt hat, sondern menschliches Versagen die Ursache war. Dabei umfaßt dieser Begriff nicht nur Nachlässigkeit und bewußt falsches Handeln, sondern auch die Überforderung des

Einzelnen wegen fehlender oder mangelhafter Ausbildung bzw. Unterrichtung (6.34).

Systematische Untersuchungen über Brandursachen gibt es fast ausschließlich nur im Bereich des Steinkohlenbergbaues, da dort bereits relativ unbedeutende Störungen des Betriebsablaufes einen Brand verursachen können. Kurzschlüsse in elektrischen Stromzuführungen, Kabelrisse und Überlastungen elektrischer und pneumatischer Antriebe führen in Steinkohlenbergbaubetrieben wesentlich leichter zum Brand.

In Gruben mit nicht brennbarem Fördergut ist die Brandgefahr auf brennbare Betriebs- und Betriebshilfsmittel beschränkt. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Begriff der Unbrennbarkeit und Feuersicherheit immer wieder Ziel und Inhalt von Untersuchungen zur Brandsicherheit von Betriebsmitteln ist (6.34).

Werden nur die Ursachen und Entstehungsweisen von Grubenbränden betrachtet, lassen sich auch aus den Brand Erfahrungen im Steinkohlenbergbau Rückschlüsse auf mögliche Ursachen von Bränden im Erz- und Salzbergbau ziehen.

Untersuchungen in den USA (6.93), in Südafrika (6.32) und in der Bundesrepublik (6.51) haben ergeben, daß Zündungen durch mechanische Reibung und durch Kurzschlüsse die wesentlichen Brandursachen darstellten. Bei dieselgetriebenen Maschinen sind das Austreten von Kraftstoff auf heiße Maschinenteile und Fehler im elektrischen Bordnetz die bedeutendsten Brandursachen,

bei denen der Einfluß menschlicher Unzulänglichkeiten primär nur geringfügig zum Tragen kommt. Wesentlich ausgeprägter ist die menschliche Einflußnahme bei Zündursachen durch Trenn- und Schweißarbeiten, Sprengarbeiten und Unfällen mit beweglichen Geräten.

Im Nichtsteinkohlenbergbau ist eine Brandgefahr vor allem dann gegeben, wenn brennbares oder leicht entzündliches Material angeboten wird, insbesondere also in Werkstätten und Materiallagern.

Bei der Arbeit mit Trennscheiben oder Schweißgeräten besteht die Zündgefahr durch frei umherfliegende Schweiß- und Schneidperlen. Fallen die glühenden Metalltropfen auf leicht entzündliches Material, ist die Entstehung eines Brandes nicht auszuschließen. Vor allem bei Schweißarbeiten am Ausbau oder an Maschinen können Schweißperlen an unzugängliche Stellen gelangen und dort einen Brand entzünden, der häufig erst nach Erreichen eines größeren Ausmaßes erkannt wird.

Unfälle mit mobilen Bergbaugeräten bilden mit zunehmendem Einsatz von LHD-Geräten ein deutliches Brandrisiko (6.93). Wie bei den Schweiß- und Trennarbeiten ist auch hier der Einfluß menschlichen Verhaltens besonders gravierend. Typisch für Brandursachen an Gleislosgeräten sind unregelmäßige oder unkorrekte Unterhaltungsarbeiten, seltener direkte Fehler des Fahrers (6.162). Nach einer Untersuchung der Ansulcompany (6.163) im amerikanischen Bergbau stellen vor allem das Hydrauliksystem, der Motorraum, das elektrische Bordnetz, das Druckluftsystem und die Bremsen bei LHD-Geräten in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit besondere Gefahrenpunkte für die Brandursache dar. Hauptbrandursache ist das Auftreffen von Hydrauliköl oder Kraft-

stoff auf heiße Flächen. Da derartige Brände vor allem nach Motorabschaltung bei Stillstand des Fahrzeuges eintraten, kam es zu keinem größeren Brandschaden, weil diese Brände bereits im Entstehungsstadium gelöscht werden konnten (6.57; 6.162).

6.3.3 Brandmaterialien

Als Brandgut kommen, unabhängig davon, welche Zündursache vorlag, neben Holz brennbare Flüssigkeiten und verschiedene Kunststoffe in Frage (6.20). Im folgenden sollen kurz die wichtigsten brandgefährdeten Betriebsstoffe erläutert werden.

6.3.3.1 Holz

Holz ist ein brennbares Material, welches - unabhängig davon, auf welche Weise es feuerbeständig gemacht wurde - brennen wird, wenn es bei Sauerstoffgegenwart nur lange und intensiv genug unter Hitzeeinwirkung steht (6.71). Die Wirksamkeit feuerhemmender Maßnahmen zeigt sich dabei einerseits in der Verminderung der Zündgefahr, andererseits in der brandhemmenden Wirkung, die der Branderkennung und -bekämpfung einen größeren Zeitraum zur Verfügung stellt (6.71). Untersuchungen über das Brandverhalten verschiedener vorbehandelter Hölzer zeigten, daß die verschiedenen Schutzmethoden wie Kalkanstrich, Feuerfestanstrich, Glasfaserverkleidung u.a. die Entstehung zum Vollbrand bis zu 40 Minuten hinausgezögert haben bzw. die Brandausbreitung deutlich verlangsamen (6.71).

Diese Untersuchungen machen deutlich, daß es grundsätzlich zwei Möglichkeiten gibt, Holz widerstandsfähig zu machen. Zum einen wird die Holzoberfläche mit einer Beschichtung versehen, die den freien Sauerstoffzugang behindert; zum anderen werden die Holzlagen durch Lagen aus unbrennbarem Material wie Beton getrennt oder mit Mörtel umgeben. Diese Untersuchungen bezogen sich auf die Verwendung von Holz als Ausbaumaterial. Über die Brandgefahr von Holz als Verpackungsmaterial beispielsweise gibt es keine Angaben.

6.3.3.2 Mineralöle

Im Hinblick auf die Möglichkeit zur Übertragung von großen Kräften und Momenten bei kleinen Abmessungen der Aggregate finden hydraulische Antriebe im Bergbau immer größere Anwendung. Die Hydraulikanlagen haben im Salz- und Erzbergbau breite Anwendung in den Bergbaumaschinen, in den Transport- und Ladeanlagen, in der Schachtausrüstung und im Ausbau gefunden.

In den Hydraulikanlagen werden Mineralöle im allgemeinen als Arbeitsmedien verwendet. Die kennzeichnenden Eigenschaften dieser Öle sind gute Schmierfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hoher Viskositätsgrad, Oxidationsbeständigkeit und Nicht-Schäumen. Nachteil dieser Öle ist die niedrige Zündtemperatur von 180 - 220 °C (6.229), wobei in Deutschland die Obergrenze bei 200 °C bergbehördlich vorgeschrieben ist.

Zur (6.229) gibt als Ursache der Ölentzündung in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit Funkenflut beim Schneiden und Schweißen, Kurzschluß in elektrischen Anlagen, Heißlaufen beschädigter Bauteile und Ausfluß von Öl auf die heißen Bauteile des Motors an. Im Gegensatz

dazu bezeichnen [REDACTED] und [REDACTED] (6.57) das Auftreten von Hydrauliköl bzw. Kraftstoff auf heiße Flächen als häufigste Brandursache. Unzulängliche Schneid- und Trennarbeiten werden erst an vierter Stelle genannt.

Der Funkenflug beim Schneiden und Schweißen kann selbst bei beträchtlichen Abständen von der Betriebsstelle Brandgefahren hervorrufen. Glühende Metallteilchen können mindestens 10 m weit verspritzt werden und dabei ihre Temperatur von über 1000 °C halten. Fällt solch ein Teilchen in einen Öltank, wird diese kleine Masse schnell gekühlt, ohne eine Entzündung hervorzurufen. Fällt die glühende Metallperle hingegen auf eine dünne Schicht vergossenen Öles oder auf ölgetränkte Putzlappen, kann ein Brand entzündet werden (6.229).

Gleiches gilt für Mineralölkraftstoffe. Mit zunehmendem Einsatz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren haben sich die Brandmassen, die Brandausbruchsmöglichkeiten und damit die Brandgefahr wesentlich erhöht.

Zwei Bereiche stellen eine besondere Brandgefährdung dar: derjenige des Transportes, der Aufbewahrung und der Ausgabe der Kraft- und Schmierstoffe und als zweiter Bereich der Betrieb der Maschinen mit Verbrennungsmotoren, wobei Brandgefährdungsquellen sowohl aufgrund der konstruktiven Faktoren der Maschinen als auch durch die Betriebsbedingungen auftreten. Im Hinblick auf Ausmaß und Folgen eines eventuellen Brandes bilden die Tätigkeiten des Transportes, der Aufbewahrung und der Ausgabe die größte Gefährdung (6.38). Beim Betrieb der Maschinen mit Verbrennungsmotoren besteht die Brandgefährdung in den Undichtigkeiten von Kraftstoff-

und Hydraulikleitungen, die meist aufgrund von Brüchen in den elastischen Leitungen auftreten. Konstruktive Faktoren treten in Form von Kurzschlüssen im elektrischen Bordnetz auf, deren Lichtbögen den überall vorhandenen Öl- und Schmiermittelfilm zünden können.

6.3.3.3 Kunststoffe

Die ständige Zunahme neuer Materialien bringt eine Erhöhung der Brandgefahr in den Betrieben mit sich. Das bestätigt der Anstieg von Bränden (6.68). Alle Kunststoffe sind mehr oder weniger brennbare Stoffe und als solche erhöhen sie die Gefahr einer Brandentstehung. Sie können insbesondere den Brandverlauf ungünstig beeinflussen. Bergbaubetriebsmittel aus Kunststoff müssen so beschaffen sein, daß an ihnen ein Brand weder entstehen noch sich ausbreiten kann. Wenn sie diese Forderung erfüllen, können sie als schwer entflammbar oder brandtechnisch unbedenklich angesehen werden (6.68; 6.73).

Die Ausbreitung eines Flammenbrandes an langgestreckten oder großflächig angewendeten Betriebsmitteln aus Kunststoffen stellt eine erhebliche Gefahr dar (6.74; 6.68): Die Brandausbreitung an einem Fördergut ist beispielsweise immer mit starker Rauchentwicklung verbunden. Dieser Rauch kann abwetterseitig die Sicht derart behindern, daß eine Flucht schwierig oder unmöglich wird. Zudem kann der Sauerstoffgehalt sinken, so daß Erstickungsgefahr droht, wovor auch der Filter-Selbstretter nicht schützen kann (6.78; 6.20).

Neben den großen Kunststoffanlagen wie beispielsweise Förderbändern, die als eigenständiges Brandobjekt besondere Beachtung verdienen, sind im einzelnen die relativ kleinen Kunststoffobjekte beachtenswert, deren Verteilung und Häufung im Grubengebäude leicht unterschätzt werden kann. Besonders zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang Keilriemen, Kunststoffkupplungen, Tragrollen aus Kunststoff für Förderbänder, Fahrdrabt- abdeckungen, nachgiebige Ausbausteine aus geblähtem Glimmer für den Schachtausbau, Kunststoffgehäuse und Kunststoffverkleidungen einzelner Betriebsmittel und Anlagen, Helme, Polyurethanschaum, Kunststoffe und Kunststoffkomponenten als eigenständige Betriebsmittel, Reifen und Kabelisolierungen (6.74; 6.183; 6.221).

Die Gefährdung, die von Kunststoffen ausgeht, ist im Brandfall die Freigabe hochtoxischer und korrosiver Gase, die bereits in geringsten Konzentrationen tödlich wirken und schwere Spätschäden an Geräten und Bauteilen hervorrufen. Weiterhin sind Brände von Kunststoffen mit einer besonders starken Rauch- und Rußbildung verbunden. Ein großer Teil der Kunststoffbetriebsmittel tritt nie oder nur selten als eigenständiges Brandobjekt auf. Im Fall eines Grubenbrandes müssen jedoch die toxischen und korrosiven Eigenschaften der Brandgase berücksichtigt werden.

Ebenso kann durch Kunststoffe ein Brand weitergetragen werden, wenn brennende Kunststofftropfen herabfallen und weiterbrennen. Deshalb wird von Betriebsmitteln aus festem Kunststoff im Falle eines Brandes ein tropfenfreies Verhalten gefordert (6.74). Daß dies möglich ist, bestätigen Untersuchungen der Versuchsrubengesellschaft in Dortmund (6.73). Dabei wurden

Rohre aus Polyäthylen und Weich-PVC der Wirkung eines Holzstoßbrandes ausgesetzt. Es bildeten sich Tropfen, die brennend zur Sohle fielen und dort weiterbrannten. Eine spezielle Weich-PVC-Komposition soll bei diesen Untersuchungen keine brennenden Tropfen erzeugt haben. Die starke Qualmentwicklung wurde dabei als brandtechnisch nicht bedenklich bezeichnet.

Hervorzuheben ist weiterhin der Polyurethanschaum zur Abdichtung von Wetterundichtigkeiten und Ausfüllung von Hohlräumen. Brandversuche (6.73) zeigten, daß trotz eines Feuerschutzüberzuges aus Wasserglas der Schaum nach wenigen Minuten einer Brandbelastung heftig brannte und dabei Temperaturen an der Firste erzeugte, die mit etwa 1000 °C doppelt so hoch waren wie bei einem gleichwertigen Brandobjekt ohne Polyurethanschaum.

Die Kunststoffisolation von elektrischen Leitungen stellt keine bedeutende Gefahr für die Entstehung eines Brandes dar. Durch Überlastung oder Kurzschlüsse können sich die Kabel überhitzen, jedoch verhindern entsprechende Schutzschaltungen die Entstehung von Bränden in den meisten Fällen (6.183). Die Gefahr liegt in der Weiterleitung von Bränden sowie in den toxischen und korrosiven Zersetzungsprodukten. Das beste Kabelisolationmaterial hat elastisch, mechanisch fest, elektrisch sicher, leicht, billig und unbrennbar zu sein. Dabei soll es auch unter Brandbelastung keine Änderung seiner Eigenschaft zeigen. Diesen Idealforderungen genügt kein Material. Sullivan (6.183) beschreibt Untersuchungen von Kabelisolationen im Hinblick auf Brandweiterleitung, Rauchentwicklung sowie toxische und

korrosive Brandprodukte. Es wurden dabei verschiedene Isolationsmaterialien sowie deren Kombination im Labormaßstab auf ihre Brandverhalten untersucht. Halogenfreie Materialien zeigten eine deutlich geringere Rauchentwicklung. Besonders vorteilhaft schnitten bestimmte Kombinationen verschiedener Isolationsmaterialien ab, wie sie im Flugzeugbau Verwendung finden. Eine Kombination von Silikongummi, Quarz und Polytetrafluoräthylen wurde drei Stunden lang mit einem Propanbrenner auf 1100 °C erhitzt und mechanisch und elektrisch belastet. PVC und andere halogenhaltige Materialien schnitten deutlich schlechter ab. Sullivan sieht darin den Hinweis, in Zukunft verstärkt auf Polyvinylchloride und Polychlorophene zu verzichten und statt dessen vermehrt auf Propylenäthylengummi, Silikongummi oder Äthylenvenylazetatkopolymere auszuweichen. Über die Mehrkosten derartiger Isolationsmaterialien macht Sullivan keine Angaben.

Der Betrieb von Bandförderanlagen unter Tage ist mit Brandgefahr verbunden. In Abbauräumen mit Anker Ausbau kommt es beim Brand durch die starke lokale Erwärmung zum Gesteinsfall aus dem Hangenden und den Stößen (6.81; 6.57; 6.39). Das Hangende und die Stöße speichern noch lange die vom Feuer verursachte Wärme und behindern so die Durchführung von Rettungsaktionen erheblich.

Als Brandursachen an Förderbändern wurden bisher Mängel am Aufbau, Konstruktionsmängel, Lagerschäden an Rollen, Schiefelauf, Rutschen der Antriebstrommel, Überschüttung der Aufgabestellen und Fremdeinwirkungen wie Schweißen beobachtet (6.39). Werden Brände an Gurtförderern nicht

im Stadium ihrer Entstehung gelöscht, muß mit dem Verlust der gesamten Bandkonstruktion gerechnet werden. Polnische Erfahrungen aus dem Jahre 1973 und 1974 haben gezeigt, daß es nur in zwei Fällen gelungen ist, den Gurtbrand innerhalb von vier Stunden zu löschen. In den übrigen Fällen wurde der Brand durch Abdämmen der Felder beherrscht (6.38).

Das einzige brennende Element der Bandförderkonstruktion ist der Fördergurt. Selbst Kennzeichnungen wie schwerentflammbar oder verlöschend widersprechen der Brandgefährdung nicht, da bei ausreichender Wärmebelastung die Bestandteile, die den Kunststoff des Gurtes feuersicher machen, ausgasen.

Bei einer Untersuchung von 100 Bränden im britischen Bergbau zeigte es sich, daß 62 % der Brände während des Schichtwechsels auftraten, 12 % gleich nach Beendigung der Schicht und 26 % im Laufe eines arbeitsfreien Tages (6.39). Andere Fördergurtuntersuchungen ergaben, daß der Brand eines Gurtes mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 m/min am Band fortschreiten kann (6.81).

6.4 Auswertung des Datenmaterials über untertägige Brände

Eine rein statistische Auswertung des untersuchten Materials ist wegen der zu geringen Datenmenge nicht möglich. Es lassen sich demzufolge nur qualitative Erkenntnisse im Hinblick auf die geplanten Einlagerungsbetriebe schlußfolgern.

Bergbauzweig	Anzahl 1963 - 1981
Steinkohle	72
Braunkohle	30
Kali	27
Steinsalz	3
Eisenerz	-
Metallerz	7
Unbekannt	2
Summe	141

Tab. 6.1 Häufigkeit der untertägigen Brände in den verschiedenen Bergbauzweigen.

Örtliche Gegebenheit	Anzahl 1963 - 1981
Füllort	3
Schacht, Blindschacht	10
Bunker	4
Alter Mann	14
Pumpenkammer	3
Abbau	13
Hauptförderstollen, Verbindungsstrecke	2
Rolloch	3
Bandberg, Bandstrecke	14
Versatz	1
Abgeworfener Grubenteil	6
Materialraum	2
Hauptstrecke	11
Abbaustrecke	12
Unbekannt, nicht erwähnt	43
Summe	141

Tab. 6.2 Die örtlichen Gegebenheiten bei Untertagebränden.

Aus den Unterlagen der Oberbergämter wurden für den Zeitraum 1963 - 1981 insgesamt 141 Brände im untertägigen Bergbau der Bundesrepublik Deutschland zusammengestellt (Anlage 6.1). Eine Aufteilung dieser Brandereignisse nach örtlichen Bergbauzweigen, Gegebenheiten, Brandgegenständen und Brandursachen ist in den Tabellen 6.1 bis 6.4 erfolgt. 50 % der gesamten Untertagebrände ereigneten sich in der Steinkohle. Dies erklärt Kohle als den häufigsten Brandgegenstand und Selbstentzündung als eine der am häufigsten aufgetretenen Brandursachen.

Brandgegenstände	Anzahl 1963 - 1981
Kabel	15
Schlauch / Kunststoff	14
Kohle	32
Öldampf / Luftgemisch	1
Holz (Ausbau, Schachteinbauten)	25
Gummigurt	15
Papier / Pappe / Abfälle	8
Gasgemisch	1
Motorteile	6
Kraftstoff	1
Getriebe- Motoröl	8
PU - Schaum	1
Unbekannt	14
Summe	141

Tab. 6.3 Brandgegenstände bei untertägigen Bränden

Brandursachen	Anzahl 1963 - 1981
Funken	7
Selbstentzündung	24
Kurzschluß	10
Schleppkabel (überfahren)	1
Motor / Getriebe heißgelaufen	21
Schneidarbeiten / Schweißen	17
Gummigurt	17
Sprengen / Verpuffung	1
Elektrik	11
Bremsen	1
Leichtsinn / Unachtsamkeit	7
Unbekannt	24
Summe	141

Tab. 6.4 Brandursachen bei untertägigen Bränden

Die umfangreiche Studie von McDonald und Pomroy (6.12) im Auftrag des US Bureau of Mines zur Untersuchung der Brände im amerikanischen Steinkohlenbergbau in der Zeit von 1950 bis 1977 ließ nur begrenzt statistisch gesicherte Aussagen zu, obgleich 1.014 untertägige und 188 übertägige Brände erfaßt und ausgewertet wurden. Das umfangreiche Datenmaterial wurde untersucht im Hinblick auf die Abhängigkeit von der Zeit, dem jeweiligen Staat und seinen Sicherheitsbestimmungen, den Brandursachen (Tab. 6.5), dem Brandgut (Tab. 6.6), dem Brandort in der Grube, den beteiligten Maschinen (Tab. 6.7), der Branddauer, den Unfällen und dem Löschmaterial.

Brandursache	Erfassungszeiträume							
	1953 - 1961		1962 - 1969		1970 - 1977		1953 - 1977	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Elektrik	276	59,7	276	69,0	61	47,3	611	61,8
Reibung	50	10,8	35	8,75	10	7,75	95	9,6
Selbstentzündung	35	7,6	20	5,0	14	10,9	69	7,0
Srenngmittel	9	1,95	7	1,75	1	0,8	17	1,7
Schweißen / Schneiden	8	1,7	15	3,75	11	8,5	34	3,4
Mutwillig	9	1,5	2	0,5	1	0,8	12	1,7
Motor- oder Kupplungs- Überhitzung	3	0,65	4	1,0	5	3,9	12	1,2
Offenes Feuer	5	1,1	3	0,75	0	0	8	0,8
Kabelüberhitzung	11	2,4	4	1,0	5	3,9	20	2,0
Übergreifen	5	1,1	3	0,75	0	0	8	0,8
Andere	1	0,2	2	0,5	3	2,3	6	0,6
Nicht einzuordnen	52	11,3	29	7,25	16	12,4	97	9,8
Summe	462	100,0	400	100,0	129	100,0	991	100,0

Tab. 6.5 Ursachen von Grubenbränden in amerikanischen Steinkohlentiefbauen

- Als gesichert gilt die Feststellung, daß
- die Anzahl der Brände über die Zeit abgenommen hat;
 - die überwiegende Zahl aller Grubenbrände elektrischen Ursprungs war;
 - hinsichtlich der maschinellen Einrichtungen Gummigurtförderer am häufigsten beteiligt waren;
 - die Brände meist vor Ort oder in den Förderstrecken auftraten und
 - Wasser sowie Handfeuerlöcher am häufigsten zum Löschen des Brandes eingesetzt wurden.

Brandgut	Erfassungszeiträume							
	1953 - 1961		1962 - 1969		1970 - 1977		1953 - 1977	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Kohle	207	23,0	152	17,6	57	22,2	416	20,6
Isolierung	194	21,6	186	21,5	60	23,3	440	21,8
Kohlenstaub	68	7,6	101	11,7	17	6,6	186	9,2
Öl	69	7,7	84	9,7	11	4,3	164	8,1
Schmierfett	39	4,3	47	5,4	8	3,1	94	4,7
Gummigurt	135	15,0	137	15,9	41	16,0	313	15,5
Holz	96	10,7	67	7,8	23	8,9	186	9,2
Hydraulikflüssigkeit	54	6,0	40	4,6	13	5,0	107	5,3
Stoff	8	0,9	8	0,9	4	1,6	20	1,0
Gas	5	0,6	4	0,5	9	3,5	18	0,9
Elektrische Ausrüstung	1	0,1	10	1,2	5	1,9	16	0,8
Abfall	3	0,3	0	0	0	0	3	0,15
CH ₄	3	0,3	4	0,5	0	0	7	0,35
Sprengmittel	0	0	3	0,3	1	0,4	4	0,2
Andere	2	0,2	5	0,6	8	3,1	15	0,7
Nicht einzuordnen	16	1,8	16	1,8	0	0	32	1,6
Summe	900	100,0	864	100,0	257	100,0	2021	100,0

Tab. 6.6 Brandgut bei Grubenbränden in amerikanischen Steinkohlentiefbauen

Die Tab. 6.7 gibt einen Überblick über die an den Bränden beteiligten Einrichtungen. Danach steht der Brand von Förderbändern an erster Stelle, unmittelbar gefolgt von Schrämmaschinen, dann erst folgen Pendelwagen, Lokomotiven und Lader. McDonald und Pomroy (6.127) ermittelten den Gefährdungsgrad der einzelnen Einrichtungen unter Bezugnahme auf die insgesamt einge-

Beteiligte Einrichtungen	Erfassungszeiträume							
	1953 - 1961		1962 - 1969		1970 - 1977		1953 - 1977	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Pendelwagen	44	9,3	44	10,8	8	6,1	96	9,5
Continuous Miner	10	2,1	18	4,4	5	3,8	33	3,3
Ladefahrzeug	30	6,3	16	3,9	1	0,8	47	4,6
Schrämmaschine	57	12,0	81	20,0	12	9,2	150	14,8
Gurtförderer	73	15,4	63	15,5	19	14,5	155	15,3
Pumpe / Motor	5	1,0	10	2,5	3	2,3	18	1,8
Ankerbohrwagen	17	3,6	8	2,0	6	4,6	31	3,1
Lokomotive	24	5,0	19	4,7	10	7,6	53	5,2
Kompressor	6	1,3	3	0,7	5	3,8	14	1,4
Befahrungsfahrzeug	13	2,7	4	1,0	3	2,3	20	2,0
Elektroeinrichtung	10	2,1	13	3,2	9	6,9	32	3,2
Schweißgerät	0	0	2	0,5	5	3,8	7	0,7
Versorgungsfahrzeug	2	0,4	4	1,0	1	0,8	7	0,7
Andere	11	2,3	7	1,7	3	2,3	21	2,1
Unbekannt	169	35,6	112	27,5	41	3,1	322	31,8
Nicht einzuordnen	3	0,6	2	0,5	0	0	5	0,5
Summe	474	100,0	406	100,0	131	100,0	1011	100,0

Tab. 6.7 Ergebnis der Auswertung US-Amerikanischer Grubenbrände im Steinkohlentiefbau von 1953 - 1977 (beteiligte Einrichtungen)

setzten Geräte und die Bevölkerungszahl für den Zeitraum von 1970 bis 1975. Danach können die Förderbänder und Schrämmaschinen als brandgefährlichste Einrichtungen eingestuft werden, während der Pendelwagen noch unterhalb seines zu erwartenden Gefährdungsanteiles bleibt.

Eine besondere Bedeutung erhält vor allem bei Dieselfahrzeugen die Wartung. Von den sechs in erster Linie von Mc Donald und Pomroy (6.127) genannten Ursachen der nichtmeldepflichtigen Brände, nämlich schlechte Wartung, unregelmäßige Inspektion, Selbstentzündung, schlechte Betriebsführung, Bedienungsfehler und Konstruktionsmangel fallen zumindest vier in die Kategorie der menschlichen Unzulänglichkeit. Dieses Ergebnis basiert auf Untersuchungen von Grubenbränden im amerikanischen Steinkohlentiefbau.

6.5 Fahrzeugbrand

Der Brand eines Fahrzeuges nimmt bei der Betrachtung des allgemeinen Brandes untertage insofern eine Sonderstellung ein, als die geplanten Einlagerungsbetriebe mit diskontinuierlicher Gleislosförderung ausgerüstet werden sollen. Gummibereifte dieselgetriebene Palettenfahrzeuge nehmen nach der Planung das containerisierte Einlagerungsgut am Schacht auf, um es in die jeweiligen Einlagerungsräume zu transportieren.

Bei einem eventuellen Brand dieses Hauptfördermittels gilt zu klären:

- welchen Verlauf der Brand nimmt;
- in welcher Weise das Transportgut beeinflusst wird;
- wie sich die Wetterführung verhält;
- ob Streckenstöße und Firste standhalten und
- wie Versorgungseinrichtungen (E-Kabel, Wasserleitung, Sonderbewetterung, Kommunikationskabel etc) im Brandbereich beeinflusst werden.

Um die Auswirkungen eines Fahrzeugbrandes abschätzen zu können, müssen die Basisdaten wie Brandverlauf, Temperaturentwicklung, Temperaturhöhe und Branddauer bei entsprechendem Brandgut ermittelt werden. Dies setzt die Zusammenstellung und Analyse erfolgter Brände voraus.

Der Störfall "Fahrzeugbrand" wurde deshalb unter das Kapitel Brände eingeordnet und nicht unter "Fahrzeugkollision", weil der Brand des Fahrzeuges keine Kollisionsursache ist. Dies kann als eines der Ergebnisse bei der Analyse der Fahrzeugbrände und -kollisionen vorweggenommen werden. Den Verfassern ist nur ein Beispiel bekannt, bei dem der Fahrer die Kontrolle über sein Fahrzeug verlor, aus dem Fahrzeug sprang oder fiel und das fahrerlose Fahrzeug bei Kollision mit dem Streckenstoß in Brand geriet (6.163).

6.5.1 Grundsätzliches zum untertägigen Brand von Dieselfahrzeugen

Für eine Abschätzung der Wärmeentwicklung bei Fahrzeugbränden untertage ist es notwendig, in dem Grubenbau, in dem der Brand angenommen wird, die Brandbelastung, die Abbrandgeschwindigkeit der Brennstoffe, den Wetterstrom sowie die Wärmeübertragung zwischen Brandwettern und Gebirge zu berücksichtigen.

Bei der Brandgefährdung von Fahrzeugen sind die brennbaren Fahrzeug- und Ausrüstungsteile zu betrachten. An brennbaren Teilen und Betriebsstoffen sind vorhanden:

- der Dieselmotor mit Kraftstofftank und Kraftstoffleitung,
- die Hydraulikanlage mit Hydrauliktank, Hydraulikleitungen und Ventilen sowie
- die Reifen des Fahrzeuges.

Die auf dem Fahrzeug verlegten elektrischen Kabel sind hinsichtlich der Masse von untergeordneter Bedeutung. Sie bilden jedoch eine wesentliche Gefahr für die Entstehung von Bränden durch mögliche Kurzschlüsse.

Für die Brandausbreitung sind in erster Linie das Dieselöl und der Zustand des Fahrzeuges bestimmend. An verschmutzten Fahrzeugen tritt bei der Vermischung von Kraftstoff oder Öl mit Staub eine Oberflächenvergrößerung ein. Damit ergibt sich eine bessere Verdampfungsmöglichkeit, die eine leichtere Entzündlichkeit und auch eine höhere Verbrennungsgeschwindigkeit bewirkt (6.51). Bei Brandversuchen (6.46) zeigte sich, daß unter Umständen der gesamte Tankinhalt auslaufen kann. Die Untergrundbeschaffenheit der Fahrbahn hatte auf die zeitliche Brandausweitung kaum einen Einfluß.

6.5.2 Theoretische Ermittlung der Temperaturentwicklung

Trotz intensiver Literaturrecherchen und Umfragen bei Experten konnten keine konkreten Daten über die Temperaturentwicklung bei Fahrzeugbränden ermittelt werden.

Bei den realen Bränden von Fahrzeugen hatte - wie allgemein bei Bränden - der Löschangriff Vorrang; eine vage Temperaturabschätzung wurde in einigen Fällen im

Nachhinein aufgrund der Brandauswirkungen vorgenommen. übertägige Brandversuche, wie sie von Versicherungsgesellschaften, Reifenherstellern und Landesfeuerwehrschulen durchgeführt wurden (6.2.2.6), hatten u.a. die Erprobung von Löschmitteln oder Löscheinrichtungen zum Ziel bzw. galt es, reale Brandunfälle nachzuvollziehen. Die Brandentstehung und Brandausbreitung sowie die Auswirkungen wurden dabei festgehalten, aber keine Messungen der Temperatúrausbreitung vorgenommen.

Aus diesem Grund wurden in Anlage 6.2 die wesentlichen Einflußparameter der Wärmeentwicklung aufgezeigt und eine modellhafte Temperaturabschätzung vorgenommen.

Die Ergebnisse der theoretischen Temperaturabschätzung können wie folgt zusammengefaßt werden:

Nach übereinstimmender Aussage (6.13; 6.77; 6.111; 6.218) steigt die Temperatur zu Beginn eines Brandes schnell an. Danach verringert sich die Geschwindigkeit der Temperaturerhöhung und schließlich sinkt die Temperatur wieder ab (6.12). Die Vorausberechnung nach dem vorgestellten Schema bestätigt den Temperaturanstieg (siehe Abb. 6.3). Vorausberechnungen sind dennoch kritisch zu würdigen. Die Abschätzungen der mittleren Temperaturen (6.77) wurden bei Brandversuchen meist nicht erreicht. Auch die bei Großversuchen der STUVA übertage gemessenen Werte von maximal ca. 1.000 °C liegen um ca. 100 °C über den in Bunkern gemessenen Temperaturen (6.201). Aufgrund der aufgetretenen Schäden schätzte Trepesch die maximale Temperatur bei einem U-Bahn-Brand auf ca. 1.000 °C (6.204).

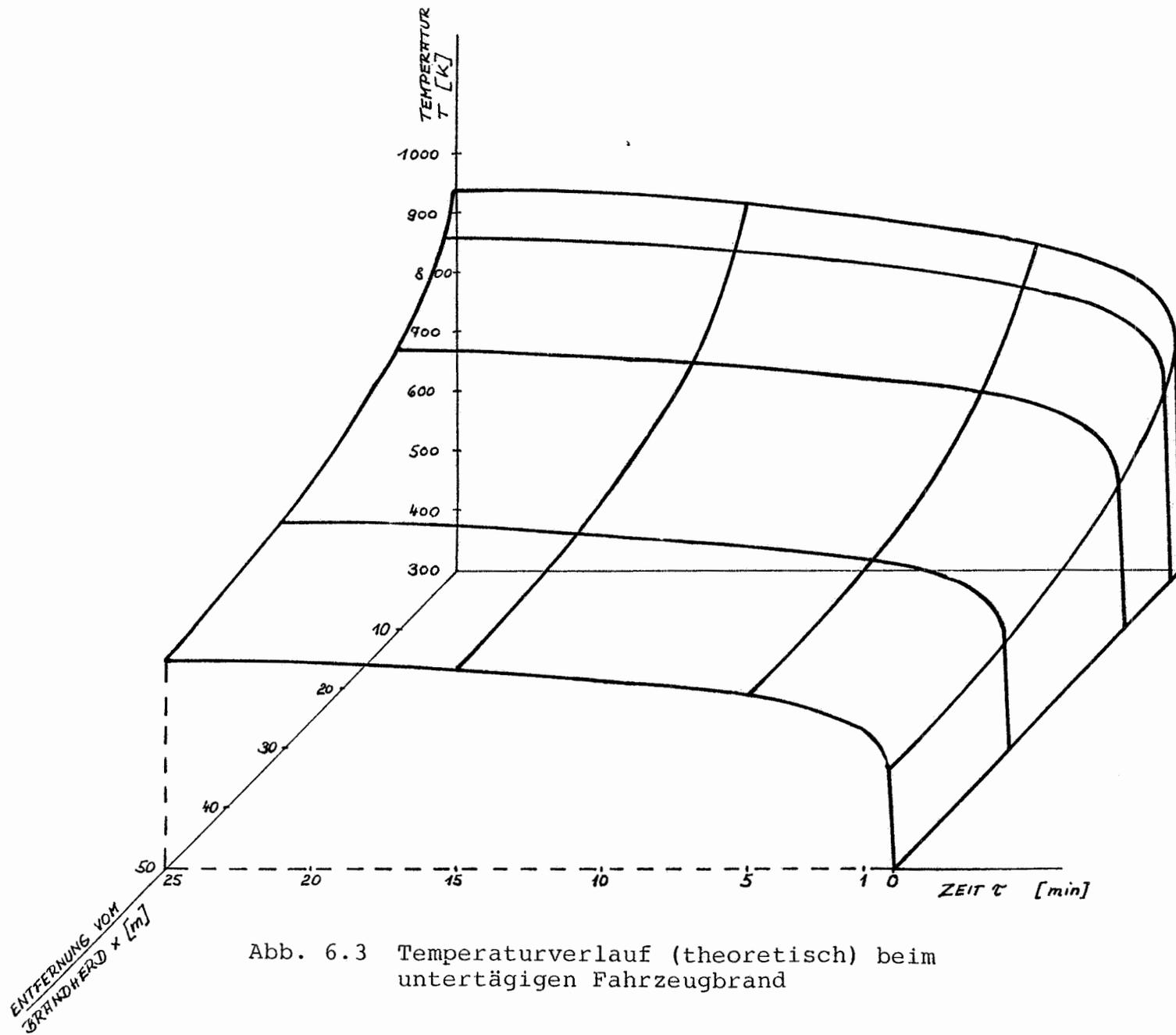


Abb. 6.3 Temperaturverlauf (theoretisch) beim untertägigen Fahrzeugbrand

Eine sinnvolle Abschätzung der Wärmeentwicklung bei Fahrzeugbränden untertage wird sich wahrscheinlich erst nach umfangreichen empirischen Untersuchungen angeben lassen (6.201). In diesem Zusammenhang wird auf die in Kapitel 6.6 aufgeführten untertägigen Fahrzeugbrandversuche verwiesen.

6.5.3 Analyse der recherchierten Fahrzeugbrände untertage

Für die Zusammenstellung der untertägig eingetretenen Fahrzeugbrände wurden schwerpunktmäßig die letzten 20 Jahre berücksichtigt. Hauptquellenmaterial waren die Berichte der Oberbergämter der Bundesrepublik Deutschland. Andere Unterlagen, mit Ausnahme weniger Fachberichte, lieferten keine konkreten, für eine Auswertung geeignete Daten. Da sich die westdeutschen Brandfälle auf dieselgetriebene Fahrzeuge beziehen, wurde zusätzlich eine amerikanische Studie über Brände elektrogetriebener Fahrzeuge herangezogen.

6.5.3.1 Brände an dieselgetriebenen Untertagefahrzeugen

Für den Zeitpunkt von 1965 bis 1981 wurden für den untertägigen Bergbau der Bundesrepublik Deutschland 26 Brände an Dieselfahrzeugen recherchiert und in Anlage 6.3 zusammengestellt. Hiervon entfielen 19 auf den Salz-, 4 auf den Steinkohlen- und 3 auf den Metall-erzbergbau (Tab. 6.8).

Bergbauzweig	Anzahl 1965 - 1981
Steinkohle	4
Erz	3
Salz	19
Summe	26

Tab. 6.8 Untertägige Fahrzeugbrände in den verschiedenen Bergbauzweigen der Bundesrepublik Deutschland

Allein 13 Brände sind LHD-Fahrzeugen zuzuordnen, 4 den Bohrwagen, jeweils 3 den Dieselkatzen und den Sprengfahrzeugen und jeweils 1 Brand den Befahrungsfahrzeugen sowie den Diesellokomotiven (Tab. 6.9). Eine zeitliche Tendaussage kann nicht getroffen werden.

Fahrzeugart	Anzahl 1965 - 1981
LHD	13
Sprengfahrzeug	3
Bohrwagen	4
Dieselkatze	3
Befahrungsfahrzeug	1
Diesellok	1
Tankfahrzeug	1
Summe	26

Tab. 6.9 An den Bränden beteiligte Fahrzeugarten

Die weitaus häufigste Brandursache war mit 8 Ereignissen elektrischer Kurzschluß; gefolgt von "Dieselöl auf heiße Maschinenteile" mit 5 Fällen und "Hydrauliköl auf heiße Maschinenteile" mit 4 Ereignissen (Tab. 6.10).

Beim Brandgut (Tab. 6.11) nehmen Dieselkraftstoff und Hydrauliköl die erste Position ein, gefolgt von einem Salzstaub/Hydrauliköl-Gemisch und Kabelummantelung (Tab. 6.11).

Brandursache	Anzahl 1965 - 1981
Kraftstoffleitung undicht, Diesel auf heiße Maschinenteile	5
Brennarbeiten	1
Hydraulikleitung defekt, Hydrauliköl auf heiße Maschinenteile	4
Kurzschluß	8
Heißgelaufene Bremsen	2
Motoröl	1
Radreibung	1
Defekter Auspuff	1
Nicht geklärt	3
Summe	26

Tab. 6.10 Brandursachen bei untertägigen Fahrzeugbränden in der Bundesrepublik Deutschland

Brandgut	Anzahl 1965 - 1981
Dieselmotorkraftstoff	5
Hydrauliköl / Salzstaubgemisch	4
Hydrauliköl	5
Kabelummantelung	4
Motoröl	2
Kunststoff - Hydraulikschläuche	2
Sprengstoff	1
Sonstige Fahrzeugteile (Reifen, Sitze)	2
Unbekannt	1
Summe	26

Tab. 6.11 Brandgut bei untertägigen Fahrzeugbränden in der Bundesrepublik Deutschland

Besonders gefährlich sind Undichtigkeiten des Hydrauliksystems, da bis zum Abschalten des Motors die Ölpumpe das Öl der Brandstelle zuführt. Bedeutsam in diesem Zusammenhang ist das Ergebnis statistischer Untersuchungen über Brandfälle von LHD-Geräten im amerikanischen Untertagebergbau. Danach schalteten nur wenige Fahrer im Brandfall den Motor aus. Übereinstimmend mit Reid (6.163) geben Fisch und Gurski (6.57) sowie Woodly (6.227) an, daß Brände von Gleislosgeräten im Zusammenhang mit Hydraulik- oder Dieselöl in der Mehrzahl während des Stillstandes des Fahrzeuges auftraten. Zur (6.229) und Reid (6.163) verweise ich in diesem Zusammenhang auf Faktoren wie Bedienungsart sowie Wartungs- und Reparaturgüte, also auf die Bedingung der Betriebspraxis und die Qualität der ausgeführten Arbeiten.

Im Hinblick auf die Brandbekämpfung bei den 26 recherchierten Fällen ist festzustellen, daß 15 Fahrzeuge eine bordfeste Löschanlage besaßen, die in 10 Fällen erfolgreich eingesetzt war. In 4 Fällen verlief der Löschversuch ohne Erfolg, wobei der Brand mit anderen Mitteln erfolgreich bekämpft worden war. In nur einem Fall brannte das Fahrzeug völlig aus. Mit Handfeuerlöschern verliefen die Löschaktionen nur zu 50 % erfolgreich (Tab. 6.12).

In mehreren Fällen mußten Löschangriffe abgebrochen werden, weil die Rauchgasbildung zu stark war oder die Temperatur für die Löschenden unerträglich wurde. Nach Fisch (6.163) ist die Brandbekämpfung ausschließlich von der Frischwetterseite her möglich; abwetterseitig können Rauchgas und Rußflocken die Strecken kilometerweit verseuchen.

Löschangriff	mit Erfolg	ohne Erfolg	ohne Erfolg, Fahrzeug ausgebrannt
Löschen mit bordfester Anlage	10		1
Löschen mit Handfeuerlöscher	6	5	1
Bordfeste Löschanlage vorhanden, aber Löschen mit anderen Mitteln (Salzstaub etc.)	4		
Summe	20	5	2

Tab. 6.12 Löschergebnis bei untertägigen Fahrzeugbränden in der Bundesrepublik Deutschland

6.5.3.2 Brände an elektrisch betriebenen, über E-Kabel versorgten Untertagefahrzeugen

In der statistischen Untersuchung der 1.014 untertägigen Brände im US-amerikanischen Kohlebergbau in der Zeit von 1955 bis 1977 (6.127) wird der Anteil der elektrisch verursachten Brände mit 61,8 % über den gesamten Untersuchungszeitraum angegeben. In den letzten acht Jahren des Untersuchungszeitraumes, von 1970 bis 1977, ist ein statistisch gesicherter Rückgang auf einen Anteil von 47,3 % feststellbar.

McDonald und Pomroy haben in diesem Zusammenhang auch die E-Kabelversorgung der Fahrzeuge näher untersucht (6.127) mit dem Ergebnis, daß von den Bränden aller durch E-Kabel versorgten Maschinen 71,4 % durch das Schleppkabel verursacht wurden.

Das ergibt einen Anteil von 25,1 % aller amerikanischen Untertagebrände im Gesamtuntersuchungszeitraum. Ein

leichter Rückgang der Kabelbrände ist in dem Zeitraum 1970 bis 1977 feststellbar (Tab. 6.13).

Beteiligte Einrichtungen	Erfassungszeiträume					
	1970 - 1977			1953 - 1977		
	Brände insgesamt	Kabelbrände	Kabelanteil	Brände insgesamt	Kabelbrände	Kabelanteil
Pendelwagen	8	7	87,5%	96	84	87,5%
Continuous Miner	5	1	20,0%	33	18	54,5%
Schrämmaschine	12	8	66,7%	150	96	64,0%
Ladefahrzeug	1	0	0,0%	47	35	74,4%
Ankerbohrwagen	6	1	16,6%	31	22	70,9%
Alle Fahrzeuge	32	17	53,1%	357	255	71,4%

Tab. 6.13 Kabelbrände (6.127) im amerikanischen Steinkohlentiefbau

Als Ursachen für die große Zahl von Kabelbränden im amerikanischen Steinkohlentiefbau werden genannt:

- mechanische Beschädigung durch Überfahren, Einquetschen, Löserfall;
- fehlerhafte Spleißung im Kabel;
- Kabelfehler durch interne Kurzschlüsse oder Kurzschluß mit dem Maschinengehäuse und
- Kabeltrommelfehler einschließlich Erhitzen des Kabels auf der Trommel.

Das Ergebnis des hohen Brandanteiles der E-Kabel bei bewegten Untertagemaschinen wurde hervorgehoben, weil es für die maschinentechnische Planung der Einlagerungsbetriebe von Bedeutung sein kann. Über Elektrokabel versorgte Fahrzeuge sind nach den Untersuchungsergebnissen der amerikanischen Studie wegen der hohen Brand-

gefährdung der E-Kabel nicht zu empfehlen (Abb. 6.4).

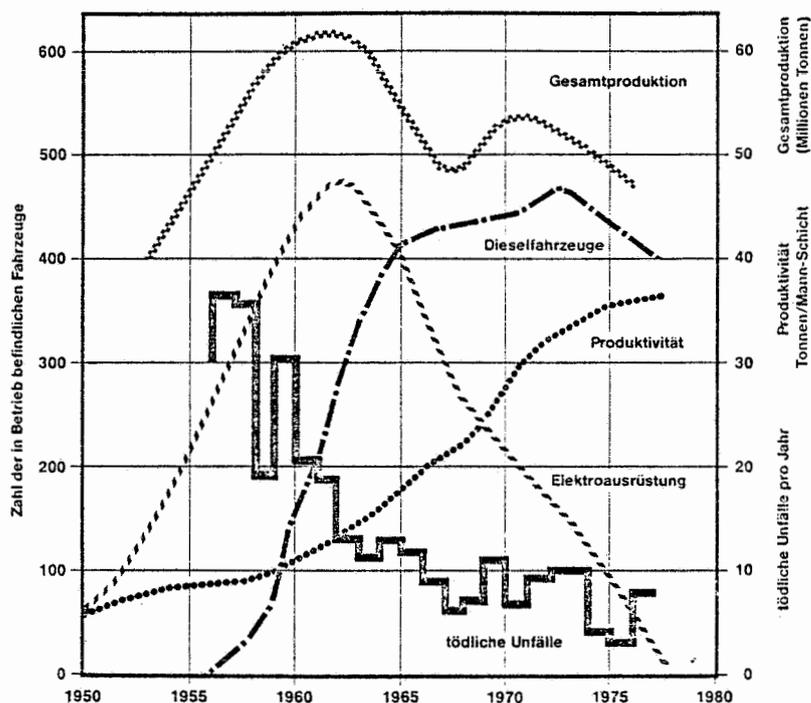


Abb. 6.4 Statistik aus den Werten von 30 Eisenerzbergwerken in Lothringen (nach Smith, 1981)

6.5.3.3 Alternative Fahrzeugantriebe

Bei der Auswahl der Antriebsarten für untertägige Gleislosfahrzeuge stehen dieselgetriebene und elektrisch angetriebene Fahrzeuge zur Auswahl. Letztere können über Batterien oder E-Kabel versorgt werden.

Dieselgetriebene Fahrzeuge sind mobil, entfernungsunabhängig, örtlich ungebunden, kompakt und ständig betriebsbereit. In schlagwettergefährdeten Betrieben sind Dieselfahrzeuge sicherheitstechnisch von Nachteil, da ihr Motor schlagwettergeschützt sein muß.

Batteriegetriebene Fahrzeuge sind in ihrer Leistung auf etwa 100 kW begrenzt. Es stehen Natrium-Sulfat-Batterien mit entsprechend stärkerer Batteriekapazität zur Diskussion. Die Brandgefährdung des Batteriebetriebes liegt in der Lichtbogenbildung, Überladung und Wasserstoffbildung (6.18); ist aber durch entsprechende Maßnahmen beherrschbar.

Über Elektrokabel versorgte Fahrzeuge haben eine begrenzte Reichweite von 80 m bis 120 m. Trotz selbsttätiger Kabelaufrollvorrichtung stellt das Schleppkabel eine ständige Betriebsstörung und Unfallquelle dar. Dies bedeutet aber nicht das eigentliche Sicherheitsrisiko, wie die Ausführungen der letzten Kapitel gezeigt haben. Daß im amerikanischen Steinkohlentiefbau trotzdem überwiegend elektrisch getriebene Gleislosfahrzeuge eingesetzt waren, begründet [REDACTED] (6.153) mit der oppositionellen Haltung der amerikanischen Bergarbeitergewerkschaft. Die Gewerkschaft vertrat die Ansicht, daß Dieselfahrzeuge aufgrund ihrer schädlichen Abgase ein Gesundheitsrisiko für die Bergleute darstellen. [REDACTED] führt als Beweis der geringen Unfallträchtigkeit der dieselgetriebenen Fahrzeuge eine Statistik aus dem lothringischen Erzbergbau an. Danach (siehe Abb. 6.4) ging die Zahl der Unfälle nach Umstellung von elektrisch- auf dieselgetriebene Fahrzeuge drastisch von 35 auf etwa 5 Unfälle pro Jahr zurück. Sicherlich hat der Unfallrückgang auch andere Ursachen, korreliert aber am stärksten mit der Fahrzeugumstellung. Durch neuere Entwicklungen wie die eines Elektro-Flachkabels der Fa. Ara/Finnland für LHD-Fahrzeuge (Int. Mining, Jan. 1984, S. 10) sollen einige der genannten Mängel behoben worden sein.

6.5.3.4 Firstfall als Brandfolge

Der Einfluß von Firstfällen in Abbauen, Strecken und Streckenvortrieben auf den Betrieb von Gleisloshfahrzeugen wird in Kapitel 5 über Fahrzeugkollisionen abgehandelt. Es kann allerdings auch zu Firstfällen als Folge von Bränden kommen. Häfner u.a. (6.81) berichteten über untertägige Versuche im Steinsalz, bei denen 32 m Fördergurt mit einem Gesamtgewicht von 800 kg innerhalb einer Stunde abbrannten. Kurz nach der Zündung traten bereits bei Temperaturen von 300 °C Firstfälle über dem Brandherd mit 0,1 m bis 0,2 m mächtigen und bis zu 3 m² großen Platten auf. Trotz Ankerung war die gesamte Streckenbreite und eine Streckenlänge bis zu 20 m hinter dem Brandherd in Abwetterrichtung betroffen.

Fisch und Gurski (6.57) hoben in ihrer Untersuchung über Fahrzeugbrände hervor, daß es beim Vollbrand eines Fahrzeuges zu einer sehr starken, aber flächenmäßig eng begrenzten Aufheizung der Firste unmittelbar über dem Brandherd mit nachfolgendem Firstfall kommt.

Während der Brandversuche an Fördergurten in einer Schrägstrecke des Metallerzbergwerkes Ramsbeck ist es nach Heyn (6.226) gleichfalls zu starken Abplatzungen von Schalen aus der Firste gekommen. Nach Ankerung dieser Strecke mit einem Anker pro m² sind selbst bei höheren Temperaturen keine Firstfälle mehr aufgetreten.

In zwei Brandfällen der Anlage 6.3 wird Löserfall als Folge hoher Brandtemperaturen angegeben.

6.6 Untertägige Fahrzeugbrandversuche

Es wurde mehrfach auf das Fehlen konkreten Datenmaterials über Brandverläufe hingewiesen und die Notwendigkeit praktischer Brandversuche unterstrichen.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Versuchsgrube Tremonia bot sich kurzfristig die günstige Gelegenheit der Beteiligung an praktischen Brandversuchen untertage.

Die Versuche auf der Grube Tremonia hatten zum Ziel, die Auswirkungen eines Gleislofahrzeugbrandes auf die Ortsbelegschaft in einer sonderbewetterten Strecke zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde in der Abwetterstrecke der Brandstrecke auf der vierten Sohle der Versuchsgrube Tremonia in Dortmund eine Attrappe eines Gleislofahrzeuges aufgestellt und ein Meßplan mit den Verfassern abgestimmt. Zur Messung des Brandverlaufes wurden 14 Thermoelemente in die Fahrzeugattrappe eingebaut und jeweils fünf Thermoelemente auf den Streckenquerschnitt verteilt und zwar in 3 m-Abständen über eine Streckenlänge von 25 m. Im weiteren Streckenverlauf wurden alle 10 m zwei Thermoelemente jeweils über der Sohle und unter der Firste installiert. Zur Rauchgasbestimmung wurden Gasmessstellen für CO, CO₂, O₂ und CH₄ eingerichtet. Den Wünschen der Verfasser folgend konnten zusätzlich Versorgungsleitungen wie E-Kabel, Druckluft- und Wasserleitungen eingebaut werden, um auch an diesen Einrichtungen die Brandauswirkungen zu beobachten. Zudem war die fotografische/filmische Aufzeichnung des Brandverlaufes empfohlen. Der Stahlbogenausbau der Strecke war im Brandbereich auf 25 m durch feuerfesten Spritzbeton geschützt.

Die Brandlast wurde von Versuch zu Versuch erhöht, wobei zu einer gleichbleibenden Grundbrandlast von 32 kg Fördergurtmasse, 9 kg Holzwolle und 3,5 kg Putzwolle eine variable Brandlast hinzukam. Letztere wurde gesteigert von anfangs 20 l über 40 l bis zu 200 l Dieselkraftstoff, darüber hinaus mit bis zu 4 Lkw-Reifen und 200 l Hydrauliköl.

Der Brand entwickelte sich sehr rasch innerhalb weniger Minuten. Die Branddauer betrug 15 bis 20 Minuten für kleine Brandlasten und etwa eine Stunde bei den großen Brandgutmengen.

Es wurden maximale Temperaturen von 1.200 °C am Fahrzeug gemessen. Bei den stärkeren Bränden konnten erhebliche Zerstörungen an den Streckeneinbauten beobachtet werden, wobei der Streckenausbau keine Zerstörungen aufwies.

Der Ablauf der Versuche mit Ergebnissen über den Brandverlauf und die Temperaturentwicklung sind dem Anhang 4 zu entnehmen.

6.7 Brand als Störfall während des Einlagerungsbetriebes

Damit ein Brand gezündet werden und sich ausbreiten kann, müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein. Es muß:

- Brandgut in genügender Menge zur Verfügung stehen;
- Sauerstoff in ausreichendem Maße vorhanden sein und
- eine Zündquelle die zur Einleitung der Verbrennung erforderliche Zündenergie liefern.

Da sich keine der drei Voraussetzungen für einen Brand vollkommen ausschließen läßt, kann es auch in einem Endlagerbergwerk zu Bränden kommen. Andererseits bieten die verfügbaren technischen Mittel, wenn sie nach den im Betrieb gemachten Erfahrungen richtig angewendet werden, ständig neue Möglichkeiten zur Verbesserung des Brandschutzes. Zudem kann durch organisatorische Maßnahmen das Brandrisiko minimiert werden.

6.7.1 Beurteilung der untertägigen Brände allgemein

Die am häufigsten aufgetretenen Zündursachen sind Reibung und Heißlaufen von Maschinen sowie Fehler an elektrischen Anlagen mit der Folge des Überhitzens bzw. Initiierens von Brandgut durch Kurzschluß oder Lichtbogen. Förderbänder sind in diesem Zusammenhang die gefährdetsten maschinellen Einrichtungen. Da in den geplanten Endlagerbetrieben Gummigurtförderbänder nicht vorgesehen sind, können die Erfahrungen aus den realen und experimentellen Fördergurtbränden nur mittelbar verwertet werden. Danach muß insbesondere auf geeignete Brandbekämpfungsmaßnahmen wie beispielsweise selbsttätige Löscheinrichtungen in den Strecken, auf die Bedeutung von Alarmplänen mit geeigneten Frühwarnsystemen sowie auf die Schulung des Personals hingewiesen werden. Die meßtechnische Erfassung von Daten zur Auslösung frühwarnender Systeme und selbstlöschender Einrichtungen muß allerdings bei untertägigen Einsätzen als problematisch und als bisher nicht befriedigend gelöst angesehen werden.

Die Zündursache "Schweiß- und Trennarbeiten" spielt im Steinkohlenbergbau eine besondere Rolle, dürfte aber

bei den zu betrachtenden Betrieben - öl- und kraftstofffreie, saubere Arbeitsplätze unterstellt - ohne Bedeutung sein.

Auf die Gefährdung im Zusammenhang mit Sprengarbeiten und Explosionen/Abflammungen wird in dem Kapitel 9 näher eingegangen.

Der Brand allgemein stellt für die Endlagerbetriebe Asse, Gorleben und Konrad somit keinen Störfall dar.

6.7.2 Störfalleinschätzung der Fahrzeugbrände

Dem Brand von Fahrzeugen haben die Autoren besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da er für die Schachtanlagen Asse, Konrad und Gorleben störfallmäßig relevant ist.

Es wurde zwischen elektrisch- und dieselgetriebenen Fahrzeugen unterschieden. Die Analyse ergab, daß elektrisch betriebene Gleisloshfahrzeuge wegen der hohen Gefährdung des Schleppkabels für einen Endlagerbetrieb nicht zu empfehlen sind. Erfahrungen mit dem neu entwickelten Elektroflachkabel wurden hierbei nicht berücksichtigt. Bei dieselgetriebenen Fahrzeugen besteht eine permanente Brandgefährdung durch Undichtigkeit von Kraftstoff- und Hydraulikleitungen, d.h. der Leitungsinhalt kann auf heiße Maschinenteile auftreffen und in Brand geraten. Kurzschlüsse in den elektrischen Anlagen - aus unterschiedlichsten Ursachen - initiieren Öl/Staubverkrustungen und leiten damit ebenfalls einen Fahrzeugbrand ein.

In Tab. 6.14 ist eine Abschätzung versucht worden über die jährlichen Fahrzeugbrände. Die über einen Zeitraum von 10 Jahren von 1972 bis 1981 aufgetretenen Fahrzeugbrände in den Oberbergamtsbezirken Clausthal-Zellerfeld und Wiesbaden sind in Relation gesetzt worden zu der Gesamtzahl der in diesen Bezirken eingesetzten Gleislosfahrzeuge. Danach stehen durchschnittlich 1.041 eingesetzte Gleislosfahrzeuge einem jährlichen Brand gegenüber.

Auch hier gelten die Einschätzungen des Kapitels 5 zu den Häufigkeitsaussagen.

Jahr	Anzahl der Gleislosfahrzeuge: Bohrwagen, Sprengfz., Ladefz., Fz. zur Personbeförderung			Anzahl der Brände an Gleislosfahrzeugen im OBA Clausthal-Z. u. OBA Wiesbaden
	OBA Clausthal-Z.	OBA Wiesbaden	Summe	
1972	671	390	1061	-
1973	750	420	1170	2
1974	780	445	1225	2
1975	810	462	1272	-
1976	830	536	1366	-
1977	845	522	1367	2
1978	853	556	1409	2
1979	860	613	1473	-
1980	942	620	1562	2
1981	961	671	1632	3
10 Jahre			13.537	13
Relation Brand pro Jahr zur Anzahl der eingesetzten Gleislosfahrzeuge				1 : 1041

Tab. 6.14 Zusammenstellung eingesetzter Gleislosfahrzeuge und eingetretener Fahrzeugbrände

Unter Berücksichtigung der nachstehenden, maschinentechnischen Forderungen und Einhaltung der geforderten sicherheitstechnischen Maßnahmen kann der Fahrzeugbrand für die geplanten Endlagerbetriebe als Störfall nahezu ausgeschlossen werden. Die Auswirkungen des Brandes auf das Transportgut bleiben von dieser Aussage unberührt.

6.7.3 Katalog zur Verhütung von Fahrzeugbränden in Endlagerbetrieben

Als konkretes Ergebnis der Untersuchung der untertägigen Brände im allgemeinen und der Fahrzeugbrände im besonderen werden nachfolgend maschinentechnische Schutzmaßnahmen und Brandbekämpfungsmittel zur Diskussion gestellt, um das Fahrzeugbrandrisiko in Endlagerbetrieben zu minimieren. Ein Teil dieser Maßnahmen ist zwischenzeitlich eingeführt, andere wiederum sind neu.

6.7.3.1 Fahrzeugtechnische Schutzmaßnahmen

1. Fahrzeugkonstruktion

- Die Installation von Innentemperaturdetektoren soll die Temperatur für Motorteile, Schmierflüssigkeit, Auspufftopf, Bremsen u.a. begrenzen. Zielsetzung ist die rechtzeitige Abschaltung des Motors, bevor die kritische Temperatur erreicht wird bzw. das Kühlsystem nach Motorabschaltung noch in Betrieb zu halten, da erfahrungsgemäß ein Großteil der Fahrzeugbrände erst nach Abschalten des Motors eingetreten ist.
- Die kritischen Temperaturen müßten unter der Zündtemperatur des Brandgutes liegen, d.h. für Schmierfette unter 200 °C, für Kunststoffe unter 300 °C und für Reifengummi unter 460 °C.

- Eine Überhitzung von Maschinenteilen wie Motor, Getriebe und Auspuff ist durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden.
- Kraftstoff- und Hydraulikleitungen sollten nicht mit Elektrokabeln zusammen verlegt werden; beide Versorgungsleitungen wiederum nicht an Hitze Stellen vorbeigeführt werden. Auf Mindestabstände der Fahrzeugbauvorschriften (5.71) wird verwiesen.

2 Materialien

- Hydraulikflüssigkeiten mit einem Flammpunkt $> 200^{\circ}\text{C}$ sollten vor allem für Ausleger- und Hubzylinder, hydraulische Getriebe und Drehmomentwandler eingesetzt werden (5.72).
- Schläuche, Sicherheitsgurte und Kabelummantelungen sollten aus schwer brennbarem Material gefertigt sein.
- Der Einsatz schwer brennbarer Reifen wird empfohlen. Die Entwicklung selbstlöschender Reifen sollte verfolgt werden.

3 Fahrzeugbetrieb

- Die Fahrzeuge sollten regelmäßig von öldurchtränkten Stäuben bzw. Salzkrusten gereinigt werden.
- Zur effektiveren Fahrzeugsäuberung sollten untertägige Reinigungsanlagen eingerichtet werden.

6.7.3.2 Brandbekämpfungsmittel

- Jedes Fahrzeug muß über eine bordfeste Fahrzeuglöschanlage verfügen, bestehend aus Löschgerät, Auslösemechanismus und Steuergerät zur Auslösung. Das automatische Auslösesystem sollte auch manuell auslösbar sein und gleichzeitig der Alarmgebung dienen.
- Die Entwicklung fest installierter Löschanlagen in den Strecken mit automatischen, temperaturabhängigen Auslösemechanismen sollte verfolgt werden, um einen ersten, schnellen Löschangriff zu gewährleisten.
- Überdruckkammern zur Flucht des Personals bei Bränden sind einzurichten.

7 Gebirgsmechanische Störfälle

Gebirgsmechanische Störfälle als Folge offenstehender untertägiger Grubenräume können sich auf verschiedene Weise auswirken. Eine großflächige Auswirkung gebirgsmechanischer Störfällerscheinungen stellt der Gebirgsschlag dar.

In den die offenen Grubenräume überlagernden Gebirgsschichten oder in Stützpfeilern um offene Grubenräume herum wird die durch den Gebirgsdruck entstehende Energie gespeichert. Erst beim Überschreiten einer vom Einzelfall abhängigen bestimmten Größenordnung des Gebirgsdruckes kommt es zu einer plötzlichen explosionsartigen Entspannung des Gebirges. Die dabei freiwerdende potentielle Energie wirkt sich als kinetische Energie in Gestalt einer Druckwelle und des Zubruchgehens meistens größerer Flächen der betroffenen Grubenräume aus.

Der Löserfall ist örtlich sehr begrenzt als ungewolltes Hereinbrechen einzelner Gesteinsplatten oder Gesteinsbrocken in einen vorhandenen Grubenraum. Er entsteht als Folge der Auflockerung des Gebirges um einen hergestellten Grubenraum herum. Aufgerissene Klüfte formen den Löser und lassen ihn unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes aus dem Gebirgsverband heraus der Schwerkraft folgend in den Grubenraum fallen.

Das Zubruchgehen von Grubenräumen kann - ähnlich dem Löserfall - durch Hereinbrechen der Auflockerungszone über einem Grubenraum eintreten. Dieser Vorgang ist dann örtlich begrenzt und durch die Gebirgsverhältnisse verursacht. Im Zusammenhang mit Gebirgsschlägen können ebenfalls Grubenräume zu Bruch geworfen werden.

Hier handelt es sich dann meistens aber um größere betroffene Flächen.

7.1 Gebirgsschläge

Der geologische Aufbau und die gebirgsmechanischen Gegebenheiten in Salzdiapiren des Hannoverschen Typs und die bisherigen Erfahrungen beim Abbau von Lagerstätten dieser Art schließen den Störfall Gebirgsschlag für die Bergwerke Asse und Gorleben aus. Dies ist auch im Gutachtervertrag angedeutet, so daß sich weitere Ausführungen zur Gebirgsschlagproblematik für die beiden Bergwerke erübrigen.

Auch für das Bergwerk Konrad kann die Gebirgsschlaggefahr ausgeschlossen werden. Die Zusammensetzung und die tektonischen Verhältnisse in den Deckengebirgsschichten des Eisenerzlagers Konrad lassen erkennen, daß ein Speichervermögen im Sinne einer Gebirgsschlagbildung nicht vorhanden ist. Die im Bereich der Lagerstätte vorhandenen Mergelton- und Mergelkalksteinschichten mit nachweisbaren Kluftsystemen reagieren auf Beanspruchung mit sofortiger elastoplastischer Verformung. Diese mit einer stetigen Absenkung verbundene Reaktion auf Gebirgsdruck setzt sich auch bis zu Tage fort. Markscheiderische Messungen während der Betriebsphase des Eisenerzbergwerks Konrad bestätigen dieses Gebirgsverhalten. Im übertägigen Bereich wurden Senkungen festgestellt, die in eindeutigem Zusammenhang mit den untertägigen Grubenräumen und ihrer Konvergenz gebracht werden konnten. Der Spannungszustand im Gebirge wurde in der Größenordnung des Überlagerungsdruckes ermittelt. Auch diese Tatsache bestätigt, daß

sich im Gebirge keinerlei Gebirgsschlag bildende Energie gespeichert hat.

7.2 Löserfall

Solange ein Gebirgsverband nicht gestört wird, befindet sich das Gebirge in einem Zustand des Gleichgewichts. Nach der Herstellung eines Grubenbaues beginnen die Massenteilchen, in den Hohlraum hineinzuwandern. Die wirksam werdenden Kräfte lassen sich beispielhaft an einem runden Querschnitt (Abb. 7.1) darstellen als auf den Grubenbau gerichtete mit radialen und in tangentialen Komponenten. Die radialen Komponenten sind in ihrer Wirkung als Konvergenz feststellbar. Die Größenordnung der Konvergenz ist abhängig von der Zusammensetzung und der Struktur des umgebenden Gebirges sowie auch von der Teufe. Die tangentialen Spannungen nehmen vom

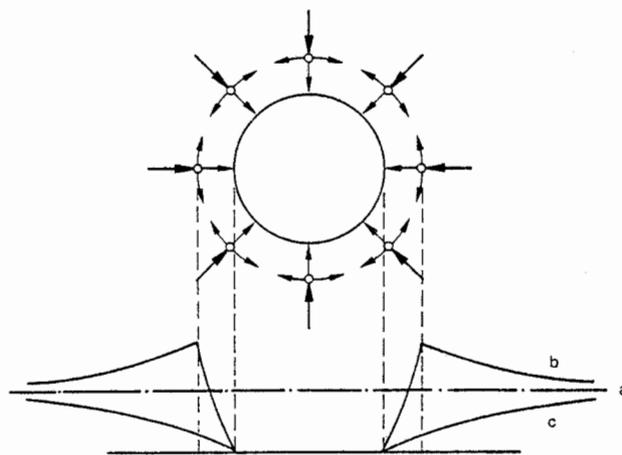


Abb. 7.1 Spannungen um einen runden Hohlraum (7.2)

- a) Ruhedruck
- b) Tangentiale Druckkomponente
- c) Radiale Druckkomponente

Umfang des Grubenraumes aus bis zu einer parallel dazu verlaufenden Linie der Maximalspannung zu. Es bildet sich eine Art Gewölbe heraus. Der Grubenbau zwischen dieser Linie und der offenen Fläche wird von einer mehr oder weniger entspannten Zone umgeben. Innerhalb dieser Zone treten sekundäre Spannungen auf. Je nach der Ausdehnung dieser Zone können die Spannungen, entweder durch Beräumen oder Hereinbrechenlassen der Spannungszone oder durch Ausbaumaßnahmen beherrscht werden. Im ersteren Fall bildet sich ein Querschnitt des Grubenraumes, der etwa dem Verlauf der Maximallinie der Tangentialspannungen entspricht, d.h. ein hinreichend standfestes Gewölbe. Im zweiten Fall wird die gewölbeartige Wirkung häufig mit Hilfe von Gebirgsankern erreicht und damit die entspannte Zone zu einer Art Neuverfestigung gebracht.

Die Verhältnisse in den im Salzgebirge angelegten Bergwerken (Asse und Gorleben) und in dem in einem Eisenerzlager betriebenen Bergwerk (Konrad) sind grundsätzlich hinsichtlich des Löserfalls beherrschbar. Sie unterscheiden sich in der Stabilität des Gebirges und erfordern daher ein unterschiedliches Vorgehen bei der Absicherung der Grubenräume.

Zum Zeitpunkt der Herstellung eines Grubenraumes kann zweifellos ein Löserfall niemals gänzlich ausgeschlossen werden, da Sicherungsmaßnahmen durch Berauben oder das Einbringen von Ausbau immer erst zu einem etwas späteren Zeitpunkt möglich sind. Da in der vorliegenden Studie nur Störfälle im Einlagerungsbetrieb selbst betrachtet werden, sind die Verhältnisse in Vorrichtungsbetrieben für Strecken oder Einlagerungskammern nicht in die Untersuchung einbezogen worden.

7.2.1 Löserfall in den Bergwerken Asse und Gorleben

Die Gebirgsverhältnisse in den Bergwerken Asse und Gorleben können als gleichartig angesehen werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß in beiden Bergwerken das jüngere oder ältere Steinsalz die formationsmäßige Grundlage für die Grubengebäude bilden.

Die Grubenräume im Salzbergbau werden vorläufig noch vorwiegend mit Bohr- und Sprengarbeit hergestellt. Es ist dabei wichtig, daß die Bohrlöcher am Umfang des aufzufahrenden Grubenraumes genau parallel zur Vortriebsrichtung hergestellt werden, da Unregelmäßigkeiten in Firste oder Stößen leicht zum Ausbruch von Salzgestein (Löserfall) führen können. Auch bei ordnungsgemäßem Sprengbetrieb, d.h. parallel verlaufenden Bohrlöchern ist eine Auflockerung des Gebirges in der Umgebung der Bohrlöcher nicht zu verhindern. Die entsprechende Auflockerungszone reicht bis etwa 40 cm in das den Grubenraum einfassende Gebirge hinein und schwächt den Gesteinsverband- Unabhängig davon bildet sich zusätzlich die schon im vorherigen Kapitel erwähnte Entspannungszone, die ihre Begrenzung in einem gewölbeartigen weitgehend elliptischen Querschnitt findet, wie dieser in der Abb. 7.2 dargestellt ist.

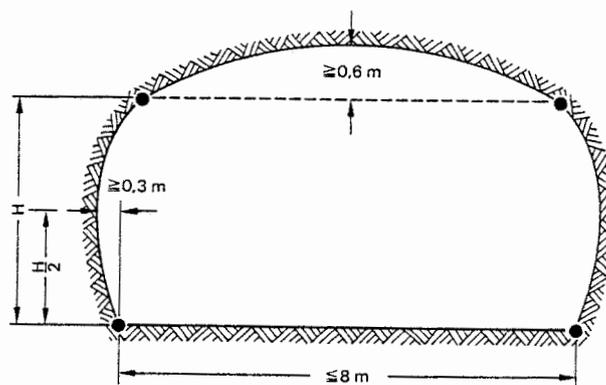


Abb. 7.2 Gebirgsmechanisch günstigster Streckenquerschnitt nach neueren Erfahrungen im Kali- u. Steinsalzbergbau (7. 2)

Innerhalb eines derartigen Profils des offenen Grubenraumes können die Gebirgsverhältnisse als stabil angesehen werden und damit der Löserfall beherrschbar ist. Entsprechende Erfahrungen aus dem Kali- und Steinsalzbergbau in jüngster Zeit liegen vor. Diese beziehen sich auch auf Teufen von 800 - 1000 m, wie sie in Gorleben größenordnungsmäßig zu erwarten sind. Sollten sich wegen der Teufenverhältnisse trotz der besonderen Formgebung der Strecken infolge von Konvergenz Standfestigkeitsprobleme ergeben, müßte von Zeit zu Zeit nachgeschnitten werden.

Im Bergwerk Asse sind neue Grubenräume vorwiegend noch in dem in der Vergangenheit üblichen eckigen Querschnitt aufgefahren worden. Für diese Grubenräume muß jeweils im Einzelfall geklärt werden, wie weit sie hinreichend standfest gegen Löserfall sind. Ausbaumaßnahmen durch Ankerung oder ein Nachreißen des Streckenprofils auf die zweckmäßigere elyptische Profilform sind dann vorzusehen. Für zukünftige Strecken sollte das gewölbeartige Profil in Erwägung gezogen werden. Die Erfahrungen der Vergangenheit lassen es angeraten erscheinen, für das Bergwerk Gorleben grundsätzlich das Gewölbeprofil vorzusehen.

7.2.2 Löserfall im Bergwerk Konrad

Die mineralogische Zusammensetzung und die tektonischen Verhältnisse im alten Erzlager Konrad erfordern zur sicheren Vermeidung von Löserfällen gebirgsstabilisierende Ausbaumaßnahmen. Die langjährigen Erfahrungen beim Betrieb des Eisenerzbergwerks haben zu dem Ergebnis geführt, daß bei systematischem Ankerausbau mit

Baustahlgewebe oder Maschendraht als Verzug die vollständige Sicherheit der Grubenbaue gegen Nachfall gewährleistet ist (7.10).

Nachdem man in der ersten Phase des Eisenerzbergbaues weitgehend ohne Anker Ausbau vorgegangen war, stellten sich Schwierigkeiten in der Beherrschung des Gebirgsdruckes heraus. Der daraufhin eingeführte Anker Ausbau konnte durch intensive Entwicklungsarbeiten so modifiziert werden, daß er für die Verhältnisse des Bergwerks Konrad die Gewähr für eine Beherrschung des Gebirgsdruckes bietet. Maßgebend hierfür sind

- die ausreichende Ankerlänge zwischen 1,5 m,
- eine hinreichende Ankerdichte und
- die Verwendung von Maschendraht als Verzug, um damit Ausbrüche kleinerer Schalen abzufangen (siehe Abb. 7.3)

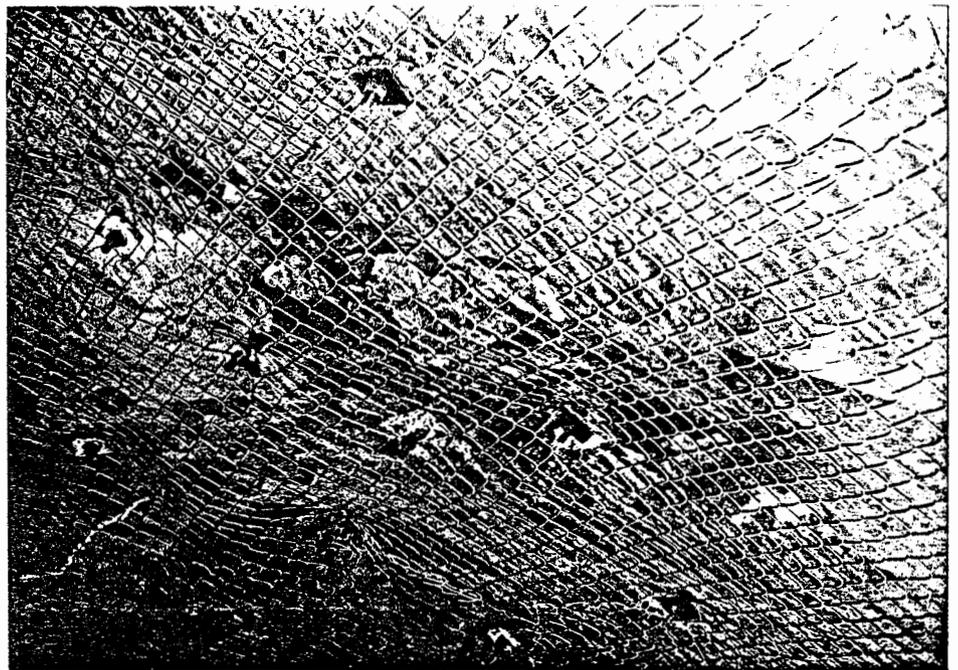


Abb. 7.3 Sicherungsfunktion des Maschendrahtes gegen Steinfall kleiner und mittlerer Gesteinsbrocken

7.3 Zubruchgehen von Grubenräumen

Für die Verhältnisse in den Bergwerken Asse und Gorleben kann aufgrund der bisherigen Erfahrungen im Kali- und Steinsalzbergbau der steilen Lagerung geschlossen werden, daß ein Zubruchgehen von Strecken oder größeren Grubenräumen auszuschließen ist. Wenn bedacht wird, in welcher großer Zahl mit verhältnismäßig kleinen horizontalen und vertikalen Zwischenpfeilern Kammererbaue im Bergwerk Asse seit längerer Zeit offenstehen, so wird die Stabilität des Steinsalzgebirges sehr deutlich. Aus der Vergangenheit ist kein Fall des Zubruchgehens einer Abbaukammer oder einer Strecke bekannt. Wichtig ist die richtige Bemessung der zwischen den Grubenräumen verbleibenden Salzpfeiler.

Für das Bergwerk Konrad kann das Zubruchgehen von Grubenräumen ebenfalls ausgeschlossen werden. Die in den bisherigen Planungen vorgesehenen Pfeilerstärken zwischen den Einlagerungskammern beruhen auf Erfahrungen aus der Vergangenheit und sind als ausreichend zu akzeptieren. Das Zubruchgehen von Abbaukammern aufgrund größerer Druckerscheinungen infolge zu geringer Pfeilerstärken ist damit auszuschließen. Im übrigen ist noch einmal darauf hinzuweisen, daß nicht die Verhältnisse in Vorrichtungsbetrieben betrachtet werden, wo es im Ausnahmefall auch einmal zu größeren bruchähnlichen Überbrissen vor dem Einbringen des Ausbaues kommen könnte.

8 Ausfall des Hauptventilators oder von Sonderbewetterungsanlagen

Die Untersuchungen zu den beiden Störfällen dieses Kapitels wurden gemeinsam mit der Westfälischen Berggewerkschaftskasse durchgeführt. Von dort liegt ein umfassender Bericht vor, der als Anhang 5 dem Gesamtbericht beigelegt ist. Die Berichterstattung in diesem Kapitel stellt eine Zusammenfassung des vorher genannten Berichtes der WBK dar.

8.1 Ausfall des Hauptventilators

8.1.1 Allgemeines zur Bewetterung von Bergwerken

Die Bewetterung eines Bergwerkes hat im wesentlichen die Aufgaben

- eine für die Atmung der untertage beschäftigten Personen ausreichende Menge an Sauerstoff bereitzustellen,
- in die Grubenbaue eintretende schädliche Gase auf unschädliche Konzentrationen zu verdünnen und nach übertage abzuführen sowie
- für die Arbeit untertage geeignete klimatische Verhältnisse aufrecht zu erhalten.

Für die Atmung der Belegschaft im Nichtkohlenbergbau wird nach den bergbehördlichen Vorschriften ein Wetterstrom je Person von mindestens $2 \text{ m}^3/\text{min}$ vorgeschrieben. Für die anderen beiden Aufgaben der Wetterführung werden erheblich größere Wettermengen benötigt. Als schädliche Gase, die in den Endlagerbergwerken regelmäßig zu erwarten sind, kommen Abgase von Dieselfahrzeugen und Sprengschwaden in Frage. Sprengschwaden treten in

der Regel in hohen Konzentrationen, aber nur kurzzeitig auf, so daß eine Gefährdung der Belegschaft vermieden werden kann, wenn Sprengungen zwischen den Schichten bei nicht belegter Grube durchgeführt werden. Der Einsatz von Dieselfahrzeugen ist dagegen ein entscheidendes Kriterium für die Bemessung der Wetterströme. Soweit zusätzlich schädliche Gase im Grubengebäude zu erwarten sind, wie z.B. Methan, müssen entsprechend größere Wettermengen bereitgestellt werden. Zur Schaffung zufriedenstellender klimatischer Verhältnisse untertage ist es erforderlich, mit Hilfe der Wetterführung die zutretende Gebirgswärme und die Abwärme von Maschinen hinreichend abzuführen und hierfür entsprechende zusätzliche Wettermengen bereitzustellen, so daß eine unzulässig große Erwärmung der Wetter vermieden wird.

Ein ständiger Wetterstrom der erforderlichen Größe wird durch Hauptventilatoren erzeugt, die im Ausziehschacht über- oder untertage aufgestellt sind. Die Verteilung der Wetter auf die Betriebspunkte im Grubengebäude erfolgt in den einzelnen Wetterwegen durch geeignete Drosselung oder durchgehende Teilwetterströme.

Nicht durchschlägige Grubenbaue, z.B. Streckenvortriebe, müssen mit Sonderbewetterungsanlagen wettertechnisch versorgt werden.

Auch bei einem Stillstand des Hauptventilators kommt die Wetterbewegung im Grubengebäude nicht zur Ruhe, da in der Regel die Wettertemperatur im Ausziehschacht aufgrund der Wärmeaufnahme der Wetter im Grubengebäude größer als die Temperatur im Einziehschacht ist und somit ein thermischer Auftrieb entsteht. Dieser sogenannte "natürliche Auftrieb" bewirkt bei verminderter

Größe der Wetterströme eine Bewegung des Hauptwetterstroms in normaler Wetterrichtung. Lediglich bei hohen Außentemperaturen, wie beispielsweise an heißen Sommertagen, kann der natürliche Auftrieb unzureichend sein oder ganz ausfallen, da die Temperaturverhältnisse über- und untertage nahezu ausgeglichen sind.

8.1.2 Ursachen und Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall des Hauptventilators

Als Ausfall des Hauptgrubenlüfters wird nach den gültigen bergbaulichen Bestimmungen ein außerplanmäßiger Stillstand für einen Zeitraum von mehr als 20 Minuten bezeichnet. Planmäßige Stillstände von Hauptgrubenventilatoren gelten nicht als Ausfall. Ursachen für Ventilatorausfälle sind

- Schäden an Hauptbaugruppen des Ventilators,
- Schäden an Nebenbaugruppen der Ventilatoranlage, wie z.B. Wetterschieber, Diffusor, Wetterkanal,
- allgemeiner Netzausfall,
- Überschreitung der Abreiß- oder Pumpgrenze,
- Überschreitung zulässiger Schwingungswerte,
- Fehlauslösung von Überwachungselementen,
- Fehlbedienung durch das Ventilatorpersonal und
- Fremdeinwirkungen, wie z.B. Wassereinbrüche oder Bergschäden.

Aufgrund von Erfahrungen im Steinkohlenbergbau sind die Ursachen für Ventilatorausfälle in erster Linie auf Schäden an den Hauptbaugruppen zurückzuführen. Weitere Schadensursachen können Netzausfälle und die Über-

schreitung zulässiger Schwingungswerte sein. Die anderen aufgeführten Störursachen sind grundsätzlich auch denkbar. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ist jedoch im Vergleich zu den vorher genannten sehr gering bzw. durch Überwachungen weitgehend ausgeschaltet.

Nach Erfahrungen im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik Deutschland sind in den letzten fünf Jahren etwa 15 Totalausfälle bekannt geworden. Rechnet man weiterhin mit einer "Dunkelziffer" der gleichen Größenordnung, würde dies pro Ventilator eine Ausfallquote von etwa 1 Totalausfall in 16 Jahren Betriebsdauer bedeuten. Ermittlungsgrundlage dieser Angabe sind die zur Zeit betriebenen 100 Hauptventilatoren im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik mit einer jährlichen Betriebszeit von etwa 800.000 h insgesamt.

Die Zahl der Totalausfälle ist u.a. deswegen sehr gering, weil verschiedene Baugruppen, wie z.B. Lager oder Beschaufelungen, vor Erreichen ihrer statistischen Lebensdauer im Sinne vorbeugender Instandhaltung bei anstehenden Revisionsarbeiten bereits erneuert werden. Die regelmäßigen Überprüfungen der Ventilatoren aufgrund der behördlichen Vorschriften sind als weiterer Grund für die weitgehende Ausschaltung von Totalausfällen zu nennen. Die Ausfallrate bei neuen Ventilatoren wäre wahrscheinlich noch geringer, denn unter den derzeit betriebenen 100 Hauptventilatoren des Steinkohlenbergbaues befinden sich auch solche mit einem Alter von mehr als 40 Jahren.

Bei Würdigung dieser Erfahrungswerte kann schon im jetzigen Stadium der Betrachtung der Störfall "Ausfall des Hauptgrubenlüfters" als nicht relevant betrachtet werden. Es wird auch nicht erforderlich sein, Reservegrubenlüfter vorzuhalten, die bei Ausfall sofort in Betrieb genommen werden können, es sei denn, dies ist aufgrund des Zutritts größerer Mengen schädlicher Gase aus dem Gebirge erforderlich.

Wenn darüber hinaus bedacht wird, daß der Wetterstrom auch bei einem Ausfall des Hauptgrubenlüfters nicht zum Stillstand kommt, sondern mit reduzierter Wettermenge durch natürlichen Auftrieb beibehalten wird, bis auf wenige Ausnahmen an besonders heißen Sommertagen, ist der zur Diskussion stehende Störfall auszuschließen. Die später folgenden Ausführungen zu den einzelnen Endlagerbergwerken sind daher schwerpunktmäßig der Ermittlung der Wettermengen bei natürlichem Auftrieb gewidmet.

8.2 Ausfall von Sonderbewetterungsanlagen

Sonderbewetterungsanlagen dienen zur Bewetterung von nicht durchschlägigen Grubenbauen, z.B. von Streckenvortrieben oder Einlagerungskammern mit nur einem Zugang. Diese Anlagen werden in der Regel blasend betrieben, d.h. ein kleiner Ventilator saugt Wetter aus dem durchgehenden Wetterstrom an und führt sie über eine Luttenleitung bis vor Ort. Von hier aus ziehen die Wetter durch den Grubenbau zurück in den durchgehenden Hauptwetterstrom. Bei Ausfall der Sonderbewetterungsanlage wird der zugehörige Grubenbau nicht mehr bewettert. Der Betrieb von Dieselfahrzeugen muß einge-

stellt und der Grubenbau geräumt werden.

Soweit Sonderbewetterung in Einlagerungsräumen vorgesehen ist, besteht bei Ausfall der Sonderbewetterung keine Gefahr im Sinne eines Störfalls, wenn der Betrieb schnellstmöglich eingestellt wird. Sollte dies über die übliche betriebliche Kommunikation (Aufsicht) oder das Erkennungsvermögen der Belegschaft nicht sicherzustellen sein, müßte der Einbau akustischer und optischer Warnsignale erwogen werden.

8.3 Übertragung der Erkenntnisse auf die Bergwerke Asse, Gorleben und Konrad

8.3.1 Grundlagen für die Berechnung des natürlichen Auftriebs

Bei natürlichem Auftrieb sind die Wettertemperaturen in den Schächten entscheidend für die Größe des Wetterstroms bei Ventilatorstillstand. Im Einziehschacht werden die Wettertemperaturen maßgeblich durch die über Tage vorhandenen Temperaturen sowie deren Schwankungen bestimmt. Im Ausziehschacht sind demgegenüber nur geringe Schwankungen zu erwarten. Im Falle des Ventilatorstillstands sind daher in Abhängigkeit von der Jahreszeit unterschiedliche Wetterströme zu erwarten. Bei mittleren Temperaturen über Tage im Winter von $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Frühjahr und Herbst von $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ und im Sommer von $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, wie sie aufgrund meteorologischer Angaben für die Standorte der zu betrachtenden Bergwerke angenommen werden können, ergeben sich Temperaturzunahmen in den Schächten zwischen $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ im Sommer und $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ im Winter. Auf der Grundlage dieser Zahlen ist in Anlage 8.1 der lineare Zusammenhang

zwischen Temperaturzunahme und Tagestemperatur der Wetter dargestellt. In dem gestrichelt dargestellten, extrapolierten Bereich der Geraden muß von einer größeren Unsicherheit der Ergebnisse ausgegangen werden.

Auf der Grundlage der genannten Temperaturen wurden für die einzelnen Bergwerke die Bewetterungsverhältnisse bei Ventilatorstillstand durch Wetternetzrechnung ermittelt.

8.3.2 Bergwerk Asse

Ausgangsbasis der Ventilatorstillstandsrechnung ist das in Anlage 8.2 wiedergegebene vereinfachte Wetternetz. Danach verfügt das Bergwerk Asse für den Hauptwetterstrom nur über den Schacht II, der zwischen Rasenhängebank und 490 m Sohle in Ein- und Ausziehtrum geteilt ist. Unterhalb der 490 m Sohle strömen die einziehenden Wetter im gesamten Schachtquerschnitt zum tiefsten Punkt auf der 750 m Sohle. Der zusätzlich vorhandene Schacht IV dient der Beschickung einer Kaverne. Er hat nur einen Durchmesser von 1,5 m und ist für die Bewetterung des Hauptgrubengebäudes ohne Bedeutung.

Der Hauptventilator ist untertage auf der 490 m Sohle vor dem Abwetterstrom des Schachtes II angeordnet. Eine Reserve steht nicht zur Verfügung. Der Gesamtwetterstrom im Normalbetrieb beträgt etwa $54 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Ergebnisse der Ventilatorstillstandsrechnungen sind in Anlage 8.3 dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß über den Schachtscheider im ein- und ausziehenden Schacht II ein Wärmeaustausch zwischen Ein- und Ausziehewetter stattfindet. Dadurch ergibt sich im Schacht eine größere Temperaturzunahme der einziehenden und eine größere Temperaturabnahme der ausziehenden Wetter, d.h. der natürliche Auftrieb verringert

sich im Vergleich zur dargestellten Berechnung. Aus diesem Grunde wurden zusätzliche Berechnungen mit Wettertemperaturen durchgeführt, die in dem Bergwerk Asse zu unterschiedlichen Jahreszeiten gemessen wurden. Die Ergebnisse sind als Punkte in der Anlage 8.3 eingetragen. Sie weisen die erwarteten Abweichungen mit geringeren Wetterströmen, aber ähnlichen jahreszeitlichen Veränderungen, auf.

Nach den Berechnungen sind im Mittel im Winter 60 % und im Sommer 15 % des gegenwärtigen Gesamtwetterstroms bei Ventilatorstillstand durch natürlichen Auftrieb zu erwarten. Der vollständige Wetterstillstand wird nach der rechnerischen Abschätzung bei etwa 24 °C Tagestemperatur erreicht. In den Hauptwetterwegen des Grubengebäudes sind allgemein die gleichen relativen Wetterstromveränderungen zu erwarten, wie beim Gesamtwetterstrom.

8.3.3 Bergwerk Gorleben

Ausgangsbasis der Ventilatorstillstandsberechnungen sind die Bewetterungsverhältnisse, wie sie in der KPE-Planungsstudie enthalten sind. Das Wetternetz ist stark vereinfacht ohne Berücksichtigung seiner zahlreichen Verzweigungen untertage in Anlage 8.4 dargestellt. Es umfaßt einen Einziehschacht und einen Ausziehschacht mit übertage angeordneter Hauptventilatoranlage. Nach der Planung besteht die Anlage aus zwei parallel betriebenen Ventilatoren mit einem Reserveaktivteil. Bei Ausfall eines der Ventilatoren kann der normale Bewetterungszustand durch Austausch der Aktivteile innerhalb weniger Minuten wieder hergestellt werden. Der geplante Gesamtwetterstrom des Bergwerks Gorleben beträgt etwa 390 m³/s.

Für den Stillstandsfall der gesamten Hauptventilatoranlage ist in Anlage 8.5 der Gesamtwetterstrom über der Tagestemperatur (Jahreszeit) aufgetragen. Danach kann im Winter bei Ventilatorausfall noch mit etwa 66 % des normalen Wetterstroms gerechnet werden. Auch bei mittleren Sommertemperaturen sind noch 42 % Wetterstrom zu erwarten. Erst bei sehr hohen Sommertemperaturen um etwa 30 °C wird die Bewetterung vollständig zum Stillstand kommen. Da im Bewetterungssystem Gorleben keine Zusatzventilatoren untertage vorgesehen sind, wird sich bei Ausfall der Ventilatoranlage in den verschiedenen Hauptwetterwegen des Grubengebäudes nahezu die gleiche relative Wetterstromverminderung ergeben wie beim Gesamtwetterstrom.

Wie schon erwähnt, ist für das Bergwerk Gorleben eine Hauptventilatoranlage mit zwei parallelen Ventilatoren vorgesehen. Außer dem betrachteten Ausfall der gesamten Anlage wäre es demnach denkbar, daß nur ein Ventilator bei nichtbetriebsbereitem Reserveaktivteil ausfällt. In diesem Fall müßte die Grube mit nur einem Ventilator bei geschlossenem Wetterschieber vor der parallelen Einheit bewettert werden. Der entsprechende Wetterstrom wird dann vom Verlauf der Ventilator Kennlinie abhängen. Mit Sicherheit ist jedoch davon auszugehen, daß zu jeder Jahreszeit mehr als 50 % des planmäßigen Gesamtwetterstroms erreichbar sind.

8.3.4 Bergwerk Konrad

Ausgangsbasis für die Ventilatorstillstandsberechnungen sind die Planungen der Gesellschaft für Strahlen-

und Umweltforschung (GSF), vorgelegt in den Planungsberichten vom 6.8.1981 und vom 25.2.1983.^{x)} Die Bewetterungsverhältnisse sind dargestellt in der Anlage 8.6. Danach umfaßt das Grubengebäude einen Einziehschacht und einen Ausziehschacht und wird bei einem Gesamtwetterstrom von etwa $175 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einem am Ausziehschacht II übertage installierten Hauptventilator bewettert. Die Frischwetter werden dem Grubengebäude im wesentlichen über die vierte und fünfte Sohle zugeführt. Der an der vierten Sohle abzweigende Teilstrom dient zur Bewetterung des Fahrweges zum Einlagerungsfeld. Die bis zur fünften Sohle ziehenden Wetter versorgen die Einlagerungsbetriebe zwischen vierter und fünfter Sohle, die Rampe 570 und ein für die Einlagerung vorzurichtendes Feld (Feld 6). Die Abwetter der Einlagerungsbetriebe werden, ohne andere belegte Grubenbaue zu berühren, über die dritte Sohle zum Ausziehschacht II geführt. In diesem Wetterweg ist ein Zusatzventilator erforderlich, der in einem Wetteraufhauen zwischen dritter und vierter Sohle an der Westgrenze des Einlagerungsfeldes installiert werden soll.

Die Einlagerungsörter auf den Teilsohlen zwischen vierter und fünfter Sohle sind untereinander durch Wetterbohrlöcher - in der Anlage 8.6 durch Doppellinien gekennzeichnet - mit einem Durchmesser von 700 mm verbunden. Über diese Bohrlöcher wird der in den Einlagerungsörtern benötigte Wetterstrom mit Hilfe von Luttenventilatoren in den Abwetterweg geführt.

^{x)} Es ist bekannt, daß im Rahmen der fortschreitenden Planung des Bergwerks Konrad auch Veränderungen in der Wetterführung diskutiert werden. Aus Termingründen konnten die neueren Überlegungen in dieser Studie nicht mehr berücksichtigt werden.

Für den Stillstand aller Lüfter ist in Anlage 8.7 . . der abgeschätzte Gesamtwetterstrom über der Tages- temperatur aufgetragen. Danach kann im Winter bei Ventilatorausfall mit etwa 74 % des normalen Wetterstroms gerechnet werden. Auch im Sommer sind noch 39 % Wetterstrom zu erwarten. Bei Lufttemperaturen übertage von mehr als 24 °C ist mit vollständigem Stillstand der Bewetterung zu rechnen. Im vorliegenden Fall wird sich durch den gleichzeitigen Ausfall der Zusatzventilatoren unertage der Wetterstrom im Einlagerungsbereich erheblich vermindern. Eine genaue Vorausberechnung ist auf der Basis der vorliegenden Planungsunterlagen noch nicht möglich.

Zur Minimierung des Wetterwiderstandes in dem Wetterstrom des Einlagerungsbereiches ist es zu empfehlen, die Schleuse am Zusatzventilator automatisch zu öffnen, um so einen möglichst großen Wetterstrom in diesem Bereich aufrecht zu erhalten.

Wesentlich geringere Auswirkungen auf die Wetterführung entstehen bei einem Ausfall des Zusatzlüfters oder der Bohrlochlüfter. Ein jahreszeitlicher Einfluß ist in diesen Fällen nicht gegeben. Eine zuverlässige Vorausberechnung der eintretenden Bewetterungsverhältnisse ist gegenwärtig wiederum noch nicht möglich.

Daher sollen hierzu nur einige qualitative Angaben gemacht werden.

Bei einem Ausfall des Zusatzlüfters im Wetteraufhauen zwischen vierter und dritter Sohle wird sich der Wetterstrom am Hauptlüfter nur unwesentlich vermindern. Eine starke Wetterstromverringerung ist im Abwetterweg über den Zusatzlüfter, eine Zunahme in parallelen

Wetterwegen zu erwarten. Wenn die Bohrlochlüfter nach Ausfall des Zusatzlüfters weiter betrieben werden, wird sich der Wetterstrom in den Einlagerungsörtern nur geringfügig verändern. Allerdings kann es hier zu Wetterkreisläufen innerhalb des Einlagerungsfeldes kommen.

Im Hinblick auf die Bohrlochlüfter kann angenommen werden, daß von ihnen jeweils nur einer ausfällt. Dies wird praktisch nur einen deutlichen Wetterstromrückgang im zugehörigen Einlagerungsort bewirken. Die parallelen Örter werden weiterhin ausreichend bewettert. Der Wetterstrom im nachgeschalteten Zusatzlüfter wird sich bei Ausfall eines Bohrlochlüfters nur geringfügig vermindern. Der Betriebspunkt des Hauptlüfters wird praktisch unbeeinflusst bleiben.

Soweit nur der Hauptventilator ausfällt, der Zusatzventilator und die Bohrlochventilatoren aber weiter laufen, muß damit gerechnet werden, daß innerhalb des Grubengebäudes Wetterteilkreisläufe auftreten. Wenn diese vermieden werden sollen, müssen - wie beispielsweise im Steinkohlenbergbau vorgeschrieben - mit dem Ausfall des Hauptventilators auch Zusatz- und Bohrlochventilatoren abgeschaltet werden.

Im Gegensatz zu den anderen beiden Bergwerken sind im Bergwerk Konrad aufgrund der vorhandenen Zusatzlüfter untertage für den Fall des Stillstandes nur des Hauptventilators Vorkehrungen zur Abschaltung der Zusatzlüfter untertage zu empfehlen, um auf diese Weise Wetterteilkreisläufe untertage zu vermeiden. Außerdem sollten die Schleusen des Zusatzventilators zwischen

dritter und vierter Sohle ebenfalls automatisch zu öffnen sein. Darüber hinaus wäre zu prüfen, ob durch zusätzliche Wettertüren Wetterkreisläufe minimiert werden können.

8.4 Zusammenfassende Betrachtung

Der Ausfall der Bewetterungsanlagen kann für alle drei Schachtanlagen gleichzeitig betrachtet werden. Zunächst ist festzustellen, daß der Ausfall eines Hauptventilators selten auftritt. Bei Ausfall des Hauptventilators wird für den größten Teil des Jahres innerhalb des jahreszeitlichen Ablaufes ein natürlicher Wetterstrom eintreten, der 20 bis 60 % des Gesamtwetterstromes ausmacht. Lediglich an warmen Sommertagen mit Temperaturen über 20 °C sind Wettermengenanteile unter 20 bis 30 % zu erwarten, bis hin zum völligen Wetterstillstand bei 24 bis 30 °C.

In derartigen Ausnahmefällen ist der Betrieb umgehend stillzusetzen und die Belegschaft nach Übertage zu bringen. Als Störfall ist der Ausfall der Bewetterungsanlagen nicht zu betrachten.

9 Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln

Sprengarbeit in Endlagerbergwerken wird zur Hohlraum-schaffung durchgeführt.

Der Umgang mit Sprengmitteln bezieht sich sowohl auf den Transport und die Lagerung von Sprengmitteln als auch auf ihre unmittelbare Verwendung bei der Sprengarbeit. Als Sprengmittel gelten alle zur Sprengarbeit verwendeten Stoffe und Ausrüstungen wie Sprengstoffe, Zündmittel und Sprengzubehör.

Die nachstehenden Betrachtungen berühren nur den untertägigen Umgang mit Sprengmitteln.

9.1 Sprengmittel und ihre Funktionsweise

Zu den Sprengmitteln zählen im wesentlichen die Sprengstoffe und die Zünder. Sprengstoffe gehören zur Gruppe der Explosivstoffe. Es sind chemische Verbindungen, die aus einem chemischen Stoff (z.B. Nitropenta) oder aus Gemischen mehrerer Stoffe (z.B. Nitroglycol, Ammoniumnitrat, Holzmehl usw.) bestehen können. Die Wirkung eines Sprengstoffes beruht auf einem sehr plötzlichen chemischen Umsatz unter sehr hohen Drücken und mit sehr hoher Fortpflanzungsgeschwindigkeit, mit der die Druckwelle den Sprengstoff durchläuft und umsetzt. Es entstehen bei diesem als Detonation bezeichneten Vorgang Drücke von mehr als 200.000 bar, Temperaturen zwischen 3.000 und 4.000 K und Umsetzungsgeschwindigkeiten von 8.000 bis 9.000 m/s. Mit diesem Detonationsstoß werden Risse oder Klüfte im zu sprengenden Material aufgerissen, in die die bei der Umsetzung entstehenden

Schwaden eindringen und sich ausdehnen. Mit dieser Ausdehnung, der sogenannten Explosivphase, wird dann das Material auseinandergeworfen.

Zur Einleitung der Detonation benötigt der Sprengstoff eine Aktivierungsenergie, die im normalen Sprengbetrieb bereitgestellt wird durch den Zünder. Auf elektrischem Wege wird im Zünder zunächst ein Verbrennungssatz aktiviert, der seinerseits einen hochempfindlichen Sprengstoff in einer Zündkapsel zur Detonation bringt, die wiederum dann die Umsetzung im Sprengstoff auslöst. Die Umsetzung kann auch durch Stoß oder Reibung je nach Empfindlichkeit des Sprengstoffes erzeugt werden. In diesem Falle handelt es sich dann meistens nicht um reguläre Sprengarbeit, sondern um eine ungewollte Auslösung einer Detonation.

Bei der Sprengarbeit in den Endlagerbergwerken ist davon auszugehen, daß der sogenannte Andexsprengstoff verwendet wird. Dies ist eine Mischung aus Ammoniumnitrat und Dieselöl, wobei das Ammoniumnitrat der Oxydationsträger und das Dieselöl der Sprengstoff ist. Dieser Sprengstoff kann nicht von normalen elektrisch ausgelösten Zündern initiiert werden, sondern bedarf hierzu einer Initiale in Gestalt einer Sprengstoffpatrone brisanten Sprengstoffs oder der sogenannten Sprengschnur, die ebenfalls aus brisantem Sprengstoff besteht.

Die gelatinösen oder pulverförmigen brisanten Sprengstoffe werden in Patronenform verwendet und haben eine höhere Detonationsgeschwindigkeit als der in loser Form verwendete ~~Andex~~. Daher verfügen sie auch über eine höhere Brisanz.

Im deutschen Kali- und Steinsalzbergbau und Erzbergbau sind als brisante Sprengstoffe Ammongelit 3 und Donarit 1 üblich. Ammongelit 3 besteht aus Ammonsalpeter, aromatischen Nitroverbindungen und gelatinisiertem Sprengöl. Der Sprengstoff hat eine Detonationsgeschwindigkeit von 6.000 m/s. Er läßt sich durch ein Zündholz oder eine Gasflamme anzünden, kommt dabei aber ohne Einschluß nicht zur Detonation. Der Sprengstoff läßt sich durch Reibung nicht auslösen; er ist aber schlagempfindlich und gehört daher zu den explosionsgefährlichen Stoffen. Mit einer Sprengkapsel kann Ammongelit 3 zur Detonation gebracht werden. Beim Donarit 1 handelt es sich um einen Gesteinssprengstoff, der neben dem Hauptbestandteil Ammoniumnitrat aromatische Nitroverbindungen als brennbare und etwas Sprengöl als explosiblen Bestandteil enthält. Die Donarite sind wasserempfindlich. Sie haben eine Detonationsgeschwindigkeit im Einschluß von 4.500 m/s und entwickeln ein größeres Schwadenvolumen als die Ammongelite. In nicht eingeschlossenem Zustand ist Donarit 1 weder durch eine Gasflamme noch durch ein brennendes Streichholz anzuzünden. Nur auf einer glühenden Stahlschale oder durch einen glühenden Stahlstab kann er zur Entzündung gebracht werden, ohne jedoch zu detonieren. Er ist schlagempfindlich und muß daher als explosionsgefährlich eingestuft werden. Gegen Reibung ist er nicht empfindlich. Donarit besitzt daher als Sprengstoff deutlich geringere thermische und mechanische Empfindlichkeiten als Ammongelit 3.

Beim Gesteinssprengstoff Andex handelt es sich um einen aus meist geprilltem Ammoniumnitrat als Sauerstoffträger und flüssigen oder festen Kohlenstoffträgern bestehenden Sprengstoff. Dieser Sprengstoff gehört zur Gruppe der pulverförmigen Sprengstoffe ohne Sprengölzusatz. Er ist daher wesentlich unempfindlicher als die anderen bisher genannten Sprengstoffe. Andexsprengstoffe sind sehr gut wasserlöslich und daher in feuchten Gruben

nicht verwendbar. Andererseits bringt die Wasserlöslichkeit den Vorteil einer problemlosen Versagerbeseitigung in Bohrlöchern.

9.2 Vorschriften für den Umgang mit Sprengmitteln

Zur Sicherung des Umgangs mit Sprengmitteln sind umfangreiche bergbehördliche Vorschriften erlassen worden. Für den Bereich des Oberbergamts Clausthal/Zellerfeld, das als einziges Oberbergamt für die drei zur Diskussion stehenden Bergwerke zuständig ist, gelten die §§ 135 + 152 der Allgemeinen Bergverordnung dieses Oberbergamtes sowie die von allen Bergbehörden gleichlautend im Jahre 1976 für das Bundesgebiet erlassenen Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Sprengmittellagern untertage des Nichtkohlenbergbaues (siehe Anlage 9.1).

9.2.1 Transport der Sprengmittel

Für den Transport der Sprengmittel von übertage bis zum Sprengmittellager gelten spezifische Vorschriften, die nicht im einzelnen zu erörtern sind, da der Sprengmitteltransport grundsätzlich außerhalb des üblichen Förderbetriebes als besonderer Vorgang mit Beachtung zusätzlicher Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt wird.

Da angenommen werden kann, daß in erster Linie Anexplosionsstoff in nicht patronierter Form Verwendung findet, werden für den Transport der Sprengmittel bis vor Ort und für das Einbringen des Sprengmittels gleislosbetriebene kombinierte Transport- und Ladefahrzeuge in Aussicht genommen. Auf diesen mit einem Dieselmotor

angetriebenen sogenannten Sprengfahrzeugen befindet sich das eigentliche Sprengstoffladegerät für Andex, ein Schlagpatronenbehälter für den meistens verwendeten Gesteinssprengstoff Donarit 1 sowie ein Zünderschrank. Das Ladegerät wird im deutschen Kali- und Steinsalzbergbau und auch im Erzbergbau ausnahmslos als Einblasgerät mit Druckgefäßförderer verwendet. Hierzu befinden sich auf dem Fahrzeug ein Kompressor mit Windkessel als Druckluftspeicher, der Druckminderer und der Kessel mit dem Sprengstoff. Der Sprengstoff wird mit Hilfe der Druckluft vom Sprengstoffkessel über einen Ladeschlauch in das Bohrloch befördert. Sicherheitliche Maßnahmen bei der Konstruktion dieser Sprengfahrzeuge beziehen sich einerseits auf die Anordnung der verschiedenen Geräte des Fahrzeuges zueinander, auf den Brandschutz und die Verhinderung elektrostatischer Aufladungen. So sollten der Zünderschrank und der Schlagpatronenschrank immer an der dem Ortsstoß zugewandten Seite des Sprengfahrzeuges angeordnet sein, um im Falle eines Zusammentreffens mit anderen Fahrzeugen beim Passieren sicher zu sein. Auch ist es üblich, die Antriebe des Fahrzeuges so anzuordnen und zu sichern, daß Wechselwirkungen zwischen diesen und dem Sprengstoff ausgeschlossen sind. Weiterhin müssen alle Teile, die mit dem Sprengstoff in Berührung kommen, mit diesem chemisch verträglich, gegen Flammwirkung widerstandsfähig und einfach zu reinigen sein. Gegen das Entstehen von Bränden, z.B. durch einen Kurzschluß in der Elektrik und gegen das Ausbreiten eines Brandes sind bordfeste Feuerlöschanlagen sowie zusätzliche Handfeuerlöcher vorhanden. Frühere Erfahrungen mit Frühzündungen als Folge elektrostatischer Aufladungen haben zu den Vorschriften Veranlassung gegeben, daß der Ladeschlauch aus elektrisch

leitfähigem Material besteht und daß nirgends am . .
Gerät gefährliche elektrostatische Ladungen entstehen
können. Schließlich sind alle Einrichtungen zum Fördern
des Sprengstoffes hinsichtlich des erzeugten oder be-
reitgestellten Druckes zwangsbegrenzt, so daß keine
gefährlichen Beanspruchungen des Sprengstoffes ein-
treten können.

9.2.2 Sprengmittellager

Sprengmittellager sind in standfesten und trockenen
Bereichen des Gebirges anzulegen. Sie sind in genügen-
dem Abstand von den Hauptförderwegen anzuordnen und
außerdem wetterführungsmäßig so anzuschließen, daß eine
unmittelbare Verbindung zum Abwetterstrom besteht. Auf
diese Weise soll im Falle einer zwar nicht zu erwarten-
den, aber nicht restlos auszuschließenden Detonation
des Sprengmittellagers eine unmittelbare Auswirkung
der Druckwelle erheblich abgeschwächt, die Standsicher-
heit der Hauptstrecken nicht gefährdet und ein Abzug
der Detonationsschwaden unmittelbar in den Abwetterweg
erreicht werden. Die verschiedenen Sprengmittel inner-
halb des Lagers sind in getrennten Kammern aufzube-
wahren. Insbesondere Zünder, patronierter Gesteins-
sprengstoff und loser Andexsprengstoff erfordern getrenn-
te Kammern. Die Bemessung der Stärke der Bergfesten
zwischen den einzelnen Kammern ist von der Menge des
eingelagerten Materials abhängig. Hierüber gibt es ge-
nauere Vorschriften und Berechnungsmöglichkeiten. Zur
Energievernichtung in der Druckwelle im Falle einer
Lagerdetonation sind die Zugänge zu dem Sprengstoff-
lager mehrfach abzuknicken, um auf diese Weise die

Druckwirkung auf benachbarte Grubenbaue erheblich abzuschwächen. Aus diesem Grunde ist auch gegenüber jeder Einlagerungskammer innerhalb des Sprengmittellagers ein Explosionspuffer in Gestalt einer Nische von etwa halber Kammergröße vorzusehen.

9.3 Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln

Da beim direkten Einlagerungsbetrieb keine Sprengarbeit stattfindet, sind die Störfallbetrachtungen ausschließlich auf den Transport und die Lagerung von Sprengmitteln zu richten. Sprengunfälle werden am Ende dieses Unterkapitels der Vollständigkeit halber nur kurz erwähnt, um ihre Bedeutungslosigkeit für den Einlagerungsbetrieb herauszustellen.

9.3.1 Störfälle beim Transport von Sprengmitteln

Es ist über zwei Störfälle beim Transport von Sprengmitteln zu berichten, die beide mit einem Brand in Zusammenhang standen.

An einem Fahrzeug wurde nach der Entstehung des Brandes die Löschanlage wirksam. Es kam zu keiner Reaktion des Sprengstoffes. Lediglich einzelne Zünder detonierten, bei dem Rest der Zünder war die Ummantelung der Zünderdrähte angeschmolzen. Damit hat sich die Sicherung gegen Brand an Sprengfahrzeugen im Prinzip bewährt. Auch wenn in diesem Falle mehr Zünder detoniert wären, war nicht mit einem Übergreifen der Detonation auf den mitgeführten losen Anzugsprengstoff zu rechnen, da die äußeren Bedingungen für eine Detonationsübertragung nicht gegeben waren. Das gleiche gilt im Prinzip auch für den mitgeführten patronierten Sprengstoff, der im übrigen nur in sehr geringer Menge mitgeführt wird, da er lediglich die Initialfunktion bei der Sprengarbeit zu übernehmen hat.

An einem anderen Fahrzeug entstand ein Reifenbrand, der einzelne Patronen des in einer Stahlkiste mitgeführten Initialsprengstoffes zum Abbrennen brachte. Da unter den gegebenen Bedingungen kein ausreichender Druckaufbau möglich ist, kann eine Detonation ausgeschlossen werden.

Störfälle als Sprengmitteldetonationen beim Transport von Sprengstoffen von dem Sprengmittellager bis vor Ort können ausgeschlossen werden. Der Verzicht auf die Verwendung von brennendem Sprengstoff und der Einsatz von NME-Zündern, wie sie am Schluß des nächsten Unterkapitels angesprochen werden, würde die Situation noch weiter verbessern. Die Kollision eines Sprengfahrzeuges mit Einlagerungsfahrzeugen kann durch eine entsprechende Verkehrsregelung ausgeschlossen werden. Die Füllung der Sprengfahrzeuge reicht ohnehin für den Bedarf einer Schicht, so daß die Fahrt der Sprengfahrzeuge lediglich zum Schichtbeginn und zum Schichtende erfolgt.

9.3.2 Detonation eines Sprengmittellagers

Die Vielzahl von Maßnahmen an der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Sprengmittel und an den mit ihnen in Berührung kommenden Gegenständen und Räumen einschließlich der umfangreichen sicherheitlichen Bestimmungen lassen die Detonation eines Sprengstofflagers als einen sehr unwahrscheinlichen Fall erscheinen. Da eine gefährliche Wärmeabgabe des Gebirges oder der Wetter im Bereich

der Sprengmittelkammern nicht zu erwarten ist, kann allenfalls durch Brand eine Detonation ausgelöst werden. Eine Selbstentzündung der in Frage kommenden Sprengmittel ist nicht möglich. Ein Brand kann daher nur durch eine Fremdquelle ausgelöst werden. Offenes Licht, Feuer und Rauchen sind in Sprengmittellagern verboten. Die Erfahrungen in der Vergangenheit zeigen, daß diese Gebote angesichts der Gefährlichkeit von Sprengstoff auch eingehalten werden, denn es sind keinerlei Vorfälle bekannt, in denen aufgrund der oben genannten Einflüsse Unfälle geschehen sind. Elektrische Betriebsmittel sind nach den Lagerrichtlinien auf das notwendige Maß zu beschränken und so auszuführen und anzuordnen, daß durch sie keine Zündgefahren entstehen können. Bei Beachtung all dieser Vorschriften ist auch ein Brand aus elektrischer Ursache in einem Sprengmittellager nicht zu erwarten.

In Deutschland ist es bisher nur in zwei Fällen zu einer Sprengmittellagerdetonation gekommen. Im Jahre 1919 trat dieses Ereignis auf der Grube Reichsland im Oberelsaß ein. Im Jahre 1971 explodierte das Sprengstofflager auf dem Kaliwerk Buggingen. Die Ursachen für beide Explosionen konnten nie abschließend geklärt werden.

Bei der Detonation des Sprengmittellagers der Grube Reichsland ergab sich bei der Sprengstoffausgabe beim Öffnen eines Fasses Chloratsprengstoff ein Anzünden des Sprengstoffs mit nachfolgendem Brand. Die sich zurückziehende Belegschaft wurde später am Schacht von einer heftigen Explosion ereilt. 13 Tote waren zu beklagen (9.20).

Auf dem Kaliwerk Buggingen befand sich das Sprengstofflager auf der 850 m Sohle.

Die kürzeste Verbindung zu einem Schacht betrug 175 m. Es waren drei Todesopfer durch die Einwirkung giftiger Detonationsschwaden zu beklagen. Im übrigen traten erhebliche Auswirkungen durch die Druckwelle ein, die verschiedene größere Gegenstände in Richtung Schacht bis hinein in den Schachtsumpf schleuderte. Einzelheiten hierüber sind aus Anlage 9.2 zu ersehen.

Obwohl nach menschlichem Ermessen bei Einhaltung der Sicherheitsvorschriften die Detonation eines Sprengmittellagers nicht möglich erscheint, zeigen die beiden Beispiele, daß ein gewisses Restrisiko bestehen bleibt.

Es seien daher noch einige Betrachtungen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sprengmittellagerdetonationen angefügt. Bei einer derartigen Detonation untertage sind Temperaturwirkung, Detonationswirkung und Schwadenwirkung zu unterscheiden. Die Größe dieser Wirkungen ist im wesentlichen von der zur Detonation kommenden Sprengstoffmenge und vom Abstand zum Detonationspunkt abhängig. Dabei können Personen durch alle drei Einwirkungen zu Schaden kommen, während das Grubengebäude und Ausrüstungen im Grubengebäude selbst nur durch die Druckwirkung, aber auch durch Brandwirkung beschädigt oder zerstört werden können. Brandeinwirkung kann sich nur als sehr kurzfristige Stichflamme auswirken. Da die Strecken kaum brennbares Material in größerem Umfang enthalten dürften, ist die Auswirkung von Temperatur in Gestalt eines Feuerstoßes zu vernachlässigen, wenn vor allem auch bedacht wird, daß sich das Sprengmittellager in einem bestimmten Abstand

von den Hauptstrecken befindet und auf dem Wege bis zur Verbindung zum Grubengebäude selbst eine erhebliche Abschwächung zu verzeichnen ist.

Die Hauptwirkungsgröße bleibt demnach die Druckwelle. Die entstehenden Kräfte sind schwer zu quantifizieren. Berechnungen haben bisher nicht zu brauchbaren Aussagen geführt. Das Experiment im praktischen Versuch unter Tage hilft daher nur weiter. Entsprechende Versuche wurden in der Tschechoslowakei (9.3) und in den USA (9.49) durchgeführt. Einzelheiten hierüber sind aus Anlage 9.3 zu ersehen. Bei aller Vorsicht gegenüber den Ergebnissen dieser Experimente im Hinblick auf ihre allgemeine Verwertbarkeit geben sie doch Hinweise auf die Größenordnung der entstehenden drücke. So wurde in der Tschechowslowakei bei einem Versuch mit einer Sprengstoffmenge von 1.000 kg in 50 m Entfernung vom Sprengort ein Druck von 100 bar festgestellt und in 100 m Entfernung nur noch 15 bar. Die Anlage von Sprengstofflagern in entsprechend großer Entfernung von den Hauptförderstrecken und die Beachtung der Vorschriften bezüglich der Explosionspuffer und Streckenabknickungen würden die Auswirkung einer Detonation wesentlich herabmindern. Außerdem ist eine Einflußnahme über die Menge der insgesamt einzulagernden Sprengstoffe vorhanden.

Obwohl die Detonation eines Sprengmittellagers nach dem derzeitigen Stand der Sprengmittelentwicklung und der Sicherheitsvorschriften zu vermeiden ist, empfiehlt es sich, aufgrund eines nicht völlig zu verneinenden Restrisikos die Sprengstofflagermengen in Endlagerbergwerken so gering wie möglich zu halten. Es sollte auch nicht auszuschließen

sein, völlig auf die Anlage von Sprengmittellagern zu verzichten, wie dies bei dem Bergwerk Konrad zur Zeit der Fall ist. Dort werden nur Sprengmittelschränke verwendet für die Lagerung sehr geringer Mengen, da dort die Hohlraumschaffung nahezu ausschließlich mit Teilschnittmaschinen erfolgt.

Darüber hinaus ist aber auch die sich abzeichnende Entwicklung weiter zu verfolgen, in Zukunft auf die Initialwirkung durch Verstärkungsladung bei unpatroniertem Sprengstoff zu verzichten, da sich ein sicheres Durchdetonieren auch ohne diese Zusatzmaßnahme ermöglichen läßt . Ebenso empfiehlt es sich, NME-Zünder (Nicht-Massen-Explosionsgefährlich) zu verwenden, bei denen die Detonation größerer Mengen nahezu ausgeschlossen ist.

9.3.3 Sprengunfälle

Ungewollte Detonationen bei der Durchführung der Sprengarbeit kommen gelegentlich immer einmal vor. Sie sind entweder zurückzuführen auf das Anbohren von Sprengstoffresten vorheriger Sprengungen in Bohrlochresten oder durch äußere Einwirkungen bei der Vorbereitung der Sprengarbeit. Die Auswirkungen ungewollter Detonationen dieser Art auf Abfallgebände sind auszuschließen, da Sprengarbeit nur in Grubenbauen durchgeführt wird, in denen nicht eingelagert wird. Da die Sprengungen außerdem immer gegen Schichtende erfolgen und während dieser Zeit kein Einlagerungsverkehr durchgeführt wird, besteht ohnehin keine Möglichkeit der unmittelbaren Einwirkung auf Fahrzeuge mit Abfallgebänden. Es wird daher hier auf weitere Ausführungen zu diesem Störfall verzichtet.

9.4 Übertragung der Erkenntnisse auf die Bergwerke Asse, Gorleben und Konrad

Da zur Frage der Störfallanfälligkeit beim Sprengstofftransport im vorherigen Kapitel schon ausreichende Ausführungen gemacht wurden und diese unmittelbar für alle drei genannten Bergwerke gelten, erübrigen sich weitere Erläuterungen in diesem Abschnitt. Das gleiche gilt für die Sprengmittellager.

Im übrigen bleibt zu bedenken, daß nach den bisherigen Planungen voraussichtlich in hohem Maße maschineller Streckenvortrieb mit Teilschnittmaschinen durchgeführt wird und dieses Verfahren auch für die Herstellung der Einlagerungsräume weitgehend Anwendung finden kann. Der Bedarf an Sprengmitteln wird daher sehr begrenzt sein. Aus diesem Grunde sind z.B. im Bergwerk Konrad nur Sprengmittelschränke vorgesehen.

Lediglich in den Einlagerungskammern des Bergwerks Gorleben und ggf. auch des Bergwerks Asse wird die Sprengarbeit das alleinige Verfahren der Hohlraum-schaffung sein. Hierzu wird sich der Betrieb von Sprengmittellagern untertage als zweckmäßig erweisen.

10 Eindringen von Gasen aus dem Gebirge

Natürliche Gase treten in den meisten salinaren Lagerstätten auf (10.47); aber auch in beinahe allen sedimentären Erzlagerstätten (10.74). Die Auswirkungen der Gasaustritte auf den umgehenden Bergbau sind in starkem Maße von dem Lagerstättenrevier, der Art des Gasgemisches und der Austrittsweise abhängig. Die sicherheitstechnische Relevanz wurde in der Regel erst nach Eintreten eines Störfalles deutlich. Die unterschiedlichen Erscheinungsformen werden nachfolgend herausgearbeitet, die Ereignisse in einer Gasaustritts-Datei zusammengestellt und die Wirkung der Gasaustritte im Hinblick auf die zu betrachtenden Gruben Asse, Gorleben und Konrad abgeschätzt.

10.1 Auftreten von natürlichen Gasen

Die natürlichen Gase, die grundsätzlich als Gemisch auftreten, sind: Kohlendioxid (CO_2); Methan (CH_4); Stickstoff (N_2); Wasserstoff (H_2); höhere Kohlenwasserstoffe ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ oder C_2H_{2n}) und Schwefelwasserstoff (H_2S). In geringen Anteilen auch Sauerstoff (O_2), Kohlenmonoxid (CO) und Edelgase (Ar, He).

Gasgemische mit Kohlenwasserstoffen oder Wasserstoff sind brennbar bzw. explosibel. Nach [REDACTED] (10.37) haben sich die Gase in den Salzablagerungen sekundär gebildet, wobei die Gase entweder organogenen Ursprungs wie bei den Kohlenwasserstoffen oder juveniler Herkunft wie bei der Kohlensäure sein können. Das bei Kohlensäureausbrüchen auftretende Mischgas besteht überwiegend aus CO_2 mit geringen Anteilen an CH_4 und N_2 sowie in Spuren auch H_2 (10.28).

Schlagwetter setzen sich vornehmlich aus CH_4 mit 10 bis 60 Vol% und Stickstoff mit 10 bis 90 Vol% zusammen. Daneben sind Anteile von CO_2 , H_2 , Äthan und höheren Kohlenwasserstoffen enthalten (10.47).

Die Gase treten im Salzgebirge frei oder mineralgebunden auf. Die in Spalten, Klüften oder anderen Hohlräumen frei auftretenden Gase können bei Freisetzung in Abhängigkeit vom Einschlußdruck und von den geometrischen Abmessungen der Freilegung mehr oder weniger stark blasend in das Grubengebäude eintreten. Die mineralgebundenen Gase treten in mikroskopischen Hohlräumen der Kristalle oder zwischen den Kristallen auf und behalten im unverritzten Gebirge ihre Bindung bei. Wird die Bindung - unter bestimmten Bedingungen - aufgehoben, bricht dieses Gas plötzlich unter großer Gewalt aus (10.35).

Das Eintreten natürlicher Gase in das Grubengelände kann zu Beeinträchtigungen des Grubengebäudes und/oder des Betriebes führen. Die Grubenwetter können ihre Zusammensetzung ändern, explosiv, giftig oder matt werden, was zu Schlagwetterexplosionen, Vergiftungen oder Erstickungen führen kann.

Explosive Grubenwetter entstehen durch Hinzutreten von Kohlenwasserstoffen oder Wasserstoff. Am häufigsten tritt Methan auf, das, leichter als Luft, sich in der Firste sammelt und als Methan-Luftgemisch zu Schlagwetterexplosionen führt.

Höhere Kohlenwasserstoffe, insbesondere C_2H_6 , sind als explosives Gemisch leichter entzündlich, sind schwerer als Luft und konzentrieren sich demzufolge an der Sohle,

lassen sich aber durch einen benzinartigen Geruch wahrnehmen. Noch stärker explosiv werden die Grubenwetter durch Hinzutreten von Wasserstoff, dem leichtesten der auftretenden Gase.

Giftige Wetter werden durch Schwefelwasserstoff gebildet, sind aber schon in ungiftigen Spurenanteilen durch den charakteristischen Geruch wahrnehmbar. Das zweite natürliche Giftgas, Kohlenmonoxid, ist bei Gasaustritten im Salz kaum oder gar nicht beteiligt. Sekundär können sich gefährliche Konzentrationen im Zusammenhang mit Verpuffungen oder Schlagwetterexplosionen bilden.

Matte Wetter entstehen hauptsächlich durch Kohlendioxid. Das zweite, zu matten Wettern führende Gas ist Stickstoff, das auch entzündliche Gasgemische bildet, im untertägigen Salzbergbau aber nur selten auftritt.

10.2 Ereignisse von Gasaustritten

Unter Gasaustritt wird jedes Eintreten natürlicher Gase vom Gebirge in das Grubengebäude verstanden. Der Begriff schließt den plötzlichen Ausbruch (Outburst, bump, dégagement instant) unter Druck stehender Gase unter Umständen im Zusammenhang mit zerstörten Gesteinsmassen ebenso ein, wie die allmähliche Entgasung ohne Berücksichtigung der Ausgangsdauer und freigesetzten Gasmenge.

Die Ereignisse wurden dateimäßig zusammengestellt, wobei der Schwerpunkt auf Gasaustritte im Nichtkohlenbergbau gelegt wurde (Anhang 6: Gasaustrittsdatei).

Die Aufbereitung der vorliegenden Daten läßt allgemeine Aussagen und Rückschlüsse hinsichtlich des Gasaustrittes als Störfall zu.

Die Gasaustritte im untertägigen Salz- und Metallerzbergbau sind in Tabelle 10.1 zusammengestellt. Die zeitliche Verteilung der Ereignisse von 1900 bis zur Gegenwart ist den Abbildungen 10.1 bis 10.6 zu entnehmen. Neben der dateimäßigen Zusammenstellung sind die Ereignisse der Gasaustritte in Anl. 10.1 und Anl. 10.2 erfaßt.

Gasart Bergbauzweig	CH ₄	CO ₂	nicht analysiert	Anzahl
Deutscher Salzbergbau	106	78	67	251
Internatio- naler Salzbergbau	26	4	22	52
Metallerz- bergbau	6	1	7	14
Summe:				317

Tab. 10.1 Zusammenstellung der Gasaustritte im untertägigen Salz- und Metallerzbergbau

10.2.1 Gasaustrittsgefährdete Reviere

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf den deutschen Kali- und Steinsalzbergbau, da die Salzlagerstätten dieses Gebietes gasführend sind. In den deutschen Salzbergwerken mußten naturgemäß die größten Erfahrungen im Umgang mit Gaseintritten in das Grubengebäude gesammelt werden. Die Zahl der tödlich Verunglückten, der Verletzten und die Höhe des Sachschadens hat seit Beginn des Salzbergbaues abgenommen. Aufgrund der Korrelation von Gebirgsverhalten und Gasaustrittsmenge nimmt mit steigender Teufe die Gasgefahr zu (10.33).

Im ausländischen Kali- und Steinsalzbergbau ist das Auftreten von Gas seltener. Einige Grubengas/Salzausbrüche wurden aus dem polnischen und sowjetischen Steinsalz- bzw. Kalibergbau berichtet (10.35). Desgleichen werden Grubengasausbrüche aus dem französischen Kalibergbau gemeldet. Nahezu umgekehrte Bedingungen herrschen im Steinkohlenbergbau, der in Deutschland nahezu frei ist von Gasausbrüchen, während zahlreiche ausländische Steinkohlenreviere auch gegenwärtig noch mit schweren Gas/Kohleausbrüchen zu rechnen haben (s. Gasaustrittsdatei im Anhang 6).

Das Austreten von Gas in das Grubengebäude ist statistisch schwer erfaßbar, weil eine systematische Aufzeichnung nur in wenigen Revieren wie Werra und Südharz seit 1960 (10.35) bzw. im Oberbergamtsbezirk Halle und Clausthal in der Zeit von 1907 bis 1917 erfolgte (10.41; 10.85). Es dürfte sich in jedem Fall um die Registrierung bemerkenswerter Fälle handeln; die wirkliche Zahl der Ausbrüche, insbesondere der Gasaustritte ohne Auswurfmassen, dürfte weitaus höher liegen. Für das Werrarevier werden beispielsweise von 1925 bis 1959 insgesamt 334 Ausbrüche

mit einer durchschnittlichen Intensität von 1900 t Salzauswurf angegeben, davon 40 % mit > 1000 t. [REDACTED] schätzt die wahre Zahl um 1 bis 2 Zehnerpotenzen höher, die durchschnittliche Intensität dagegen geringer (10.35). Für das Werrarevier der DDR werden seit 1960 nach einheitlichem Registrierschema durchschnittlich 3,75 Ausbrüche pro Monat aufgezeichnet und für das Südharzrevier 5,43 Ausbrüche pro Monat. Im Werrarevier wurden Ausbrüche mit > 100 t Intensität erfaßt, im Südharzrevier bereits solche mit > 10 t. Letztere nehmen mehr als 50 % der Gesamtausbrüche ein. Die Anzahl und die Größe der Salz/Methanausbrüche im Südharzrevier sind mit den Kohle/Methan-Ausbrüchen in den Kohlerevieren Donbass und Péces (10.35) vergleichbar.

Bei den von [REDACTED] (10.41) untersuchten 106 Gasaustritten der Oberbergämter Halle und Clausthal in den Jahren 1907 bis 1917 überwiegt mit 44 Fällen das Methangemisch mit Anteilen von H_2 , O_2 und CO_2 . Ein Großteil der 39 nicht analysierten Gasaustritte ist gleichfalls dem Grubengas zuzuordnen, da hier die Schlagwetter lediglich mit der Sicherheitslampe nachgewiesen wurden.

Zur Schlagwetterexplosion ist es in der Geschichte des deutschen Salzbergbaues häufiger gekommen und nicht nur zu Beginn dieses Jahrhunderts, wie die beiden Schlagwetterexplosionen auf der Schachtanlage Pöthen/Volkenroda und im Kaliwerk Glückauf/Sondershausen im Jahre 1951 zeigen (10.64; 10.88; 10.60).

In einigen ausländischen Salzrevieren tritt gleichfalls Grubengas auf, so im Elsaß, in Österreich im Altaussee Salzbergwerk, in der UdSSR im Kalirevier in Solikamsk und in den USA im Kalibergwerk bei Moab, wo sich 1962 eine Schlagwetterexplosion ereignete (s. Gasaustrittsdatei in Anhang 6).

Bemerkenswert erscheinen die drei mit einem überwie-
genden Anteil an Wasserstoff registrierten Gasaus-
tritte (Dateiblatt 11/63, 23, 124; Anhang 6). In allen
Fällen trat das Gas ohne Druck aus dem Carnallit aus
und brannte - wie 1907 auf Schacht II in Tarthun -
über mehrere Monate.

Der erste, aktenkundig gewordene Brand von Grubengas
ereignete sich 1664 im Leopoldstollen/Hallstädter Salz-
berg und fand - neben abenteuerlich anmutenden Deu-
tungen - eine hinreichend korrekte gutachterliche Er-
klärung (10.86).

Brennbare Gase treten aber nicht nur in salinaren Lager-
stätten auf, sondern auch in anderen Nicht-Kohlenlager-
stätten. Im Mitterbacher Kupfererzbergbau/Österreich
trat 1952 Grubengas auf; auf den Erzgruben von Sargans
wird Gasabsaugung betrieben; im Siegerländer Erzbergbau
wurden Gasaustritte beobachtet; auf der Great Boulder
Gold Mine/Westaustralien ereignete sich eine Schlag-
wetterexplosion, und auf der St. Helena Mine/Südafrika
wurde CH_4 aus überlagernden Kohleflözen registriert
(s. Gasaustrittsdatei Anhang 6).

Zur Gasführung sedimentärer Erzlagerstätten im west-
deutschen Raum äußert sich [REDACTED] (10.74) dahingehend,
"daß auf allen sedimentären Erz-Lagerstätten mit dem
Vorkommen brennbarer Gase zu rechnen ist, ohne daß eine
Gaszuwanderung aus Erdöl-Mutterstoffe enthaltenden
benachbarten Formationen angenommen werden muß, da alle
Sedimentgesteine gewisse Mengen von organischen Substan-
zen enthalten, welche die Voraussetzung für die Ent-
stehung von Grubengas bilden. So gab es beim Abbau der
Eisenerz-Flöze des Jura bei Minden gelegentlich kleine

Austritte und auch Abflammungen von Grubengas. Das betrifft sowohl das über dem Porta-Sandstein im braunen Jura enthaltene Wittekind-Flöz als auch das Klippenflöz des Korallenooliths im weißen Jura auf den Gruben Porta und Nammen bei Minden/Westfalen".

10.2.2 Verteilung der Gasaustritte über die Zeit

In den grafischen Darstellungen der Austrittsereignisse über die Zeit in Abb. 10.1; 10.2; 10.4; 10.5 wurde zwischen dem internationalen und dem deutschen Bergbau unterschieden, desgleichen zwischen den Gasarten CO_2 und CH_4 soweit sie definiert angegeben waren. Zusätzlich zeigt Abb. 10.3 alle recherchierten Gasaustritte im deutschen Salzbergbau einschließlich der Ereignisse nicht analysierter Gase. Es wurden grundsätzlich Einzelereignisse bzw. der Beginn eines Gasaustrittes erfaßt. Bemerkungen, nach denen über einen Zeitraum von etwa 50 Jahren ständig Gasaustritte auftraten, sind grafisch nicht ausgewertet worden. Faktisch haben sich mehr Gasaustritte ereignet als grafisch dargestellt worden sind.

Auffallend ist die starke Häufigkeit von Gasaustritten etwa von 1905 bis zum Ende des Ersten Weltkrieges. Ursache ist Unerfahrenheit, Unkenntnis, geringe bis keine Sicherheitsvorkehrungen, Produktionszwang während der Kriegszeit und der Abbau von gasreichen Lagerstätten. Der Rückgang der Ereignisse ist in erster Linie zu begründen mit der Stilllegung zahlreicher deutscher Kali-gruben nach dem Ersten Weltkrieg, wobei insbesondere gas- und laugengefährdete Betriebe geschlossen wurden. Ein Ansteigen der Ereignisse korreliert mit der Kriegs-

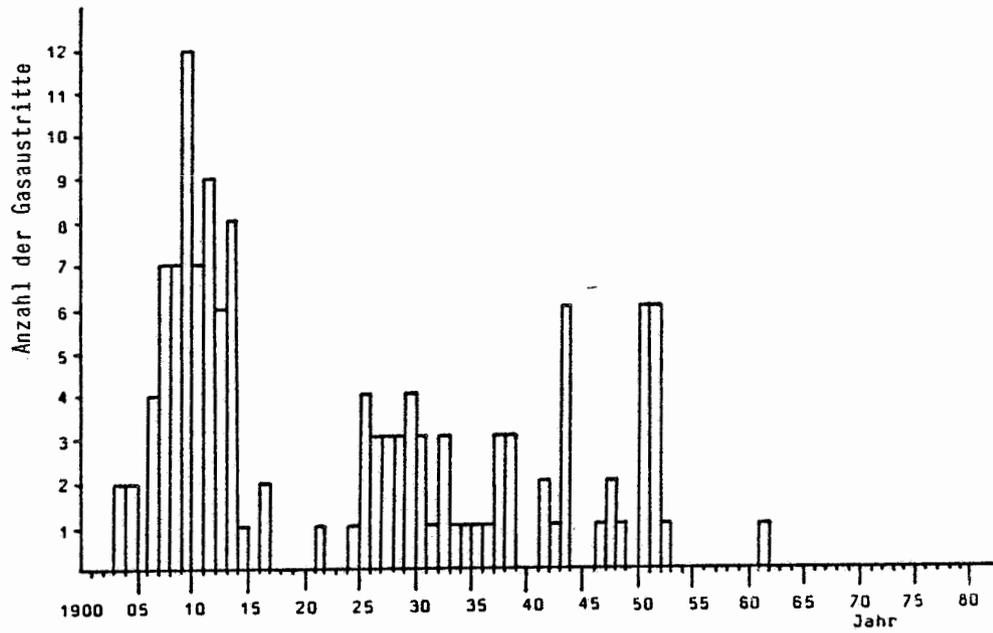


Abb. 10.1 CH₄-Gasaustritte im deutschen Salzbergbau von 1900 - 1980

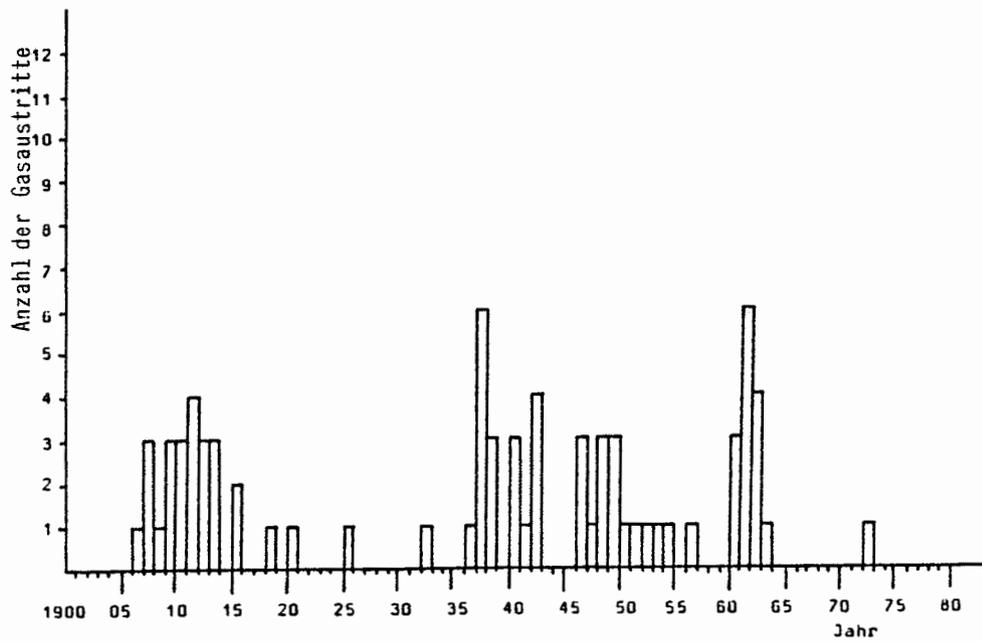


Abb. 10.2 CO₂-Gasaustritte im deutschen Salzbergbau von 1900 - 1980

und Nachkriegszeit des Zweiten Weltkrieges. Trotz zunehmender Erfahrung und Sicherheitsvorkehrungen kam es gerade in dieser Zeit zu schweren Ausbrüchen, weil der Bedarf auch aus ungünstigen Lagerstätten gedeckt werden mußte.

Die Grubengasausbrüche sind seit Beginn der fünfziger Jahre auf Einzelereignisse beschränkt. Die Kohlen-säureausbrüche nehmen ab Mitte der sechziger Jahre stark ab, obgleich zunehmend gasreichere Lagerstätten-teile abgebaut werden müssen.

10.3 Auswirkungen der Gasaustritte auf den Grubenbetrieb

Der Gasaustritt wird durch gebirgsmechanische Vorgänge eingeleitet; die Freisetzung und Aktivierung des Gases erfolgt durch Spannungsumlagerung während der Aus- und Vorrichtung bzw. Gewinnung. Ein Gasaustritt muß nicht allein durch eine Erschütterung wie beim Sprengen provoziert werden - wie ursprünglich angenommen -, sondern kann auch durch Bohr- oder Schrämarbeiten ausgelöst werden.

10.3.1 Kohlensäureausbrüche

Aufgrund bisheriger Untersuchungsergebnisse finden CO₂-Austritte nur in ausbruchsaktiven Horizonten mit Mindestgasmengen statt. Die Gasbindung muß durch äußere Einwirkungen aufgehoben werden. Der Austritt ist ursächlich ein gebirgsmechanischer Vorgang. Die Haupteinflußgrößen sind Gasladung, Festigkeitsverhalten des Gesteins und dessen Beanspruchung (10.22).

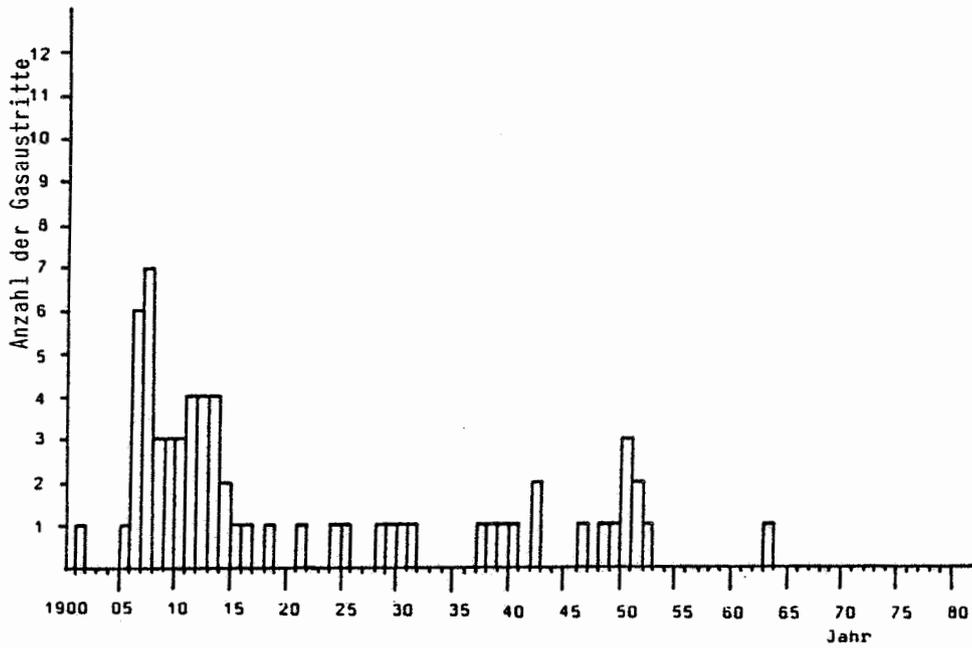


Abb. 10.3 Gasaustritte (CO₂, CH₄ und nicht analysierte Gase) im deutschen Salzbergbau von 1900 - 1980

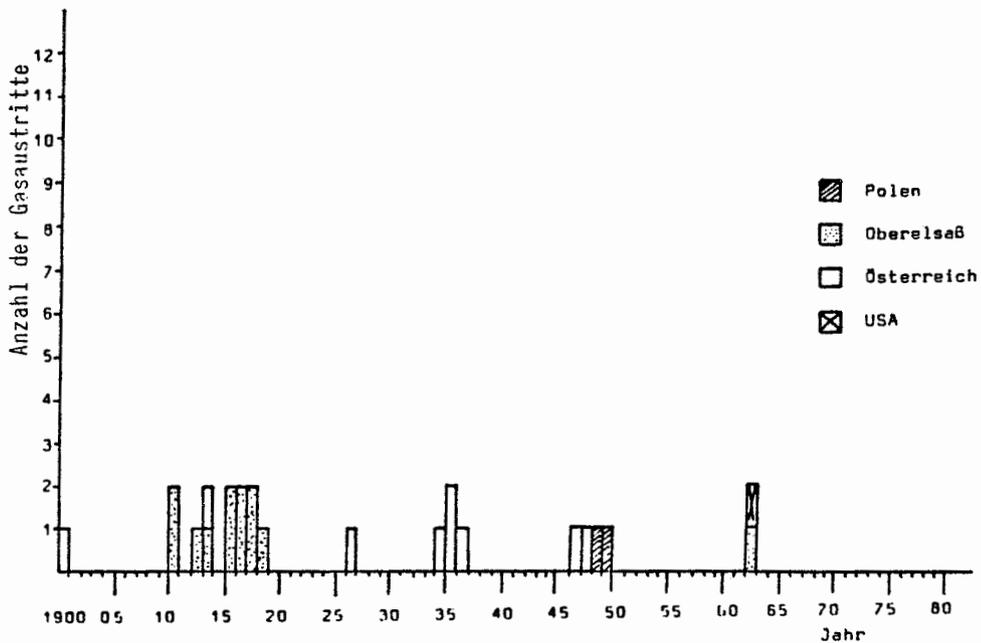


Abb. 10.4 CH₄-Gasaustritte (international) von 1900 - 1980 im Salzbergbau

Die dateimäßige Zusammenstellung der Gasaustritte dokumentiert, daß Kohlensäureausbrüche erhebliche Schäden und Zerstörungen verursachen können und zwar innerhalb des Grubengebäudes wie auch über Tage. Bei sehr großen CO_2 -Ausbrüchen wie dem auf der Grube Menzengraben wurden untertätige Einrichtungen, Schachteinbauten und Tagesanlagen zerstört. Anfang der fünfziger Jahre im Werragebiet eingeführte Schutzmaßnahmen wie Gassperren, Schutzpfeiler und andere haben sich bei den danach eingetretenen CO_2 -Ausbrüchen bewährt (10.21).

10.3.2 Grubengasaustritte

Zwischen den Kohlesäureausbrüchen im Werrarevier und den CH_4 - Austritten bestehen gewisse Ähnlichkeiten (10.33). Der Hauptunterschied zwischen den Gasausbrüchen im Kohlen- und Salzbergbau liegt in der Gesteinsfestigkeit und der Art der Gasbindung im Gestein.

Im Südharzrevier ist in jeder Salzformation mit Grubengas zu rechnen, das ursprünglich im Hauptdolomit zu suchen ist. Ein Teil des Gases gelangt vom Hauptdolomit über den Basalanhydrit, das Stein- und Kalisalz bis in den hangenden Salzton (10.46; 10.47). Der Austritt von CH_4 in das Grubengebäude bedeutet die latente Gefahr einer Schlagwetterexplosion. Dies trifft insbesondere für die Vergangenheit zu. Die eingetretenen Ereignisse im Zusammenhang mit dem Zünden des Grubengases sind auf die fehlenden Sicherheitsvorkehrungen wie offenes Geleucht, Chloratitsprengstoff und nicht schlagwettersichere elektrische Betriebsmittel zurückzuführen. Die Einführung elektrischer Lampen,

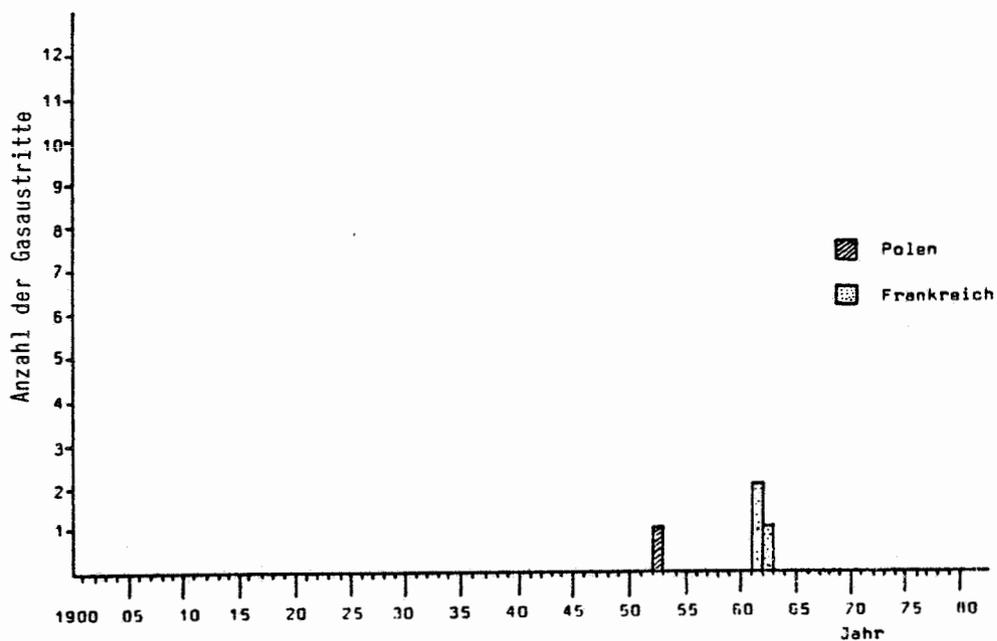


Abb. 10.5 CO₂-Gasaustritte (international) von 1900 - 1980 im Salzbergbau

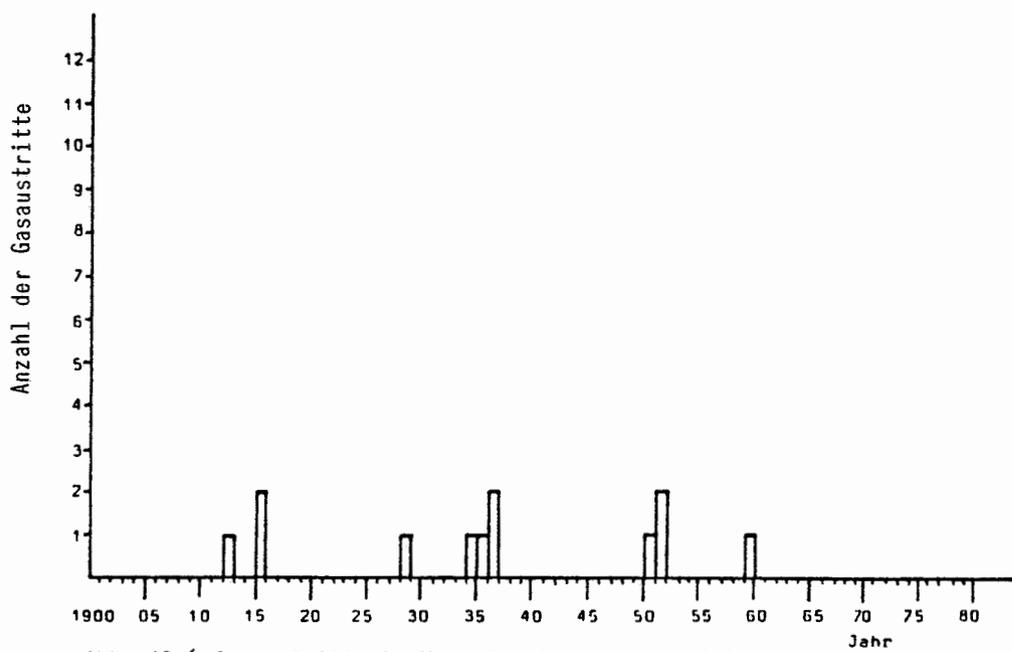


Abb. 10.6 Gasaustritte im Metallerzbergbau von 1900 - 1980

die Schlagwettersicherheit der elektrischen Betriebsmittel in gefährdeten Revieren und eine verbesserte Wetterführung haben wesentlich dazu beigetragen, daß es in den letzten 20 Jahren zu keiner Schlagwetterentzündung im deutschen Salzbergbau gekommen ist (10.48).

Ereignisse der Gegenwart zeigen jedoch, daß trotz entsprechender Sicherheitsvorschriften Grubengasexplosionen nicht völlig auszuschließen sind. 1962 ereignete sich auf der Südharzgrube Thomas Münzer eine Schlagwetterexplosion mit einem Ausbruchshohlraum von 10000 m³ und freigesetzten Gasmengen von 3-5 m³/t Ausbruchsmaterial (10.45).

Gasgemisch-Explosionen im Zusammenhang mit Salzausbrüchen sind relativ gering, da die Zündwahrscheinlichkeit von Gas-Luft-Feststoff-Gemischen mit zunehmender Ausströmungsgeschwindigkeit und steigendem Anteil des inertisierend wirkenden Salzstaubes abnimmt. Eine höhere Zündwahrscheinlichkeit ist bei dem normalen Ausströmen von CH₄ gegeben, wenn nicht für eine stärkere Verdünnung durch den Wetterstrom gesorgt wird.

10.3.3 Sicherheitstechnische Erfordernisse

Geringe Mengen austretender Gase haben in Grubenbetrieben bisher zu keinen Betriebseinschränkungen geführt; vorausgesetzt, entsprechende Sicherheitsvorkehrungen wurden durchgeführt und Sicherheitsbestimmungen eingehalten. Dazu zählt u.a. das Verbot von offenem Licht oder Feuer . Es sind Schutzvoraussetzungen ähnlich denen beim Umgang mit Sprengmitteln zu treffen. Das Sprengen ist zentral von übertage auszuführen.

Die Belegschaft ist mit Selbstrettern auszustatten. Bei Einführung von Wettersprengstoffen ist vor allem dessen Lagerfähigkeit bei höheren Temperaturen zu prüfen.

In abgeworfenen, gasdicht abgedämmten Einlagerungsräumen können sich bei langsamem Gasaustritt aus dem Gebirge Gase ansammeln und konzentrieren. Da Selbstentzündung nicht eintreten kann und Fremdzündung durch den Abschluß nach außen auszuschließen ist, können diese Gasanreicherungen als nicht störfallträchtig ausgeschlossen werden.

10.4 Gasaustritt als Störfall in den zu betrachtenden Gruben

Das Vorkommen von größeren CO_2 -Mengen ist nach den bisherigen Erkenntnissen in Salzlagerstätten an magmatische Vorgänge gebunden. Da im norddeutschen Flachland diese Voraussetzungen fehlen, ist in den Salzstöcken und Erzlagerstätten dieses Gebietes nicht mit nennenswerten, ausbruchsgefährlichen Kohlensäurevorkommen zu rechnen.

Die dateimäßig zusammengestellten Ereignisse über Gasaustritte dokumentieren, daß sich im nationalen wie internationalen Salzbergbau, aber auch im Eisen- und Metallerzbergbau Methanaustritte und Schlagwetterexplosionen ereignet haben. Obgleich sich die Sicherheitsvorschriften gegenüber der Vergangenheit erheblich verbessert haben, ist die Explosionsgefahr von CH_4 - bzw. Kohlenwasserstoff-Luftgemischen grundsätzlich gegeben, wenn brennbares oder explosives Gas auftritt.

Auf den zu betrachtenden Salzbergwerken Asse und Gorleben ist Grubengas nicht auszuschließen. Auf der Schachtanlage Konrad tritt in den Tonschiefer/Tonmergeleinlagerungen des Eisenerzlagers Kohlenwasserstoff auf. Die Austritte erfolgten als kurzzeitige Bläser. Die Klüfte bluteten derart schnell aus, daß häufig nicht einmal Wetterproben gezogen werden konnten (10.96).

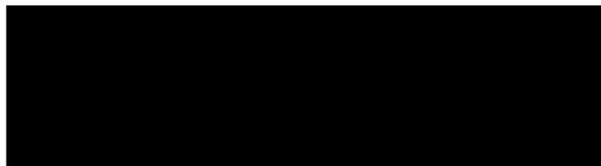
Da das Vorhandensein von derartigen Gasen bekannt ist, dürfen Sicherheitsvorkehrungen, Früherkennung und Gegenmaßnahmen unterstellt werden. Schlußfolgernd dürfen Schlagwetterexplosionen in Salz- und Metall-Erzbergbaubetrieben grundsätzlich nicht auszuschließen sein, in ihrer Wirkung aber örtlich begrenzt bleiben.

Die zu erwartenden, geringen Gasaustrittsmengen in den drei genannten Gruben können aufgrund der Erfahrung aus der Vergangenheit beherrscht werden und stellen demzufolge keinen Störfall dar.

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

Quellenverzeichnis

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

- Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen
- Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950
- Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche
- Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche
- Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall
- Anhang 6: Gasaustrittsdatei

Vorbemerkung

Das Quellenverzeichnis ist nach den Kapiteln des Hauptbandes geordnet.

Die erste Zahl gibt die Kapitelnummer an. Innerhalb der Kapitel sind die Quellen alphabetisch nach Verfassernamen geordnet und nummeriert.

Das Quellenverzeichnis ist für Hauptband, Anlagen und Anhänge gemeinsam erstellt worden.

Die angegebenen Quellen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht vollständig in den anderen Bänden zitiert; sie dienen aber dem interessierten Leser als Anleitung zur weiteren Vertiefung in die Thematik.

Quellenverzeichnis zu Kapitel 4:

Der Absturz eines Förderkorbes

- 4.1 A l l i n , D.: The use of mechanical brakes
Mining Technology, Juni 1980, S. 317-323
- 4.2 A l z h e i m e r , J.M. u.a.: Wire rope improvement program
Final report Pacific Northwest Lab., Richland, WA (USA), DE-82001874
PNL-3976, Sep. 1981
- 4.3 A r n o l d , H.: Feststellung der an die Dauerfestigkeit von Drähten, Litzen
und Seilen für Schachtfördereinrichtungen zu stellenden Anforderungen
Abschlußbericht über das Forschungsverfahren für die Sitzung des Sachver-
ständigenausschusses "Vor- und nachgeschaltete Betriebsbereiche" am 20.04.1977
in Brüssel (Kurzfassung, unveröffentlicht)
- 4.4 A r n o l d , H.: Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit der Schacht- und
zwangsgeführten Streckenförderung
Internationale Konferenz über Arbeitssicherheit im Bergbau, Cavtat, 1979
- 4.5 A r n o l d , H.: Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit von seilgetriebenen
Schacht- und Streckenförderanlagen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Donezk, 1971
- 4.6 A r n o l d , H.: Möglichkeiten zur Verbesserung des Arbeitsvermögens und der
Sicherheit von Förderseilen durch kontinuierliches dynamisches Recken
Internationale Konferenz von Grubensicherheits-Instituten, Katowitz, 1981
- 4.7 A r n o l d , H.: Neue Meß- und Prüfverfahren für dynamisch und geometrisch
hochbeanspruchte Seile, insbesondere für Schacht- und Streckenförderseile
Der Stahlbau, Februar 1970, S. 33-46
- 4.8 A r n o l d , H.: Neue Prüf- und Untersuchungsverfahren für hochbeanspruchte
Schacht- und seilangetriebene Streckenförderanlagen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Washington 1975
- 4.9 A r n o l d , H.: Prüfung und Untersuchung von hoch- und höchstbeanspruchten
Förderseilen
Glückauf 112 (1976), S. 1263-1268
- 4.10 A r n o l d , H.: Review of the current state of shaft winding in the Federal
Republic of Germany with particular references to the situation in the
coalmining industry
ECC, Symposium, "Underground transport in coal mines",
Luxemburg, 24.-26.5.1978
- 4.11 A r n o l d , H.: Schachtfördertechnik
Glückauf-Betriebsbücher, Band 24, Verlag Glückauf GmbH, Essen 1981
- 4.12 A r n o l d , H.: Sicherheitliche Maßnahmen bei der Totlastverringierung in der
Schacht- und in Teilbereichen der Streckenförderung
17. Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Varna, 1977
- 4.13 A r n o l d , H.: Überblick über den heutigen Stand der Schachtförderung in der
BRD unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Steinkohlenbergbau
KEG Symposium "Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage"
Luxemburg, 24.-26.5.1978
- 4.14 A r n o l d , H.: Verbesserung der Sicherheit von seilangetriebenen Schacht- und
Streckenförderanlagen
Glückauf 107 (1971), S. 873-880
- 4.15 B ä r , S.: Das GHH-Schlitzringdynamometer
GHH Technische Berichte 1962, H. 3, S. 2-7
- 4.16 B ä r , S.: Der Ausgleich der Seilkräfte bei Mehrseilförderungen
Glückauf 89 (1953), S. 1253-65
- 4.17 B ä r , S.: Der derzeitige Stand der Entwicklungsarbeiten für den Seilkraftaus-
gleich bei Mehrseilförderanlagen
Glückauf 95 (1959), S. 1501-1507
- 4.18 B ä r , S.: Der Einfluß der technischen Entwicklung von Schachtförderanlagen
auf die hierbei eingesetzten Stahldrahtseile
GHH Technische Berichte 1964, H. 1, S. 15-23

- 4.19 B ä r , S.: Die Beanspruchung der Einbauten von Förderschächten durch waagerechte Kräfte
Glückauf 89 (1953), S. 156-168
- 4.20 B ä r , S.: Die Verbindung zwischen Förderseil und Klemmkausche unter statischer und dynamischer Belastung
Glückauf 94 (1958), S. 1289-1303
- 4.21 B ä r , S.: Moderne Schachtförderanlagen unter besonderer Betonung der Großgefäßförderung für große Teufen
Freiberger Forschungshefte A 117, S. 46-79
- 4.22 B ä r , S.: Sonderfragen der Mehrseilförderung
Glückauf 92 (1956), S. 637-646
- 4.23 B ä r , S.: Stand der Hauptschachtförderung unter besonderer Berücksichtigung der Förderung aus großen Teufen
VDI-Zeitung 104 (1962), S. 783-790
- 4.24 B ä r , S.: Technische Neuerungen auf dem Gebiet der Hauptschachtförderanlagen für große Teufen
GHH, Technische Berichte 1968 Nr. 3, S. 10-20
- 4.25 B ä r , S.: Überwachung der Seilkräfte bei Mehrseilförderanlagen
Glückauf 109 (1973), S. 1034-1041
- 4.26 B a r n e s , E.A.: Shaft ropes and conveyance suspension gear
Mining Technology, June 1980, S. 273-277
- 4.27 B a u m , R.: Biege- und Druckspannungen in Seilen beim Lauf über Scheiben
Drahtwelt 47 (1961), S. 206-208
- 4.28 B e c k e r , K.: Zur Frage der Dauerfestigkeit von Stahldrähten
Stahl und Eisen 92 (1972), S. 873-880
- 4.29 B e r g , G.: Berechnung der am Stoß zwischen Fördergefäßen und Schachteinbauten beteiligten Masse
Bergakademie 19 (1967), S. 725-728
- 4.30 B e r g , G.: Berechnung der Maximalauslenkungen für seilgeführte Fördermittel in Seigerschächten
Freiberger Forschungshefte A 576, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
- 4.31 B e r n a r d , J.: Neuheiten auf dem Gebiet der Schachtförderanlagen
KEG Symposium "Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage"
Luxemburg, 24.-26.5.1978
- 4.32 B o c k e m ü h l , W.: Kritik der Fahrtregler im Bergbau Preußens
Dissertation 1927, TH Aachen, Sonderdruck im Verlag Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin 1927
- 4.33 B ö r g e r , H.: Die Bewährung der Sicherheitsmaßnahmen gegen das Übertreiben in Seilfahrtschächten
Kali- und Steinsalz 4 (1964), S. 42-45
- 4.34 B ö r g e r , H.: Sicherheitliche Gesichtspunkte für die Anwendung der Seilführung in Schächten
Glückauf 95 (1959), S. 1003-1005
- 4.35 B r o o k s , B.E.: The winder safety monitor; Shaft communication system
Mining Technology, Februar 1980, S. 75-83
- 4.36 B u r t ò n , J. E.: Safety analysis of a shaft-winding system,
Symposium on mechanical reliability Guilford, UK 1980, S. 88-104
- 4.37 C e z a n n e , H.: Isolationsüberwachung bei Blindschachtsignalanlagen
Bergbau 1982, S. 401-402
- 4.38 Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau: Mesures de securité pour L-extraction par puits
HSE Translation No. 7617, November 1977
- 4.39 C o r n e l i u s , F.J.: Der Einfluß betriebs- und anlagenbedingter Merkmale hoch beanspruchter Schachtförderanlagen auf das Seilverhalten
Glückauf-Forschungshefte 43 (1982), S. 31-37

- 4.40 C r a w f o r d , W.R.: Rope-guide vibration problems
Colliery Engineering, März 1950, S. 104-106
- 4.41 C z a p l i c k i , J. M., u.a.: Reliability Testing of Polish Winders
Colliery Guardian Coal International, Januar 1980, S. 38-39
- 4.42 C z i t a r y , E.: Spannungsermittlung in Seilen durch Schwingungsmessung
Wasserwirtschaft 1931, S. 246-249
- 4.43 D e a n , H.: Hoist-rope stress analysis and preventative maintenance for
multirope friction hoists
Canadian Mining and Metallurgical Bulletin 63 (1970), S. 1143-1155
- 4.44 D e l b o m , P.A.: Modern thyristor convertors for d.c. motor drives
ASEA-Journal 1975, S. 109-116
- 4.45 D e s p o t , A., u.a.: Testing of wire ropes 5th yougoslav symposium on
preventive work protection in mining and metallurgy
Zenica (Yugoslavia), 27.-29. Mai 1981
- 4.46 D ö h r e r , T.: Automatische Fördermaschinen für Güterförderung, Seilfahrt
und Revisionsbetrieb
Fördern und Heben 1966, S. 321-327
- 4.47 D r e y e r , H.: Anmerkungen zur Problematik von Sicherheitskreisen
Vortragsmanuskript zum Symposium Elektronische Steuerung und Mikroprozessoren
im Bergbau
RWTÜV Essen, 29. und 30. Juni 1983 (unveröffentlicht)
- 4.48 E b e l i n g , V.: Die Seilführung in England und ihre Einführung in Deutschland
Glückauf 95 (1959), S. 989-1001
- 4.49 E i t h u n , E.J., u.a.: Load equalization on multi-rope winders
South African Mechanical Engineer, 10 (1960), S. 111-138
- 4.50 E l s t , W. J., van der: Dynamic scale model testing of rope guide installations
for mine shafts
South African Mechanical Engineer, 11 (1961), S. 132-155
- 4.51 E s p o s i t o , A.A.: Grimethorpe Colliery's No. 3 winder
Mining Technology 64 (1982), S. 365-372
- 4.52 E u l e n b e r g e r , K.-H.: Beitrag zur Anwendung der Seilführung in Schächten
Freiberger Forschungshefte A 509 (1972)
- 4.53 E u l e n b e r g e r , K.-H.: Betrachtungen über die Seilführung in Schächten
Bergakademie 19 (1967), S. 262-267
- 4.54 F o r g á c s , C.: Die experimentelle Überprüfung der Bremswirkung an Schacht-
fördermaschinen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Karlovy Vary, 21.9.1973
- 4.55 F r e n y o , P.: Untersuchung über die Möglichkeiten der Leistungssteigerung
bei Gestellförderanlagen in senkrechten Schächten
Dissertation, Aachen 1969
- 4.56 F r i t z s c h e , C.H.: Die Schachtförderung
In: Bergbaukunde, I. Band, S. 452-526
Springer Berlin/Göttingen/Heidelberg, 10. Auflage 1961
- 4.57 G a l l o w a y , L.C., u.a.: The performance of fixed guidance systems in mine
shafts
CIM Bulletin, Nov. 1982, S. 54-60
- 4.58 G ö t z m a n n , W.: Verfahren zur numerischen Auswertung von Spurlattendiagrammen
für die Beurteilung des maßlichen Zustandes von Spurlattenführungen in Schächten
sowie Untersuchung über das Verhalten von Schraubenverbindungen zwischen stählernen
Spurlatten
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Donezk, 1971
- 4.59 G r a y , B.W.: Rope Guides in Deep Shafts
Colliery Guardian 204 (1962), S. 555-564
- 4.60 G r o n e b a u m , R.: Der Entwicklungsstand der Hauptschacht-Gefäßförderung
im westdeutschen Salzbergbau
Bergakademie 19 (1967), S. 519-526

- 4.61 G r u p e , H.: Magnetinduktive Prüfeinrichtungen für Stahldrahtseile
Glückauf 110 (1974), S. 993-995
- 4.62 H a l l e t , A.W.P.: Arresters for Overtravelled Conveyances
Colliery Guardian 1962, S. 243-254
- 4.63 H a n d s , E.A.: Brake gear for winders and haulages
Mining Technology, April 1980, S. 193-199
- 4.64 H a n k u s , J.: Mathematische Modelle zur Ermüdungsschwächung von Drahtseilen
Glückauf-Forschungshefte, 44 (1983), S. 20-22
- 4.65 H a r l e y , A.G.: Arresting a conveyance
Mining Technology 62 (1980), S. 279, 280, 282
- 4.66 H a r t l a n d , K.: Der Betrieb von Koepe-Mehrseilförderungen in der Sicht
technischer Weiterentwicklungen
Bergbauwissenschaft 7 (1960), S. 507-516
- 4.67 H a r t m a n n , H.: Förderseile für Schachtanlagen mit extremen Korrosions-
bedingungen
Glückauf 115 (1979), S. 352-357
- 4.68 H ä u s l e r , G.; S l o n i n a , W.:
Entwicklungsstand der Scheibenbremsen an Schachtfördermaschinen in Deutschland
Glückauf 106 (1970), S. 890-901
- 4.69 H e i d o r n , W.: Die Unfallgefahren im Förderbetrieb des Ruhrbergbaus und
Vorschläge zu ihrer Bekämpfung
Glückauf 74 (1938), S. 29 ff
- 4.70 H e r b s t , H.: Bemerkenswerte Brüche von Förderseilen
Glückauf 66 (1930), S. 1089-1096
- 4.71 H i n d l e y , N.: The road of the modern electric winder
Mining Technology 62 (1980), S. 31-36
- 4.72 H o i s c h e n , A.: Die größte seilgeführte Gefäßförderung in der Bundesrepublik
Deutschland
GHH-Nachrichten für den Bergbau, 1979, H. 1, S. 4-12
- 4.73 H o i s c h e n , A.: Möglichkeiten und Grenzen der Leistungssteigerung von
Gefäßförderanlagen
Glückauf 109 (1970), S. 910-916
- 4.74 H o i s c h e n , A.: Schachteinbauten für Hauptschächte
Glückauf 106 (1970), S. 696-700
- 4.75 H o i s c h e n , A.: Schachtförderanlagen
GHH Technische Mitteilungen, H. 5 (1976), S. 225-228
- 4.76 H u n t , D.H.: A further review of world practices in mine winding engines
Mining Technology 61 (1979), S. 273-285
- 4.77 J a e g e r , T.: Die Entwicklung der elektrisch geregelten Fördermaschinen
Glückauf 97 (1961), S. 944-947
- 4.78 J a e g e r , T.: Schaltung und Regelung neuzeitlicher elektrischer Fördermaschinen
Glückauf 93 (1957), S. 1530-1553
- 4.79 J a m e s , L.C.: Design and maintenance of winding engine brake components
Mining Technology 1980, S. 285-291
- 4.80 J a m e s , L.C.: Sicherheits-Puffersystem für das Abfangen von Förderkörben
KEG "Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage"
Luxemburg, 24.-26.5.1978
- 4.82 J e h m l i c h , G., u.a.: Ausfallmechanismen und Ausfallkriterien bei Drahtseilen
Neue Bergbautechnik 8 (1978), S. 456-461
- 4.83 J e h m l i c h , G.: Beitrag zur Einschätzung des Betriebszustandes von Drahtseilen
Neue Bergbautechnik 4 (1974), S. 55-58

- 4.84 J e h m l i c h , G.; H a n s e n , G.: Betriebserfahrungen mit einer stoßarmen Fördermittelführung für Bergwerksschächte mit Spurlattenführung Bergakademie 21 (1969), S. 153-155
- 4.85 J e h m l i c h , G.; H a n s e n , G.; B e r g , G.: Eine stoßarme Förderkorb- bzw. Fördergefäßführung für Bergwerksschächte mit Spurlattenführung Bergakademie 19 (1967), S. 90-95
- 4.86 J e h m l i c h , G.; W e i d e n m ü l l e r , H.; N i c k a u , L.: Ein Gerät zur magnetinduktiven Untersuchung von Förderseilen Bergakademie 19 (1967), S. 718-720
- 4.87 J e h m l i c h , G.; B e r g , G.; N i c k a u , L.: Erfahrungen mit dem magnetinduktiven Seilprüfgerät I FG-1 Bergbautechnik 20 (1970), S. 594-599
- 4.88 J e h m l i c h , G.: Neue Aspekte und Erkenntnisse auf dem Gebiet der Schachtförderung in der DDR Internationale Konferenz von Grubensicherheits-Instituten Karlovy Vary (CSSR), 21.9.1973
- 4.89 J e h m l i c h , G. u. a.: Probleme und Erkenntnisse der Drahtseilforschung Neue Bergbautechnik 10 (1980)
- 4.90 J e h m l i c h , G.: Überblick über Meß- und Prüftechnik für Schachtförderanlagen Bergakademie 22 (1970), S. 160-164
- 4.91 J e h m l i c h , G.: Über den Einfluß der Korrosion auf die Dauerfestigkeit von Seildrähten Bergakademie 7 (1965), S. 417-422
- 4.92 J e h m l i c h , G.: Über den Einfluß von Schmierung, Korrosionsschutz, Seilkonstruktion und Rillenwerkstoff auf die Dauerhaltbarkeit von Schachtförderseilen Draht 18 (1967), S. 138-142
- 4.93 J e h m l i c h , G.; B e r g , G.: Überwachung und Maßnahmen zur Verminderung der Beanspruchung starrer Führungseinrichtungen in Schächten Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Donezk 1971
- 4.94 J o h a n s s o n , M.: New high-power convertors for d.c. motor drives ASEA-Journal 1972, H. 3, S. 83-86
- 4.95 J o h n s t o n , A. G. u. a.: Systematic Safety Assessment in the Mining Industry The Mining Engineer, März 1980, S. 723-735
- 4.96 J o r d a n , F.: Absturzsicherheit und Leistungserhöhung bei Aufzügen und Schachtanlagen VDI-Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure 64 (1920), S. 661 ff u. 697 ff
- 4.97 J u n g h a n s , R. (Hg.): Lehrbuch der Sicherheitstechnik, Band I Grubensicherheit VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1969
- 4.98 J u n g h a n s , R.: Modernisierung und Automatisierung der Schachtförderung im Kalibergbau der DDR Freiburger Forschungs-Hefte A 182 Berlin, Akademie-Verlag GmbH 1961
- 4.100 K ö h l e r , F.: Mehrseilförderungen bei Schachtförderanlagen im Spiegel der Patenlliteratur Fördertechnik 36 (1943), S. 137-144 und 37 (1944), S. 155-158
- 4.101 K o r t e , K.-G.: Entwicklungstendenzen der Schachtförderung im westdeutschen Steinkohlen- und Salzbergbau Bergbau 1980, S. 678-682
- 4.102 K r o n b o r g , G.: Industrial d.c. motor drives ASEA-Journal 48 (1975), S. 103-108
- 4.103 K ü p p e r s , H.: Die Berechnung von Fördermaschinen in Schächten mit Seilführung Kali- und Steinsalz 4 (1964/66), S. 262-265

- 4.104 L a n g e , F.: Bewährung der Vierseilforderung
Glückauf 87 (1951), S. 909-921
- 4.105 L a n g e , F.: Große Lasten aus großen Teufen - Beiträge zur Frage der Mehrseil-
förderung
Verlag Glückauf GmbH Essen 1958
- 4.106 L a n g e , F.: Stand und Aussichten der Mehrseilfordertechnik
Glückauf 96 (1960), S. 1385-1418
- 4.107 L a n g e , F.: Wege zur Vierseilforderung
Glückauf 81/84 (1948), S. 103-113
- 4.108 L e w i s , D.C.: Cage position monitor using magnetic stripping
Mining Technology Juni 1980, S. 267-271
- 4.109 L i n g e n , T.W. van der: Dynamic behaviour of rope-guided conveyances with
reference to scale model testing
South African Mechanical Engineer 11 (1961), S. 163-185
- 4.110 L i p k e , D.L.: Mine hoist systems
M & E series 79-08, S. 31-40
- 4.111 L o n g s t a f f e , J.H.: Review of mechanical engineering safety of mines
Mining Technology, Januar 1970, S. 23-37
- 4.112 L o r d , H.: Ultra-sensitive instantaneous fault protection for cage induction
motor supplies
Mining Technology, May 1980, S. 219-223
- 4.113 L o u b s e r , R.S.: Loading conditions in guide and buntton systems:
The problem and initial Findings
The South African Mechanical Engineer, April 1962, S. 259-286
- 4.114 L o y n e s , E.: Safe Manriding in Mines
Mining Technology, May 1980, S. 224-231
- 4.115 L u b i n a , S.: Seilführung in Förderschächten
DEMAG-Nachrichten, No. 142, S. 19-25
- 4.116 M e e b o l d , R.: Untersuchung der Gesetzmaigkeit betrieblicher Einflüsse
auf die Haltbarkeit der Förderseile
Diss. Berlin 1959
- 4.117 M e t t l e r , E.; B  a r , S.: Klemmkrafte und Klemmfahigkeit von Seilkauschen
mit losem Kauschenherz
Bergbau-Archiv 7 (1947), S. 29-39
- 4.118 M e t t l e r , E.: ber den Seilkraftausgleich bei Vierseilforderungen
Ausschnitt aus Entwicklungsarbeiten der GHH Sterkrade AG, Werk Sterkrade,
R. Bergbau 1956, H. 21
- 4.119 M o r i s s e , W.: Die technischen Grundlagen der Automatisierung von Schacht-
fördermaschinen
Glückauf 93 (1957), S. 1520-1530
- 4.120 M o r i s s e , W.: Entwicklungshinweise für automatisch betriebene Seilfahreranlagen
Glückauf 105 (1969), S. 807-813
- 4.121 M o r i s s e , W.: Fahrtregler und Regeleinrichtungen elektrischer Fördermaschinen
ETZ Ausgabe B, 14 (1962), Teil I: S. 577-581, Teil II: S. 604-611
- 4.122 N a g r a t h , J.J.: Signalling and Interlocking for mine Hoists
Mining Technology, October 1975, S. 382-388
- 4.123 NCB (Hg.): Ropeman's Handbook
(3. Auflage), Edinburgh 1980
- 4.124 N e w s u m , J.: Mineshaft Hoists
Colliery Guardian Februar 1980, S. 42-48
- 4.125 N i t z s c h , F.: Über Fangvorrichtungen an Bergwerksforderungen
Verlag von Leonhard Simion, Berlin 1879

- 4.126 O`D o n n e l , C.: A Conversion of winding engine braking system to disc brakes
Mining Technology, June 1977, S. 219-223
- 4.127 O p l a l k a , G.: Breakages in haulage ropes due to the formation of martensite as a result of friction during braking
Internationale Berg- u. Seilbahn, Rundschau 1974, S. 9-12
- 4.128 P a n i t z , E.: Die Zweckmäßigkeit der Fangvorrichtung bei der Seilfahrt
Glückauf 93 (1957), S. 969-972
- 4.129 P e t r i , M.: Die automatische Hauptschachtfördermaschine mit Selbstfahrersteuerung auf der Zeche Carl Funke
Glückauf 104 (1968), S. 316-323
- 4.130 P o e l l , K.: Die Treibscheiben-Förderung (Koebe-Förderung)
GHH 1955
- 4.131 P o p o w i c z , O.: Beitrag zu den Festigkeitsproblemen der Trommeln und Seilträger im Bergbau
Freiberger Forschungs-Hefte A 181, Berlin Akademie Verlag GmbH
- 4.132 P o p o w i c z , O.: Spannungsermittlung im Mantel von Mehrseilscheiben und Bandtrommeln
Freiberger Forschungshefte A 324, Leipzig VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1964
- 4.133 P o p p e , D.: Die Problematik der Messung der Beanspruchung von Spurlatten
Bergakademie 15 (1963), S. 731-737
- 4.134 P o p p e , D.: Die Reibungszahl zwischen Seil und Treibscheibenfördermaschinen
Neue Bergbautechnik 12 (1982), S. 271-273
- 4.135 P o p p e , D.; W e i s s e n b o r n , H.:
Einige Aspekte für eine optimale Wirkungsweise von Fallgewichtssicherheitsbremsen an Schachtfördermaschinen
Neue Bergbautechnik 2 (1972), S. 676-679
- 4.136 P o p p e , D.: Ergebnisse von Auslenkungsmessungen an Fördergutträgern in Schachtförderanlagen mit Seilführung bei hohen Wettermengen
Neue Bergbautechnik 10 (1980), S. 238-242
- 4.137 P r o n o v o s t , J.R. u.a.: Adaption of friction hoist system to a drum hoist system
CIM Bulletin November 1982, S. 47-53
- 4.138 R a d o v i ć - P a t a r i ć : Kontrolle des Vertikalzustands der Spurlatten in den Förderschächten bei Anwendung von zeitgemäßen Gerätekonstruktionen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Cavtat, 7.-14.10.1979
- 4.139 R e d p a t h , J.S.; S h a v e r , W.M.: Toward A Better Understanding Of Mine Shaft Guides
CIM Bulletin September 1977, S. 90-100
- 4.140 R i c h a r d s , J.: Brake locking systems applied at Whitwick Colliery
Mining Technology 1978, S. 351-352
- 4.141 R i n i n s l a n d , H.: Bewährung der Zentralschachtanlage Grimberg des Kaliwerkes Winterhall
Kali und Steinsalz 1981, S. 173-176
- 4.142 S a c k s , H.K.: Development and evaluation of new hoist signaling systems
Internationale Konferenz für Grubensicherheit Washington 1975
- 4.143 S c h ö n f e l d , G.: Steuerung automatisch betriebener Blindschachtförderanlagen
Bergbau 1982, S. 427-429
- 4.144 S c h u l z , S.: Bremsen für Fördermaschinen
GHH-Nachrichten für den Bergbau, 1981, H. 2, S. 20-27

- 4.145 S c h u l z , S.: 100 Jahre Koepe-Fördermaschinen
GHH-Nachrichten für den Bergbau, H. 1 (1971), S. 13-19
- 4.146 S h a w , B.E.: Modernising brake controls on winding engines
Mining Technology 1976, S. 487-490
- 4.147 S h e b e l a , Z.: Simulation model of load distribution on multirope hoisting systems
17th international symposium on the application of computers and mathematics in the mineral industries
Moskau, 20.-25. Oktober 1980
- 4.148 S i n c l a i r , J.: Winding and Transport in Mines
London 1959
- 4.149 S l o n i n a , W.: Ergebnisse des Forschungsvorhabens "Meßtechnische Untersuchungen über die Beanspruchungen an Schachtförderanlagen"
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Washington 1975
- 4.150 S l o n i n a , W.: Meßeinrichtungen für die sicherheitliche Überwachung von Schachtförderanlagen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Cavtat, 7.-14.10.1979
- 4.151 S l o n i n a , W.: Stand der Untersuchungen über die dynamischen Belastungen von Schachtführungseinrichtungen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Kavlorj Vary, 21.9.1973
- 4.152 S l o n i n a , W.: Untersuchungen über die Betriebssicherheit von Scheibenbremsen für Fördermaschinen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Tokyo 1969
- 4.153 S l o n i n a , W.: Untersuchungen über statische und dynamische Belastungen an stählernen Schachtführungseinrichtungen bei großen Einstrichabständen
Internationale Konferenz für Grubensicherheit, Donezk 1971
- 4.154 S p a l l e k , W.: Ziele und Aussichten einer Automatisierung der Schachtförderung
Glückauf 93 (1957), S. 1517-1520
- 4.155 S t e n d a l , K.E.: One of the world's largest mine winder installations
ASEA-Journal 1974 Nr. 4, S. 79-86
- 4.156 S t e n d a l , K.E.: Single drum hoist with electronically operated disc brakes
ASEA-Journal 1978, Nr. 6, S. 139-142
- 4.157 S t e n d a l , K.E.: Single-Drum hoist with electronically controlled disc brakes
Colliery Guardian, Februar 1980, S. 29-30
- 4.158 S t u t c h b u r y , J.F. u.a.: A new Conveyance Arrestor for Mine Shafts and Haulage
Mining Congress Journal, August 1982, S. 19-22
- 4.159 T a y l o r , V.E.: Impulsive load tests on mine cage suspension chain
Report on ECSC contract 6220-71/8/801 EUR 6172-E, Luxemburg CEC 1979
- 4.160 T h o e n n e s , G.: Automatisierung von Hauptförderschächten
Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 128 (1983), S. 185-188
- 4.161 T h o m a s , U.M.: Überwachung des Standortes von Förderkörben durch Magnetmarkierung des Förderseils
KEG "Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage"
Luxemburg, 24.-26.5.1978
- 4.162 U l r i c h , E.; G r u p e , H.: Die Überwachung hochbeanspruchter Förderseile
Glückauf 111 (1975), S. 870-874
- 4.163 U l r i c h , E.: Die Wahl der Seilmachart und die Dimensionierung von Schachtförderseilen unter Berücksichtigung ihrer Wechselbeanspruchung
Glückauf 104 (1968), S. 980-986
- 4.164 U l r i c h , E.; F u c h s , D.: Neue Erkenntnisse über die Lebensdauer der Förderseile von Koepe-Förderanlagen im Bergbau
Bergbau 1981, S. 215-218

- 4.165 U l r i c h , E.: Neue Untersuchungen zur Mechanik von Seilklemmverbindungen
Kali- und Steinsalz 1974, S. 265-270
- 4.166 U l r i c h , E.: Unterseile in Treibscheibenförderanlagen
Glückauf 109 (1973), S. 1267-1271
- 4.167 U l r i c h , E.: Unterseile-Schäden, Überwachung, Erfahrungen des Auslandes
Anlage I zur Niederschrift über die 10. Sitzung des Fachausschusses
Betriebssicherheit am 14.02.1973 (unveröffentlicht)
- 4.168 W a l k e r , W.: Retention of electrical braking
Mining Technology, 1980, S. 325-332
- 4.169 W a t e r w o r t h , S.: Design, manufacture and operation of shaft winding
equipment
Colliery Guardian, Februar 1980, S. 37-40
- 4.170 W a t s o n , N.: Man-Lift installation at Ellington
Colliery Guardian Februar 1980, S. 24-26
- 4.171 W e b e r , C.: Die Drahtseilführung für Förderschächte
Draht-Welt 47 (1961), H. 11, S. 996-997
- 4.172 W e i h , W.: Die Nebenwiderstände der Hauptschachtförderung
Glückauf 1926, S. 1541 ff u. 1573 ff
- 4.173 W e i h , W.: Seilrutsch bei der Treibscheibenfördergung
Glückauf 1925, S. 853 ff und S. 1115 ff
- 4.174 W e i s s b o r n , H.; B e r g , G.; J e h m l i c h , G.:
Berechnung und Messung der horizontalen Auslenkungen von seilgeführten Förder-
gutträgern in Schachtförderanlagen
Neue Bergbautechnik 5 (1975), S. 702-708
- 4.175 Westfälische Berggewerkschaftskasse (Hg.): Lernblätter zur Bergtechnik
Verlag Glückauf, 2. Auflage, Essen 1977 (mit Ergänzungen)
- 4.176 W i l l i a m s , A.J.: Safe men riding in shafts (Part II)
Mining Technology, June 1980, S. 307-314
- 4.177 W o h l r a b , M.; J e h m l i c h , G.:
Probleme bei der routinemäßigen Überwachung des sicherheitstechnischen Zustandes
der starren Schachteinbauten von Seigerschächten und einige bisher gewonnene
Erfahrungen
Neue Bergbautechnik 4 (1974), S. 387-389
- 4.178 W o o d , S.: A method of extending wire rope service life
CIM Bulletin 1982, S. 61-64
- 4.179 Z a j i c , B.: Einfluß des gerissenen Teils des Seiles auf die Dauer des toten
Ganges der Fangvorrichtung eines Förderkorbes
5. Jugoslavenski simpozijum preventivna zastita u rudarstvu i metalurgiji,
S. 337-341 (Übersetzung der TIB Hannover TIB/ü-6767)
- 4.180 Z i m m e r m a n n , H.: Neuzeitliche Sicherheitseinrichtungen für die Förder-
korbbeschiebung
Glückauf 1950, S. 625 ff
- 4.181 Z w e i f e l , O.: Zugkraftmessung in Drahtseilen mit Transversalwellen
Schweiz Bauztg. 79 (1961), S. 347-351 u. 355-358
- 4.182 N. N.: Beitrag zur Verwendung von Seilführungen bei Koepe-Förderanlagen
Kali + Steinsalz 3 (1961), S. 167-171
- 4.183 N. N.: Bericht über das Bergwesen im Lande Hessen für das Jahr a
Wiesbaden
- 4.184 N. N.: Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen
im Jahre a

- 4.185 N. N.: Gleichstromfördermaschinen in Leonhardschaltung
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, s.a.
- 4.186 N. N.: Jahresbericht des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld
Clausthal-Zellerfeld
- 4.187 N. N.: Jahresbericht des Oberbergamts für das Saarland und das Land
Rheinland-Pfalz
Saarbrücken
- 4.188 N. N.: Ryhope Friction Winder
Colliery Guardian 200 (1960), S. 123-126
- 4.189 N. N.: Safety in pit cages: First report of the National Committee on Menriding
in Shafts
Protection, November 1976, S. 3-5
- 4.190 N. N.: Signalregistrierung an Seilfahrtschächten
Rahmenprogramm Energieforschung, Erstinnovation Steinkohle 1974-1982
- 4.191 N. N.: Shaft Winding Equipment
Colliery Guardian, Februar 1980, S. 31-34
- 4.192 N. N.: Testing Device for Bennett Catch Gear
Colliery Guardian März 1961, S. 344
- 4.193 N. N.: When life hangs by a slim rope
Pit Quarry Juni 1979, S. 62-65, 68

Quellenverzeichnis zu Kapitel 5:
Kollision von Transportmitteln

- 5.1 A d k i n s , G.: Analysis of Mobile Mining Equipment Pivot Pin Wear
USBM (1979) OFR 111-79
- 5.2 A n k e n b r u c k , H.O.: Hazard Analysis of Underground Coal Mine
Haulage Systems
USBM (1975) OFR 100-75
- 5.3 B a k e r : An Aurotaded Bibliography of Metal and Nonmetal Mine
Fire Report I, II, III
USBM, OFR 68-81 (1981)
- 5.4 B a l l i o t , A.: Transport durch Gleislosfahrzeuge
Komm. d. EG (1978); Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage
Bd. 1, S. 157-191 & Bd. 2, S. 59-91
- 5.5 B a r r y , T.: One Handling Equipment Operations Safety Study in
Underground Metal and Nonmetal Mines
USBM (1975) OFR 86-75
- 5.6 B o e c k l e r , G.: Eine Untersuchung von Ausfallcharakteristiken
und deren betrieblichen Auswirkungen als Beitrag zur Instandhaltungsplanung,
dargestellt am Beispiel untertägig eingesetzter Fahrlader
Dissertation, TU-Clausthal, Fakultät f. Bergbau, Hüttenwesen und
Maschinenwesen, 27.05.1981
- 5.7 B ö t t c h e r , W.: Der Einsatz gleisloser Dieselfahrzeuge unter Tage
aus der Sicht der hessischen Bergbehörde
Kali und Steinsalz 7 (1977) 3, S. 124-127
- 5.8 B r a d b u r y , R.A.: Diesel haulage experience in the Martin Coahty
Coal Corp. with emphasis on health and safety aspects
USBM (1975), C 8666, Symp. of diesel-powered equipment in underground
mines. Pittsb. 30.-31.1.73
- 5.9 B ü n s o w , R. u. a.: Wartung und Instandhaltung gleisloser Fahrzeuge
und deren Motoren
Kali u. Steinsalz 7 (1977) 3, S. 90-100
- 5.10 B u r g h a r d t , G.A. u. a.: Die historische Entwicklung der Mechanisierung
durch Einsatz von gleislosen Dieselfahrzeugen
Kali und Steinsalz 7 (1977) 3, S. 83-89
- 5.11 B u r n a t , B.: Brandgefahren beim Einsatz von Fahrzeugen mit Verbrennungs-
motoren im untertägigen Bergbau
FFH A 614 (1979), S. 11-26
- 5.12 C h a l p i n , E.S.: Hazards and Safety analysis of various Power systems
for coal mine shuttle cars
USBM (1975) IC 8666 Symp. of diesel-powered equipment in Underground mines
Pittsb. 30.-31.1.73
- 5.13 C h i r o n - i s , N.P.: How to prevent loader rollovers
Coal Age. 86 (1981) 12, S. 62-65
- 5.14 C h i t a l e y , A. u. a.: Supply Handling Underground with a Forklift
Mining Congress Journal 68 (1982) 4, S. 44-48
- 5.15 C h r i s t e n s e n , B.C.: Improved Fire Protection System for
Underground Fueling Areas. USBM, OFR 120-78 (1978)
- 5.16 C o h r s , H.H.: Auch Maschinen brennen - Feuerschutz in Radladern
Hoch- u. Tiefbau 34 (1981) 4, S. 38
- 5.17 D a r e t , J.: Transportsysteme mit bereiften Fahrzeugen bei
"Houillères de Provence"
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981) S. 55-72
- 5.18 D r e w s , E.: Gleislosfahrzeuge im Bergbau unter besonderer Berücksichtigung
des Einsatzes von Servicefahrzeugen
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V. Essen (1981), S. 73-94

- 5.19 D r e y e r , H.: Sicherheitliche Gesichtspunkte beim Einsatz dieselgetriebener Fahrzeuge unter Tage
Kali und Steinsalz 7 (1977), S. 119-123
- 5.20 D r e y e r , H.: Sicherheitliche Erfahrungen beim untertägigen Betrieb gleisloser Fahrzeuge im niedersächsischen Bergbau
Kali und Steinsalz 7 (1978) 6, S. 256-265
- 5.21 D r e y e r , H.: Zweckmäßige Ausstattung hydraulischer Anlagen von gleislosen Fahrzeugen im Nichtkohlenbergbau
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 149-158
- 5.22 F a r i s , Fr. E.: Sicherheitsbedingungen für den Einsatz von Gleislosfahrzeugen im US-Bergbau
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 49-54
- 5.23 F i s c h , W. u. G u r s k i , H.: Stand und Aufgaben des Brandschutzes im Salzbergbau
FFH A 614 (1979), S. 73-83
- 5.24 F i s h , R.: MAPAO head calls for less talk, more action
Canadian Mining Journal 98 (1977) 7, S. 8-22
- 5.25 G e i p i n g , H.: Besonderheiten der elektrischen Ausrüstung in Gleislosfahrzeugen
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 159-168
- 5.26 G e n e r , D.: Mine transportation as a new point in work safety
Vuglishta, 35 (1980) 7, S. 37-38
- 5.27 G r e e n e , P.: Designing Safety into Underground mining equipment - Fire Suppression on face machinery
Mining Congress Journal (1973) 9, S. 49-54
- 5.28 G r i g g s , P.: Safe operation of front end loaders
Canadian Mining Journal (1976) 3, S. 34
- 5.29 G r ü b l e r , G.: Fahrbahnen unter Tage
Kali und Steinsalz 5 (1968), S. 20-26
- 5.30 G u n t e r m a n n , A.: Prüfung von Gleislosfahrzeugen auf der Fahrversuchsstrecke der Bergbau-Forschung GmbH
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 181-192
- 5.31 H e i m , W.: Gleislostechnik in den Bergwerken der "Kali und Salz AG"
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 109-112
- 5.32 H i l t z , R.H. u. R o e h l i c h , F.: Fires suppression of mining equipment, Final Report, NTIS
USBM (1973), PB-236592
- 5.33 H o l t e i , H.: Probleme der Abgasemission von Gleislosfahrzeugen mit Verbrennungsmotorenantrieb im Untertagebetrieb
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 113-122
- 5.34 J o h n s o n , G.A.: Improved fire protection systems for mobile mining equipment
USBM (1977) IC 8752
- 5.35 J o h n s t o n e , H.A.: Trends in trackless mining
Mining Magazine 121 (1975) 1, S. 44-50 u. 2, S. 105-120
- 5.36 K a r k o s k a , E.J.: Fire loss of a large haulage truck
Mining Congress Journal 68 (1982) 3, S. 21-25
- 5.37 K a r l o v s k y , J.: Engineering criteria for selecting diesel- or electric-powered equipment for underground mining application
USBM (1975) IC 8666, Symp. of diesel-powered equipment in underground mines, Pittsburgh 30.-31.1.73

- 5.38 K a u f m a n n , W.W. u.a.: Brake Evaluations & Recommendations. Evaluation and Development of Performance Requirements of Braking systems for Rubber-Tired Mining Equipment in Underground Non-Coal Mines USBM (1977), Final Report No. OFR 21 (1)-78
- 5.39 K n o p p , R.A.: Concepts in LHD-Design Mining Magazine 121 (1975) 1, S. 51-52
- 5.40 L a k a n e n , T.L.: Remote Control Load-Haul-Dump Units Mining Congress Journal 66 (1980) 3, S. 37-40
- 5.41 L e a s e , W.D.: Development, installation, and testing services for an automatic, point type protection system on a mining dozer USBM (1976) PB 266075 UFR 71-77
- 5.42 L e r c h e , R.: Untertage-Werkstatt für Gleislosfahrzeuge im Erzbergwerk am Rammelsberg Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 95-98
- 5.43 L e w i s , R.: How mining fires can happen - lessons learned from the past. Mine Safety and Health 6 (1981) 2, S. 11-17
- 5.44 L i n d e c k e , B.: Ausnutzungsgrad und Abgasverhalten von Gleislosfahrzeugen im Untertage-Einsatz Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 99-108
- 5.45 L i n d s t e n , B.: A comparative Study of Air and Diesel Powered LHD Machines Mining Magazine 121 (1975) 2, S. 99-101
- 5.46 M a n n a , L.M.: Automatic emergency braking system for mine haulage cars United States, Bureau of Mines, Gard Inc., NTIS, 1977, USBM (1978) OFR 42-78 PB 281930/8GA
- 5.47 M a r t h , W.: Bergbehördliche Anforderungen an Brand- und Explosionsschutz beim Einsatz von Gleislosfahrzeugen im untertägigen Steinkohlenbergbau Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 123-128
- 5.48 M a r x , K.W.: Die Auslegung von gummibereiften Fahrzeugen für den Untertage-Bergbau unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 129-148
- 5.49 M a r x , K.W.: Die Sicherheitstechnik an gummibereiften Fahrzeugen für den Bergbau unter Tage Glückauf 118 (1982) 3, S. 140-148
- 5.50 M c D o n a l d , L.B.; P o m r o y , W.H.: A statistical analysis of coal mine fire incidents in the United States from 1950 to 1980 USBM (1980) IC 8830
- 5.51 M i l e s , N.J.: Safe LHD-Operation requires a close look Canadian Mining Journal 93 (1972) 9, S. 39-43
- 5.52 M o g a n , J.P.: Risk analysis applied to flameproofing of diesel exhaust systems preliminary phase Int. Konf. für Arbeitssicherheit, Washington 1975
- 5.53 M o g a n , J.P.: Factors affecting explosion pressures in flameproof diesel exhaust systems Int. Konf. über Arbeitssicherheit der BB-Industrie, Cautet, Jugoslawien, 7.-14.10.79
- 5.54 M o r l e y , L.A.: Coal Mine Electrical System Evaluation Vol. V, Battery and Battery Charging Safety USBM (1977) OFR 61-78
- 5.55 N u s s e y , C.: Causes of minor injuries in transport and handling, Colliery Guardian 230 (1982) 1, S. 22-23

- 5.56 N.N.: Bericht über das Bergwesen im Lande Hessen für das Jahr 1965 bis 1982
Wiesbaden
- 5.57 N.N.: Jahresbericht des Oberbergamtes Clausthal-Zellerfeld 1965-1982
Clausthal-Zellerfeld
- 5.58 N.N.: Jahresbericht des Oberbergamts für das Saarland und das Land
Rheinland-Pfalz 1965-82
Saarbrücken
- 5.59 N.N.: Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörde des Landes Nordrhein-Westfalen
im Jahre 1965 bis 1982
- 5.60 N.N.: Technische Jahresberichte der Steinbruch-Berufsgenossenschaft 1978 bis 1982
- 5.61 N.N.: Unfall bei der Bedienung eines Seitenkippladers
Glückauf 107 (1971) 3, S. 100
- 5.62 N.N.: Memento for drivers of trackless vehicles. Hoillères du Bassin Centre-Midi:
Provence
Handbook Jun. 1973 37 p (HSE Transl. no. 7237)
- 5.63 N.N.: Fail-safe emergency brake system for mining vehicles. United States Bureau
of Mines Technology News. Apr. 1978, no. 46,
622.005 - 59
- 5.64 N.N.: The anatomy of a miner's death in a safe loader.
Mine-Safety and Health 3 (1978) 5, S. 1-5
- 5.65 N.N.: Papers presented at two symposia on mine fires held on 10th March and
21st April, 1977. Association of Mine Managers of South Africa. Mine Ventilation
Society of South Africa. Johannesburg, Chamber of Mines of South Africa, 1979,
281 pp.
- 5.66 N.N.: Diesel Power Underground-Productivity Potential Sparks Health Controversy
Mining Engineering 31 (1979) April, S. 370-375
- 5.67 N.N.: Fire Suppression systems for mining vehicles
Australian Mining 71 (1979), S. 22-24
- 5.68 N.N.: Grundsätze für die Meldung und die Erfassung von Unfällen
Bergbehörden, Bergbauberufsgenossenschaft und Steinkohlenbergbauverein 1980
- 5.69 N.N.: The Consequences and Frequency of Man-originated Accident Events
Office of radiation programs, Wash. D.C. (Jun. 80) EPA-520/3-75-016
- 5.70 N.N.: Surface mine truck safety.
United States, Bureau of Mines (1980) IC 8828 61 pp.
- 5.71 N.N.: Technische Anforderungen an die Bauart von Fahrzeugen mit Verbrennungs-
motoren in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen (Fahrzeugbauvorschriften)
OBA in Clausthal-Zellerfeld, 12. Aug. 1981
- 5.72 N.N.: Richtlinien für den Betrieb von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen
in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen (Fahrzeugbetriebsricht-
linien)
OBA in Clausthal-Zellerfeld, 12. Aug. 1981
- 5.73 O b e r s t e - B e u l m a n n , K.: Die Systematik der Gleislosfahrzeuge
für den Transport im Steinkohlenbergbau unter Tage aus der Sicht des Herstellers
sowie sicherheits- und wartungsorientierte Konstruktionskriterien
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 193-204
- 5.74 O g d e n , S.O.: Economics Safety, and Operating Advantages of Diesels in
underground coal Mines
Mining Congress Journal 64 (1978) 9, S. 237-242

- 5.75 O w i n g s , C.W.: Some Hazards of Transporting Explosives in Automobile Trucks
USBM (1930) IC 6330
- 5.76 P a t h a k , J.: Haulage Related Accidents in Canada
Canadian Mining Journal (1981) 7, S. 23-28
- 5.77 P f a n n e n s t i e l , Ph. K.: Gleislostechnik unter Tage
Glückauf-Betriebsbücher Bd. 21, Verlag Glückauf GmbH, Essen (1979)
- 5.78 P f a n n e n s t i e l , Ph. K.: Einsatz von Gleislosfahrzeugen im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik Deutschland
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 13-26
- 5.79 P h i l l i p s , H.: Experiments in the laboratory with flameproof diesel engines
Int. Konf. von Grubensicherheits-Instituten, Katowitz, Polen, 5.-13.10.1981
- 5.80 P o c h c i a t , Z.: Hazards associated with the operation of diesel driven mining machines in the legnica Glogow mining basin
Przezl. Gorn. 33(7/8); 352-359 (Jul. 1977)
- 5.81 P o m r o y , W.H., B i c k e l , K.L.: Automatic fire protection systems for surface mining equipment.
United States. Bureau of Mines (1980) IC 8832 38 pp
- 5.82 R a o , K.V. u.a.: Coal Productive Potential of Diesel Load-Haul-Dump Equipment and Systems
Mining Congress Journal 61 (1975) 12, S. 18-23
- 5.83 R e i d , G.R.: Development of an Automatic Fire Protection System for Mobile Underground Metal Mining Equipment
USBM (1976) PB-254.851, OFR 81-76
- 5.84 R e i d , G.R.: Automatic fire protection for mobile underground metal mining equipment Executive summary of final report, volume 1, vol. 2
Ansul Co., United States Bureau of Mines (1976) (PB 268735) USBM OFR 111 (1)-77
- 5.85 R i c h a r d s , D.: Safety Aspects of Underground Haulage and Transport Systems
Mining Technology 63 (1981) 724, S. 71-74
- 5.86 R o d g e r s , J.: Trackless Vehicles-Operational Experience
The Mining Engineer 141 (1981) 240, S. 139-147
- 5.87 R o e h l i c h , J.R.: Demonstration of Fire Suppression Systems on Underground Mining Equipment
USBM (1978) OFR 20-78
- 5.88 R o t h m a n n , W.: Besondere Anforderungen an die Bremsanlagen von Gleislosfahrzeugen in Grubenbauten
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 205-212
- 5.89 S a c h e r , H. u.a.: Betriebsergebnis bei der rationellen Fließfertigung von Grubenfahrbahnen im Kalibergbau
III. Intern. Kali Symposium 1965
VEB-Verlag f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1967
- 5.89a S c o t t , F.E.: Diesels underground: overcoming a bad image
Coal Mine Process. 19 (1982) 8, S. 45-48
- 5.90 S e e g e r , H.G.: Ergebnisse der 17. Internationalen Konferenz von Instituten für Grubensicherheit 1977 in Varna
Glückauf 114 (1978) 22, S. 996-998
- 5.91 S m i t h , J.W.: Dieselsicherheit im Untertagebergbau in den Vereinigten Staaten
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 41-48

- 5.92 S w o b o d a , H.W.: Untersuchung des Ausfallverhaltens von Baumaschinen; systematische Schadendatenerfassung zur Planung der Instandsetzung im Baubetrieb
Dissertation, Braunschweig, TU-Carola-Wilhelmina, Fakultät f. Bauwesen (1978) Dezember
- 5.93 S c h m a l g e m e i e r , W.: Spezielle sicherheitstechnische Probleme durch gleislose Fahrzeuge im Nichtsteinkohlenbergbau
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 213-222
- 5.94 S c h e e l e , K.: Einsatz von Gleislosfahrzeugen unter Tage - Randbedingungen und Auslegung
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 223-232
- 5.95 S t a r k , A.: Überlegungen zur Fahrzeug- und Systemtechnik für den Einsatz von Gleislosfahrzeugen im Untertagebetrieb von Schachtanlagen der Bergbau AG Lippe
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 27-40
- 5.96 S t e a r s , J.H.: Roof-fall resupport accidents, a study
USBM (1976) IC 8723
- 5.97 T h o e n e s , H.W.: Schlußwort
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 233
- 5.98 T h o m s o n , B.: Safety Viewpoints on underground Ramps
Canadian Mining Journal 94 (1973) 9, S. 24-30
- 5.99 T r a f t o n , B.A.: Diesel Haulage Equipment in an underground potash mine
USBM (1975) IC 8666, Symp. of Diesel-powered eq. in underground mines
Pittsb. 30.-31.1.73
- 5.100 V a a n a n e n , W.R.: Brakes, steering vital to LHD-System
Canadian Mining Journal 93 (1972) 9, S. 48-50
- 5.101 V a n a t o r n , J.: The safety devices of flame-proof diesel mine engines
Int. Konf. über Arbeitssicherheit in der BB-Industrie
Cavtat, Jugoslawien, 1.-14.10.1979
- 5.102 W a y t u l o n i s , R.W.: State regulations pertaining to the use of internal combustion engines underground.
United States Bureau of Mines (1981) IC 8845
- 5.103 W o o d l e y , J.N.L.: Der Einsatz von Gleislosfahrzeugen im britischen Kohlenbergbau und die spezielle Fahrbahndecke, die dazu erforderlich ist
Rheinisch-Westfälischer TÜV e.V., Essen (1981), S. 169-180
- 5.104 Z o r y c h t a , H.: Canadian experience using diesels in underground coal mines
USBM Symp. of diesel-powered equipment in underground mines, Pittsburgh 30.-31.1.73 (1975) IC 8666
- 5.105 Z u r , T.: Brandgefährdung im Bergbau durch Hydrauliköle
FFH A 614 (1979), S. 27-33

Quellenverzeichnis zu Kapitel 6:
Brände unter Tage

- 6.1 A h l é n , B. und Ö d e e n , K.: Fire Test of Metro-Car for the Stockholm Underground System
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe 1982, Band II, Thema 5, S. 93-104
- 6.2 A l b e r t , H.: Überlegungen zum vorbeugenden Brandschutz an U-Bahn-Schiene-fahrzeugen der Hamburger Hochbahn AG.
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe 1982, Band II, Heft 5, S. 123-138
- 6.3 A s h d o w n , F.E.: Fire-Resistant Hydraulic Fluids,
West Miner 47 (1974) 4, S. 121-124
- 6.4 A s c h o f f , V.: Über die Projektierung selbsttätiger Brandmeldeanlagen
VFDB-Z. 18 (1969) 4, S. 161-166
- 6.5 A u s o b s k y , S.: Beitrag zur Beurteilung der Brandgase von Kunststoffen
VFDB-Z. 16 (1967) 2, S. 58-66
- 6.6 B a k e r , R.M.: An Annotated Bibliography of Metal and Nonmetal Mine Fire Reports, Volume I
Allen Corp. of America, Alexandria, VA.
Bureau of Mines, Washington, DC. (O57388000) PB 81-223711
- 6.7 B a l l i o t , A.: Transport durch Gleislosfahrzeuge
Kom. d. EG "Fördertechnik im Steinkohlenbergbau unter Tage" (1978),
Bd. 1, S. 157-191; Bd. 2, S. 59-91
- 6.8 B a m e r t , A.E.: Brandschutzmaßnahmen in unterirdischen Anlagen
Fire (1977) Nr. 863, S. 605-607
- 6.9 B a m e r t , A.E.: Brandschadenverhütung in Tiefbauten
Fire international (1977) 55, S. 35-41
- 6.10 B a s c h k i r z e w , M.P.: Brandschutz, Aufgaben zur Wärmeübertragung
Staatsverlag der DDR (1979)
- 6.11 B e c k e r , W.: Brandschutzprobleme bei der Planung komplizierter Bauten
VFDB-Z. 23 (1974) 1, S. 17-21
- 6.12 B e c k e r , W.: Voraussage des Brandgeschehens aufgrund der Ergebnisse von Brandversuchen
VFDB-Z. 24 (1975) 1, S. 4-11
- 6.13 B e c k e r , W.: Vergleich europäischer Vorschläge zur Ermittlung des Brandrisikos von Gebäuden
VFDB-Z. 24 (1975) 2, S. 64-68
- 6.14 B e d i a : Grubenkomplikationen
Techn. Handbuch, Bonn, 1973
- 6.15 B e r g e r , W.: Zur Charakterisierung des Brandverhaltens von Werkstoffen
VFDB-Z. 29 (1980) 2, S. 45-47
- 6.16 B i c k e l , K.: Metal Mine Fire Protection Research
Bureau of Mines Technology Transfer Seminar, Tucson, Ariz. March 18, 1977
- 6.17 B o h l , P.: Auswertung von Erfahrungen von Bränden im Mineralölbereich
VFDB-Z. 28 (1979) 3, S. 104-108
- 6.18 B o n e , E.A.: Fire Underground
Colliery Guardian 222 (1974) 11, S. 384-385
- 6.19 B o n g a r d , W.: Zum Brandverhalten von Stahlbauteilen
VFDB-Z. 23 (1974) 2, S. 36-43
- 6.20 B o t h , W.: Erfahrungen des Ruhr- und Steinkohlenbergbaus auf dem Gebiet der Bekämpfung der offenen Grubenbrände
Int. Konf. von Grubensicherheitsinstituten, Donezk, UdSSR, 1971

- 6.21 B o t h , W.: Löschen offener Grubenbrände
Glückauf 108 (1972) 25, S. 1195-1200
- 6.22 B o t h , W. u.a.: Bekämpfung eines verdeckten Grubenbrandes durch Einleiten
von Stickstoff
Glückauf 111 (1975) 20, S. 979-982
- 6.23 B o t h , W.; M ü l l e r , R.: Grubenbrandbekämpfung mit Stickstoff im
deutschen Steinkohlenbergbau
Glückauf 115 (1979) 19, S. 944-949
- 6.24 B o t h , W. u.a.: Abschätzung des Brandauftriebs in geneigten Grubenbauen
auf der Grundlage der vorhandenen Brandbelastung
Glückauf 118 (1982) 5, S. 253-257
- 6.25 B r a d b u r y , R.A.: Diesel Haulage Experience in the Martin County Coal
Corp. with Emphasis on Health and Safety Aspects
USBM (1975) IC 8666
- 6.26 B r ä u t i g a m , H.: Stationäre Feuerlöschanlagen mit dem Löschmittel Halon
aus der Sicht der Löschmittelhersteller
VFDB-Z. 29 (1980) 3, S. 72-75
- 6.27 B r a u n : Drei Brandfälle in Bremen
VFDB-Z. 18 (1969) 4, S. 134-135
- 6.28 B r a u n , E.: Review of Fire Test Methods and Incident Data for Portable
Electric Cables in Underground Coal mines
National Bureau of Standards, Washington, DC.
National Engineering Lab. Bureau of Mines, Pittsburgh, PA
Mine Safety and Health Administration, Philadelphia, WV (OO4692218)
- 6.29 B r e d e n b r u c h , E.: Bekämpfung von Grubenbränden
Glückauf 90 (1954), S. 769 ff
- 6.30 B r e i n , D.: Zum Abbrandverhalten von Feststoffen bei Bränden-Versuche und
Modellrechnungen- Teil 1: Versuche
Bericht Nummer 43 der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V-Unterausschuß "Feuerwehrangelegenheiten", Karlsruhe 1981
- 6.31 B r ö m m e , H.: Statistische Erfassung von Fahrzeugbränden
TÜV-Auto Report '75
- 6.32 B r y c e , J.N.: A review of recent colliery fires and consequent lessons
Int. Mine Ventilation Soc. of South-Africa (1977) Oct., S. 205-209
- 6.33 B u b , H.: Sicherheitskonzept für den konstruktiven baulichen Brandschutz:
Brandbelastung-Brandwiderstand
VFDB-Z, 28 (1979) 2, S. 40-51
- 6.34 B ü c h e r , H.: Offene Grubenbrände durch Fremdentzündung und Hinweise zu
ihrer Verhütung
Glückauf 100 (1964) 16, S. 968-977
- 6.35 B ü r g i , H.: Brandversuche in Park- und Tiefgaragen in der Schweiz durchgeführt
Fire international (1971) 33, S. 64-77
- 6.36 B ü r g i , H.: Tunnelbrandbekämpfung
Schweizerische Feuerwehr-Z. 103 (1977) 2, S. 57-68
- 6.37 B u r b a u m , G.: Einsatzgrundsätze bei Schadensfällen mit gefährlichen Stoffen
VFDB -Z. 26 (1977) 4, S. 101-106
- 6.38 B u r n a t , B. u.a.: Brandgefahren beim Einsatz von Fahrzeugen mit Verbrennungs-
motoren im untertägigen Bergbau
FFH A 614 (1979) S. 11-27
- 6.39. B u r n a t , B. u.a.: Probleme des Brandschutzes von Bandförderanlagen u. Tage
FFH A 614 (1979) S. 35-55

- 6.40 C h a i k e n , R.F.: Heat Balance in Situ Combustion
USBM (1977) RI 8221
- 6.41 C h a i k e n , R.F.: Selected Topics in mine fire research
US Bur of Mines, Pittsburgh Min. & Saf. Res. Cent. Pa
Proc Sem Dashes Nat 1 Symp on Fire Saf Aspects of Polym Mater,
Carnegie Inst. Washington, DC. Jun 6-8 1977 Publ by Am Chem Soc,
Washington, DC 1977 34 p
- 6.42 C h a m b e r l a i n , E.A.C.: Early Detection of Mine Fires by Monitoring
Carbon Monoxide in the Upcast and Downcast Air.
Int. Konf. für Grubensicherheit, Washington 1975
- 6.43 C h a n d l e r , S.E.: Vehicle Fires on Motorways in 1969
Dep. of the Environment and Fire Office Committee
Joint Fire Research Organisation
- 6.44 C r o f t , W.M.: Fires involving Explosions - A Literature Review
Fire Safety Journal 3 (1980/81) 1, S. 3-24
- 6.45 D a l h o f f , W. u. a.: Fluchtleitsysteme zur Evakuierung von Menschen aus
Gebäuden bei Gefahr
VFDB-Z. 26 (1977) 1, S. 37-40 u. 2, S. 46-51
- 6.46 D a n n e r , M. u. A n s e l m , D.: Brandausbreitung von Vergaserbränden
an Personenkraftwagen
Der Maschinenschaden 50 (1977) 2, S. 61/66
- 6.47 D a n n e r , D. u. a.: Elf Jahre Institut für Kfz-Technik
Der Maschinenschaden 55 (1982) 2, S. 145-152
- 6.48 D a r e t , J.: Gleislostechnik in der Reviergesellschaft Provence
Glückauf 117 (1981) 19, S. 1311-1317
- 6.49 D ö r r , E.: Probleme bei Hydraulikanlagen mit schwerentflammbaren Hydraulik-
flüssigkeiten
Glückauf 114 (1978) 5, S. 220-224
- 6.50 D o m b r o w s k y , W.: Katastrophe nach Fahrplan
S-Bahn Brand von Hamburg-Altona am 8.4.1980
Sonderdruck, S.8.-13
- 6.51 D r e y e r , H.: Sicherheitliche Erfahrungen beim untertägigen Betrieb
gleisloser Fahrzeuge im niedersächsischen Bergbau
Kali und Steinsalz 7 (1978) 6, S. 256-265
- 6.52 E d w a r d s , J.C. u. a.: Cylindrical Duct Fire Spread
USBM (1977) RI 8258
- 6.53 E h m , H.: Neue Wege der Brandforschung: Natürliche Brände und Möglichkeiten
ihrer Umrechnung
VFDB-Z. 19 (1970) 2, S. 55-61
- 6.54 F a l l e n , M.: Wärmeübergang im Rohr mit überlagerter Strömungspulsation
Wärme- und Stoffübertragung 16 (1982), S. 89-99
- 6.55 F a n c o n n i e r , C.J.: The early detection of fires and spontaneous
heatings in South Africa collieries
Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,
May 1981, S. 122-130
- 6.56 Feuerwehr Tokyo
Brand des Nihonzaka-Tunnel, Japan, im Zuge des Tomei-Highway vom 11.-18. Juli 79)
Feuerwehr, Brandschutzabteilung der Behörde für Inneres, Freie und Hansestadt
Hamburg
- 6.57 F i s c h , W. u. G u r s k i , H.: Stand und Aufgaben des Brandschutzes
im Salzbergbau
FPH A 614 (1979), S. 73-83

- 6.58 F i s c h e r , D. u.a.: Steuer- und Überwachungsgeräte für die Explosions- und Brandbekämpfung
Int. Konf. f. Grubensicherheit, Washington (1975)
- 6.59 F i s c h e r , K.: Zur Frage der Korrosionsfolgeschäden durch PVC-Brandgase
VFDB-Z. 21 (1972) 1, S. 1-11
- 6.60 F i s c h e r , W.G.: Case History of Diesel use: FMC Corp. Green River Trona Mine
USBM (1975) IC 8666
- 6.61 FMC Corp.: System Application Report: Mine Shaft Fire and Smoke Protection System. Interim Report, Volume 1. Mine Fire Protection for Underground Maintenance Shops.
Bureau of Mines (1976) OFR 43 (1)-77
- 6.62 F r a n k e , W.-D.: Schmierstoffe und ihre Anwendung
C. Hansen Vlg., München, 1971
- 6.63 F r i c k , G.: Notwendige Forschungsvorhaben zur Anpassung von technischem Regelwerken an die heutigen Gegebenheiten der Praxis am Beispiel Brandschutz im Bereich der Mineralölindustrie
VFDB-Z. 28 (1979) 3, S. 108-112
- 6.64 G e b h a r d t , M.: Die Änderung des Erscheinungsbildes von Bränden und die Probleme der heutigen Brandbekämpfung
VFDB-Z. 18 (1969) 4, S. 125-132
- 6.65 G e b h a r d t , M.: Praktische Erfahrungen über Brandverläufe in Großraumfahrzeugen
VFDB-Z. 15 (1966) 4, S. 128 ff
- 6.66 G e n t h e , M. u.a.: Die Bekämpfung eines offenen Grubenbrandes mit Objektinertisierung durch Stickstoff
Glückauf 113 (1977) 8, S. 407-411
- 6.67 G i r n a u , G. u. H a a c k , A.: Brandschutz beim Tunnelbau
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen STUVA (Hrsg.)
Alba Buchverlag, Düsseldorf 1971
- 6.68 G l a t z , V.: Brandtechnische Prüfungen der für die Gruben vorgesehenen Kunststoffe
FFH A 614 (1979), S. 67-71
- 6.69 G o s s a r d , W.H.: Fire Protection in Underground Transit Systems
some lessons learned
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe, 1982, Band II-Thema 5, S. 81-92
- 6.70 G r a n t , D.B.: The Wabush Mines Fire
Fire Technology (1968) 3, S. 229-238
- 6.71 G r e i g , J.D. u.a.: Studies in South Africa related to Fire Protections in Mines
Int. Konf. f. Grubensicherheit, Washington, 1975
- 6.72 G r e u e r , R.E.: Influence of the mine fires on the ventilation of underground mines
USBM (1973), Rep. No. OFR 74-73, PB 225834
- 6.73 G r u m b r e c h t , K. u. D i e p e n b r o i k , G., H.v.: Prüfung von Bergbau- Betriebsmitteln auf Brandgefährlichkeit
Restricted International Conference of Directors of Safety in Mines Research, Sheffield, England 1965, 12.-16. Juli
- 6.74 G r u m b r e c h t , K.: Brandtechnische Untersuchung und Beurteilung von Gießharzen für den Bergbau
International Conference of Safety in Mines Research, Tokyo, 1969
- 6.75 G r u m b r e c h t , K.: Kriterien der Grubenbrandgefahr bei einer Verwendung von Betriebsmitteln aus Kunststoff
Int. Konf. für Grubensicherheit, Tokyo (1969)

- 6.76 G r u m b r e c h t , K.: Brandtechnische Untersuchungen an Fördergurten für den Steinkohlenbergbau
Glückauf Forschungshefte 34 (1973) 4, S. 130-134
- 6.77 G r u m b r e c h t , K. u. a.: Versuche über Auswirkungen von offenen Grubenbränden auf die Wetterführung bei Abwärtsführung der Wetter
Glückauf Forschungshefte 36 (1975) 2, S. 63-73
- 6.78 G r u m b r e c h t , K.: Brandtechnisches Verhalten von Fördergurten
Glückauf-Forschungshefte 37 (1976) 4, S. 142-147
- 6.79 G ü n t h e r , K.P. und S e e g e r , P.G.:
Mischung und Verbrennung in Diffusionsflammen mit sehr geringer Brennstoffzufuhr
-Tankbrände
VFDB-Z. 24 (1975) 2, S. 29-38
- 6.80 G ü n t h e r , K.P. u. W o l t r a b , O.:
Rauchfreihaltung an innen liegenden Rettungswegen eines Hochhauses durch
andere Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
VFDB-Z. 27 (1978) 3, S. 80-88
- 6.81 H ä f n e r , D. u. a.: Ergebnisse von untertägigen Brandversuchen an Fördergurten
Neue Bergbautechnik 11 (1981) 1, S. 22-26
- 6.82 H a l p a a p , W.: Folgerungen aus der Störfall-Verordnung hinsichtlich der
Planung von Störfallabwehrmaßnahmen
VFDB -Z. 30 (1981) 4, S. 153-161
- 6.83 H a l p a a p , W.: Rauch- und Wärmeabzug bei Bränden - Stand der Arbeiten an
der DIN 18232
VFDB -Z. 28 (1979) 3, S. 113-118
- 6.84 H a m i l t o n , W.: Handbuch für den Feuerwehrmann
Richard Boorberg Vlg., Stuttgart 1981
- 6.85 H a n s e n , M.: Brandbekämpfung und natürliche Lüftung bei Industriehallen
VFDB-Z. 16 (1967) 2, S. 38-40
- 6.86 H e l l m i ß , G.: Zur Frage der Selbstentzündung von Polyesterharzen
VFDB-Z. 27 (1978) 2, S. 37-43
- 6.87 H e r m s , C.-D.: Brandtechnische Anforderungen an elektrische Kabel u.
Leitungen für Grubenbetriebe des Steinkohlenbergbaus
Glückauf 118 (1982) 1, S. 31-33
- 6.88 H e r t e r i c h , O.: Prognosen auf dem Gebiet des Brandschutzes
VFDB-Z. 23 (1974) 4, S. 135-139
- 6.89 H e s e l d e n , A.J.M. u. B o l d w i n , R.:
Rauchausbreitung in Rettungswegen in Gebäuden und deren Kontrolle
VFDB-Z. 24 (1975) 3, S. 87-99
- 6.90 H e s e l d e n , A.J.M.: Studies of Fire and Smoke Behaviour Relevant to Tunnels
2nd Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels
Cambridge (March 1976), Paper CP 66/78
- 6.91 H e s s , G.: Aufbau und Arbeitsweise der Abteilung "Schrifttum, Dokumentation"
und ihre Bedeutung für die Forschungsarbeiten der Versuchsgrube Tremonia
Bergbau 28 (1977) 8, S. 299-302
- 6.92 H e y m , W.: Measurements of smoke density underground at the Tremonia
Experiental Mine for the determination of visual ranges in fore gases
17. Int. conf. of mining safety research. Varna, Bulgaria, 3-7 Oct 1977,
Preprints. Paper D-2
- 6.93 H i l t z , R.H. u. R o e h l i c h , F.:
Fire suppression of mining equipment
Final Report, NTIS, PB 236592 (1973)
- 6.94 H o f m a n n , K.: Beanspruchung durch vollentwickelten Brand und durch Flugfeuer
und strahlende Wärme
VFDB-Z. 27 (1978) 4, S. 121-125

- 6.95 H o f f m a n n , W. und J o h n , R.:
Modellbrandversuche
Bericht Nummer 12 der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V - Unterausschuß "Feuerwehrangelegenheiten"
2. Auflage, Karlsruhe 1981
- 6.96 H u e r n e : Abschlußbericht über: Die Ausbreitung von Kraftfahrzeugbränden
und die Temperaturbeanspruchung tragender Bauteile bei Kraftfahrzeugbränden
in geschlossenen Garagen sowie Wirksamkeit der Sprinkleranlagen
Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe (TH)
- unveröffentlicht -
- 6.97 H u s e r , J.: Brandschutz in unterirdischen Verkehrsanlagen. Die Lösung des
Brandschutzes in den Autobahntunneln Seelisberg und Gotthard
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe 1982, Band II, Thema 5, S. 139-156
- 6.98 J a c h , W.: Praktische Erfahrungen über Brandverläufe in Großraumfahrzeugen
Teil 2, Material- und modelltechnische Untersuchungen
VFDB-Z. 16 (1967) 1, S. 1-11
- 6.99 J a c h , W.: Über den Wert von Brandobjektuntersuchungen für aktuelle Probleme
der Brandentwicklung und Brandausweitung
VFDB-Z. 23 (1974) 4, S. 131-135
- 6.100 J o h n , R.: Das Brandverhalten von elektrischen Kabeln im Zwischendeckenbereich
VFDB-Z. 25 (1976) 2, S. 41-50
- 6.101 J o h n , R.: Maßnahmen zum Schutz der Rettungswege gegen Rauchgaseintritt
VFDB-Z. 27 (1978) 1, S. 34-36 u. 2, S. 56-58
- 6.102 J u l g a , G.: Probleme der Einsatzplanung zu Bränden von schienengebundenen
Verkehrsmitteln in unterirdischen Verkehrsanlagen am Beispiel der Hamburger
Schnellbahnen
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe 1982, Band II, Thema 5, S. 105-122
- 6.103 J u n g , G. u. R e u t e r , H.:
Grundsätzliche, physikalische Einflußgrößen bei der Projektierung einer Rauch-
und Wärme-Abzugsanlage
VFDB-Z. 24 (1975) 1, S. 19-26
- 6.104 K a p p e l m e y e r , O.: Klimabeeinflussende Größen
Kali und Steinsalz 3 (1963) 11, S. 350-362
- 6.105 K a r k o s k a , E.J.: Fire Loss of Large Mine Haulage Truck
Mining Congress Journal 68 (1982) 3, S. 21-25
- 6.106 K a r l s c h , D.: Räumungsuntersuchungen als Grundlage für die Projektierung
von Rettungswegen
VFDB-Z. 24 (1975) 3, S. 100-101
- 6.107 K a r l s c h / H a r t m a n n : Bericht über den U-Bahn-Brand in Köln,
Haltestelle Hansaring (nicht veröffentlicht)
VFDB-Referat 1 - Stadt Köln
Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Zivilschutz, Köln
- 6.108 K e l l e v , J.E.: Spark-Shower Radiance of Metal Grinding Sparks
USRM (1974) RI 7902
- 6.109 K e n n e d y , M. u. R o b e r t s , A.F.:
Modelling of Mine-Roadway Fires
Restr. Int. Conf. of Directors of Safety in Mines Research, Sheffield,
England, 1965
- 6.110 K l i n g e l h ö f e r , H.G.: Versuche an Baustoffen in Dortmund
VFDB-Z. 27 (1978) 4, S. 102-103
- 6.111 K l o s e , A.: Brandsicherheit baulicher Anlagen
Werner Verlag, Düsseldorf, 1978, Bd. 1

- 6.112 K n u b l a u c h , E.: Zum Problem der Prüfung des Brandrisikos von Verkleidungsbaustoffen
VFDB-Z. 23 (1974) 4, S. 106-110
- 6.113 K o r d i n a , K.: Entwurfsgrundlagen für Bauwerke aus Stahlbeton und Spannbeton unter Berücksichtigung des Katastrophenfalles Brandbeanspruchung
VFDB-Z. 22 (1973) 2, S. 71-78
- 6.114 K o r d i n a , K.: Beton-Brandschutz-Handbuch
Beton-Verlag (1981)
- 6.115 K o r d i n a , K.: Brandentwicklung in unterirdischen Verkehrsanlagen und Brandbeanspruchungen der Umschließungsbauteile
VFDB 6. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe 1982, Band II, Thema 5, S. 157-175
- 6.116 K o r d i n a , K. und M e y e r - O t t e n s , C.:
Über den Einfluß der Brandlast auf Brandraumtemperatur und Feuerwiderstandsdauer bei der Prüfung von Beton- und Holzwänden nach DIN 4102 (1. Teil)
VFDB-Z. 18 (1969) 4, S. 166-168
- 6.117 K o r d i n a , K. u. M e y e r - O t t e n s , C.:
Über den Einfluß der Brandlast auf Brandraumtemperatur und Feuerwiderstandsdauer bei der Prüfung von Beton- und Holzwänden nach DIN 4102 (Schluß)
VFDB 1/70, 5-8
- 6.118 K u c h t a , J.M. u.a.: Improved Fire Resistance Test Method for Belt Materials
Fire Technology (1981) 2, S. 120-130
- 6.119 K u g l e r , V. u.a.: Bekämpfung eines Grubenbrandes auf der Zeche Osterfeld durch Einleiten von Stickstoff
Glückauf 111 (1975) 10, S. 467-472
- 6.120 L a n d s b e r g , E.H.: Stationäre Feuerlöschanlagen mit dem Löschmittel Halon aus der Sicht der Anlagenhersteller
VFDB-Z. 29 (1980) 3, S. 75-78
- 6.121 L i n t z e n , R.: Aktuelle, sicherheitliche Probleme im Salz- und Erzbergbau
HSC-Abstract, Vol. 27, European Communities, 1977
- 6.122 L ö f f l e r , C.: Beitrag zur Messung der Rauchgasdichte von Kunststoffen
VFDB-Z. 28 (1979) 4, S. 176-180
- 6.123 L u c k , H.: Zur Festlegung von Ansprechgrenzen bei thermischen Brandmeldesystemen
VFDB-Z. 16 (1967) 2, S. 40-43
- 6.124 M a r x , K.-W.: Die Sicherheitstechnik an gummibereiteten Fahrzeugen für den Bergbau unter Tage
Glückauf 118 (1982) 3, S. 140-148
- 6.125 M a s s e i : Probleme für die Feuerwehr bei der Bekämpfung eines Tunnelbrandes in Frankreich
Fire International 33 (1971), S. 37-45
- 6.126 M a t s u n r a , S. u.a.: Experimental Study on the Fire-Resistant Zones for Underground Gallery
Int. Konf. von Grubensicherheitsinstituten, Katowitz, (1981)
- 6.127 M c D o n a l d , L.B.; P o m r o y , W.H.:
A statistical Analysis of Coal Mine Fire Incidents in the United States from 1950 to 1977
USBM (1980) IC 8830
- 6.128 M c D o n a l d , L.B.; B a k e r , R.M.:
An annotated bibliography of coal mine fire reports
United States. Bureau of Mines, NTIS USBM (1980) OFR 7 (1)-(3)-80
- 6.129 M e n g e s , G.: Brandversuche an Lüftungskanälen aus Polyolefinen
VFDB-Z. 15 (1966) 3, S. 85-96
- 6.130 M e t z n e r , S c h u l z e u n d V i e r k o :
Rauchabzüge in Gebäuden unter besonderer Berücksichtigung fensterloser Räume
VFDB-Z. 16 (1967) 4, S. 122-130

- 6.131 Michigan Technological University:
Influence of mine fires on the ventilation of underground mines
USBM (1973) NTIS-Report Nr. PB-225834
- 6.132 M ü l l e r , A.: Brandkenngrößen und deren Einfluß auf den automatischen
Brandalarm
VFDB-Z. 15 (1966) 1, S. 8-14
- 6.133 M ü l l e r , R.: Bekämpfung eines verdeckten Grubenbrandes durch Inertisierung
mit Stickstoff
Glückauf 112 (1976) 14, S. 810-816
- 6.134 M a n d r y , E.: Mathematische Behandlung des Problems - Vorausberechnung von
Wettertemperaturen
Kali u. Steinsalz 3 (1963) 11, S. 363-371
- 6.135 N. N. : Coal Mine Fire and Explosion Prevention
Bureau of Mines IC 8768
- 6.136 N. N. : Bericht über das Bergwesen im Lande Hessen für das Jahr 1965 bis 1982
Wiesbaden
- 6.137 N. N. : Jahresbericht des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld 1965-1982
Clausthal-Zellerfeld
- 6.138 N. N. : Jahresbericht des Oberbergamtes für das Saarland und das Land Rheinland-
Pfalz 1965-1982
Saarbrücken
- 6.139 N. N. : Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörden des Landes Nordrhein-
Westfalen im Jahr 1965 bis 1982
- 6.140 N. N. : Brandversuche in einem Tunnel
Österreichisches Bundesministerium für Bauten und Technik (Heft 50, Teil 1 und 2)
- 6.141 N. N. : Bericht über den Brand im Hollandtunnel (Hudson) vom 13.5.1949
Eidg. Amt für Straßen- und Flussbau, Bern
- 6.142 N. N. : Schlußbericht über die Versuche im Ofenegg-Tunnel vom 17.5.-31.5.1965
Kommission für Sicherheitsmaßnahmen in Straßentunneln
- 6.143 N. N. : Gutachtliche Stellungnahme Nr. I 692935 vom 2.5.1969 zum Brandschaden
des Autobahntunnels K 12 "Moorfleet" der Bundesautobahn, südliche Umgehung
Hamburg - unveröffentlicht -
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
- 6.144 Baudepartment Basel-Stadt: Brandversuche Parkgarage, Steinenschanze Basel
24.4.1969
- 6.145 N. N. : Fire Precautions in Coal Mines
Fire Protection Review (1971) 3, S. 91-94
- 6.146 N. N. : Brandversuche an Pkw's im Parkhaus Scranton, Pennsylvania, USA
15.10.1972
- 6.147 N. N. : Fire Protection measures in underground Structures
Fire (1977) May, S. 605-607
- 6.148 N. N. : Report of Working Party on Flammable Oils for use underground
Fire Protection Review (1977) 6, S. 30
- 6.149 N. N. : Brandschutz: Formeln u. Tabellen
Staatsverlag der DDR, Berlin 1979
- 6.150 N. N. : Spektakuläre Brände in baulichen Anlagen, die nicht durch automatische
Löschanlagen gesichert waren
VFDB-Z. 29 (1980) 4, S. 147-148
- 6.151 N. N. : Handbuch Brandschutz
Ecomed-Verlag, Landsberg 1982

- 6.152 O e t t e l , H. und H o f m a n n , H.Th.: Gesundheitsgefahren durch Verschmelungsprodukte von organischem Material unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe
VFDB-Z. 17 (1968) 3, S. 79-88
- 6.153 O g d e n , S.O.: Economics, Safety and Operating Advantages of Diesels in Underground Coal Mines
Mining Congress Jun. 64 (1978) 9, S. 237-242
- 6.154 P h i l l i p s , H. u.a.: Experiments in Hlaboratory with flammeproof Diesel engines
Research and Laboratory Services Division, Rep. D-4, S. 208-217,
Health & Safety Executive, UK
- 6.155 P i l z , V.: Grundlagen für die Vorhersage der Auswirkungen von Störfällen
VFDB-Z. 30 (1981) 3, S. 116-125
- 6.156 P o m r o y , W.H. u. B i c k e l , K.L.: Automatic fire protection systems for surface mining equipment
USBM (1980) IC 8832
- 6.157 P r ö ß d o r f , T.: Brände mit Beteiligung von Trapezblechdächern und deren Beurteilung durch die Sachversicherer
VFDB-Z. 27 (1978) 4, S. 110-113
- 6.158 P s o t t a , M.: Anwendungsbeispiele der Vorausberechnung in der Wetterplanung Kali u. Steinsalz 3 (1963) 11, S. 372-383
- 6.159 P u r t , A.: Zum Brandschutz bei Bränden mit PVC
VFDB-Z. 18 (1969) 4, S. 156-161
- 6.160 P u r t , A.: Sinn und Unsinn von Demonstrationsversuchen mit Brandmeldeanlagen
VFDB-Z. 23 (1974) 2, S. 65-68 u. 3, S. 99-100
- 6.161 Q u e n z e l , K.-H.: Betrachtungen zur Auslegung von Rauchabzugsöffnungen in mehrgeschossigen Gebäuden
VFDB-Z. 29 (1980) 2, S. 34-39
- 6.162 R e i d , G.R. u.a.: Development of an automatic fire protection system for mobile underground metal mining equipment
Report Phase II, USBM (1975) OFR 81-76, PB 254851
- 6.163 R e i d , G.R.: Automatic fire protection system for mobile underground metal mining equipment
Final Report, USBM (1977)OFR 111 (1)-77
- 6.164 R e i n k e , K. u.a.: Erkenntnisse und Probleme aus der Arbeit der Versuchsgrube Tremonia auf dem Gebiet der Explosionsbekämpfung
Glückauf 117 (1981) 12, S. 718-724
- 6.165 R e i n k e , K.: Ergebnisse der 19. internationalen Konferenz von Instituten für Grubensicherheit 1981 in Kattowitz
Glückauf 118 (1982) 8, S. 407-413
- 6.166 R e i n k e , K.; G r u m b r e c h t , K.: Erkenntnisse und Arbeiten der Versuchsgrube Tremonia auf dem Gebiet der Grubenbrandversuche
Glückauf 118 (1982) 10, S. 500-504
- 6.167 R e i t e r , C.: Chloridschäden durch PVC-Brände
VFDB-Z. 17 (1968) 1, S. 20-25
- 6.168 R e n n e c k e n d o r f , D.: Verwendung flüssiger Kunststoffe im Bergbau unter Tage
Glückauf-Forschungshefte 41 (1980) H. 2, S. 57-61
- 6.169 R o b e r t s , A.F.: Modelling of Mine-Roadway Fires
Restricted International Conference of Directors of Safety in Mines Research, Sheffield, England, 1965, Report 31

- 6.170 R o b e r t s , A.F.: Technological Changes must not effect Fire controll
in Mines
Fire (1982), Jan., S. 439-440
- 6.171 R ö m h i l d , W.: Brandschutz in Siloanlagen
Sicher ist Sicher 33 (1981) 11, S. 688-694
- 6.172 R o t h e r , H.: Auto-Tiefsilo in Düsseldorf
VFDB-Z. 15 (1966) 1, S. 25-29
- 6.173 R u m b e r g , E.: Prüfergebnisse aus Brandversuchen als Grundlage für die
Beurteilung des Risikos neuer Baustoffe beim Einsatz im Hochbau
VFDB-Z. 24 (1975) 1, S. 11-16
- 6.174 R u n g e , D.-G.: Neu entwickelte Löschmittel und Löschmittelzusätze
VFDB-Z. 29 (1980) 1, S. 13-19
- 6.175 R u s s e l l , E.G.: In-Mine Evaluation of Underground Fire and Smoke Detectors
USBM (1979) IC 8808
- 6.176 S e e g e r , P.G.: Über die Selbstentzündungsneigung von Holz
VFDB-Z. 16 (1967) 4, S. 131-139
- 6.177 S e e g e r , P.G.: Über Modellversuche in der Brandschutztechnik
VFDB-Z. 19 (1970) 1, S. 37-44
- 6.178 S e e g e r , P.G.: Luft- und Rauchgasströmung in einem Gebäude im Brandfall
VFDB-Z. 26 (1977) 3, S. 90-99
- 6.179 S e e g e r , P.G.: Untersuchung der Wärmeübertragung durch Strahlung von einem
brennenden Objekt auf die Umgebung
Bericht Nummer 2 der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V - Unterausschuß "Feuerwehrangelegenheiten", 2. Auflage 1981
- 6.180 S e e g e r , P.G. u. J o h n , R.: Über Brandversuche mit einem wasserberieselten
Glasfaservorhang
VFDB-Z. 17 (1968) 4, S. 123-124
- 6.181 S i e d e n t o p , I.: Tunnel in Deutschland
Orell Füssli Verlag, Zürich 1980,
ISBN 3 280012007
- 6.182 S i n a h , K.N.: Untersuchung über einen Grubenbrand in einer indischen Grube
Intern. Konferenz für Grubensicherheit 1963
- 6.183 S u l l i v a n , T.: Cables für hazardous enviroment
Wire Industry (1980) 1, S. 47-56
- 6.184 S u z u k i : On the explosion disaster of Miike Colliery (Nov. 1963)
Sonderdruck, Bergbaubücherei Essen, 22837: 7
- 6.185 S c h ä f e r , H.: Feuerlöscher im Pkw
Brandschutz-Deutsche Feuerwehrzeitung (1975) 6, S. 188/89
- 6.186 S c h e i c h l , L.: Zündquellen
VFDB-Z. 24 (1975) 2, S. 42-48, 53-56
- 6.187 S c h m i d t , W. u.a.: Probleme der gegenseitigen Beeinflussung von offenen
Grubenbränden und Wetterführung
Glückauf-Forschungshefte 34 (1973) 6, S. 213-220
- 6.188 S c h n e i d e r , U.: Über die Umrechnung von natürlichen Bränden auf die
Brandbeanspruchung nach DIN 4102
VFDB-Z. 24 (1975) 3, S. 100-108
- 6.189 S c h n e i d e r , U. und K e r k s e n - B r a d l e y , M.:
Bemessungskonzepte für den baulichen Brandschutz
VFDB-Z. 30 (1981) 1, S. 10-17
- 6.190 S c h n e l l , M.: Stationäre Feuerlöschanlagen mit dem Löschmittel Halon
aus der Sicht der Versicherer
VFDB-Z. 29 (1980) 3, S. 81-83

- 6.191 S c h r i e v e r , K. u.a.: Verminderung der Zündgefahr von Grubengas beim Arbeiten mit Teilschnitt-Vortriebsmaschinen
Glückauf-Forschungshefte 41 (1980) 1, S. 17-21
- 6.192 S c h r ö d e r , H.: Stationäre Feuerlöschanlagen mit dem Löschmittel Halon aus der Sicht der gewerblichen Berufsgenossenschaften
VFDB-Z. 29 (1980) 3, S. 78-80
- 6.193 S c h u b e r t , E. u. B o t h , W.:
Die Maßnahmen zur Stabilisierung der Bewetterung bei Auftreten offener Grubenbrände
Glückauf 110 (1974) 1, S. 22-25
- 6.194 S c h ü t z e , W.: Brandübertragung über Gebäudeaußenfronten
VFDB-Z. 17 (1968) 4, S. 104-113
- 6.195 S c h u m a c h e r , H.: Anlagen zur Explosionsunterdrückung
VFDB-Z. 15 (1966) 4, S. 115-123
- 6.196 S c h w a r t z , E.v.: Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr
Pädagogischer Verlag und Druckerei Schwann GmbH, Düsseldorf, 6. Auflage
- 6.197 S t a n k e , J.: Ermittlung des Brandverhaltens von Bauteilen gestern und heute - dargestellt anhand ausgewählter Beispiele -
VFDB-Z. 23 (1974) 4, S. 110-116
- 6.198 S t a p e l f e l d t , J.-P.: Anatomie eines Brandes
S-Bahn-Zug im Bahnhof Hamburg-Altona
VFDB-Z. 29 (1980) 4, S. 134-138
- 6.199 S t e f f e n h a g e n , A.; G r u m b r e c h t , K.:
Großbrandversuch in einem tiefen Einziehschacht
Restricted International Conference of Directors of Safety in Mines Research, Sheffield, England 1965
- 6.200 S t e f f e n h a g e n , A. u.a.: Großbrandversuch im Schacht 5 der Zeche Dorstfeld
Glückauf-Forschungshefte 28 (1967) 3, S. 127-136
- 6.201 S T U V A (Hrsg.): Brandschutz beim Tunnelbau
Alba Buchverlag, Düsseldorf, 1971, Bd. 10
- 6.202 T e v e s , F.: Automatische Feuerlöschanlagen für Fahrzeuge im Untertagebergbau
Bergbau 33 (1982) 1, S. 32-34
- 6.203 T r a p p e r , J.: Ausbreitung von Flammen und Wirkungsweise von Flammensperren
VFDB-Z. 19 (1970) 1, S. 31-37
- 6.204 T r e p e s c h , D.: Großbrand: U-Bahn Köln
Brandschutz-Deutsche Feuerwehrzeitung (1979) 9, S. 238-241
- 6.205 T r u t w i n , W.: Nichtstationäre Zustände der Wetterführung bei offenen Grubenbränden
17. Internat. Konf. f. Grubensicherheit, Varna, Bulgarien, 1977, Paper E-12, S. 230-236
- 6.206 T u p o v á , J. und W i e g e n e r P.:
Ursachen und Folgen von Fahrzeugbränden
TÜ 18 (1977) Nr. 3 März
- 6.207 USBM (Hrsg.): Metalmine fire protection research
USBM (1977) IC 8752
- 6.208 V u t u k u r i , V.S.: Open fires in mines - possible causes and remedies
Colliery Guardian Coal International (1980) 1, S. 23-27
- 6.209 V u u r e n , I.v.: The underground fire at Vaal Reefs No. 8 Shaft on December 1st, 1978
Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa, April, 1980, S. 64-69

- 6.210 W a l t e r , R.: Partiiell brandbeanspruchte Stahlbetondecken; Berechnung des inneren Zwanges mit einem Scheibenmodell
Dissertation TU Braunschweig 1980
- 6.211 W a l l t h u r , R.H. v. u.a.: Schwer entflammare Druckflüssigkeiten zur hydraulischen Kraftübertragung u. Steuerung in Bergwerksmaschinen
Glückauf 105 (1969) 22, S. 1105-1110
- 6.212 W a t a n a b e , A.: Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der automatischen Brandentdeckung in Japan
VFDB-Z. 20 (1971) 2, S. 56-60 u. 20 (1971) 3, S. 85-93
- 6.213 W a t e r l a n d , J.K.: Mine Fire-Homestake Mine, Lead, South-Dakota-May 9th, 1975
Mining Yearbook (1976), S. 145-156
- 6.214 W e i n e , E.: Zum Verständnis von Sicherheit und Risiko-Erwartungen der Praxis an die Sicherheitswissenschaft
VFDB -Z. 30 (1981) 4, S. 146-152
- 6.215 W e r t h e n b a c h , H.G.: Brände von Erdölprodukten in Tanks
Versuche und Rechenmodell
Bericht Nummer 21 der Arbeitsgemeinschaft Feuerschutz (AGF), Karlsruhe, 1971
- 6.216 W e r t h e n b a c h , H.G.: Das Wärmetransportmodell bei Tankbränden
VFDB-Z. 25 (1976) 2, S. 57-60
- 6.217 W e r t h e n b a c h , H.G.: Signalflußplanung eines Tankbrandes - Zusammenhang zwischen den wichtigsten Einflußgrößen
VFDB-Z. 25 (1976) 2, S. 62-64 u. 3, S. 100-102
- 6.218 W e s s e l o w , A.I. u. M e s c h m a n n , L.M.:
Automatischer Brand- u. Explosionsschutz
Staatsverlag der DDR, Berlin 1979
- 6.219 W i e g a n d , F.H.: Erfahrungen bei der Bekämpfung von Kesselwagenbränden
Unser Brandschutz (1980) 11, S. 13-14
- 6.220 W i e r i g , H.-J.: Über das Verhalten von Massivbauten im Brand
VFDB-Z. 22 (1973) 2, S. 58-62
- 6.221 W i l d e , D.G.; R o b e r t s , A.F.:
Recent Research on Mine Fires in Great Britain
Int. Konf. von Grubensicherheitsinstituten, Karlovy Vary, CSSR (1973)
- 6.222 W i l d e , D.G.: Verbrennung von Polyurethanschaum in einem Tunnel
Jun. Fire & Flammability (1980) 4, S. 263-274
- 6.223 W i l k e , K.: Löschmittel und Korrosionsschäden
VFDB-Z. 17 (1968) 1, S. 28-30
- 6.224 W i l k i n s , R.W.: Mine Fires
Australian Mining 71 (1979) 12, S. 19-21
- 6.225 W i n t e r , F.W.: Technische Wärmelehre
Verlag W. Girardet, Essen, 1975
- 6.226 W o l f f , H.: Mündliche Auskünfte während der Befahrung der Bergwerksbetriebe, Versicherungsgesellschaften, Reifenhersteller u. Landesfeuerwehrschulen, 1982/3
- 6.227 W o o d l y , J.N.L.: Der Einsatz von Gleislösfahrzeugen im britischen Kohlenbergbau und die spezielle Fahrbahndecke, die dazu erforderlich ist.
Rhein-Westf. TÜV, Essen (1981), S. 169-180
- 6.228 Z e h r , J.: Grundlegende Gedanken über Brand- und Explosionsgefahren
VFDB-Z. 24 (1975) 4, S. 129-131
- 6.229 Z u r , T. u.a.: Brandgefährdung im Bergbau durch Hydrauliköle
FFH A 614 (1979), S. 27-33

Quellenverzeichnis zu Kapitel 7:
Gebirgsmechanische Störfälle

- 7.1 H o f f m a n n , D.: Elf Jahrzehnte Deutscher Kalisalzbergbau
Essen 1972
- 7.2 S c h u l z e - H ö i n g , F.W.: Firstsicherung im niedersächsischen
Kali- und Steinsalzbergbau, Kali und Steinsalz März 1982, S. 230-236
- 7.3 L a n g e r , M., K e r n , H.: Temperatur- und belastungsabhängiges
Deformationsverhalten von Salzgestein,
5. Symposium on Salt, Ohio, 1980 S. 285-296
- 7.4 N.N.: Jahresberichte des Oberbergamts Clausthal-Zellerfeld
- 7.5 N.N.: Der Bergbau in der Bundesrepublik,
Jahresberichte der Bergbehörden der Länder
- 7.6 D u c h r o w , G.; e.a.: Die ständige Erhöhung der Sicherheit gegen
Steinfallgefahr, IX. Weltbergbau-Kongress 1976, 11-12
- 7.7 S p a c k e l e r , G.: Lehrbuch des Kali- und Steinsalzbergbaues
Halle 1950
- 7.8 G i m m , W.; P f o r r , H.: Gebirgsschläge im Kalibergbau unter
Berücksichtigung von Erfahrungen des Kohlen- und Erzbergbaus,
Freiberger Forschungsheft A 173
- 7.9 P f o r r , H.: Untersuchungen zur Gebirgsschlaggefährlichkeit
von Gesteinen des Kalibergbaus,
Freiberger Forschungsheft A 332, 1965
- 7.10 G l i e n k e , G.: Ankerausbau in Strecken unter Abbaueinwirkung
auf der Eisenerzgrube Konrad,
Glückauf 112 (1976), S. 164-168
- 7.11 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, München:
Zusammenfassender Zwischenbericht: F + E-Programm zur Eignungsprüfung
der Schachanlage Konrad für die Einlagerung radioaktiver Abfälle
- 7.12 R a b s i l b e r , K.; e.a.: Geowissenschaftliche Standarduntersuchun-
gen zur Dimensionierung und Auslegung von untertägigen Hohlräumen
für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Eisenerzgrube Konrad
Z. dt. geol. Ges. 133 (1982), S. 155-168

Quellenverzeichnis zu Kapitel 9:
Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln

- 9.1 A n d r e j v , K.K.; B e l j a j e v , A.F.:
Theorie der Explosivstoffe
Svenska Nationalkommitten för Mekanik Sektion för Detonik
och Förbrenning
- 9.2 A p e l , E.; K e u s g e n , A.:
Sprengstoffgesetz (Kommentar)
Carl Heymanns Verlag K.G. Köln - Berlin - Bonn
München 1981
- 9.3 B a r t o v s , J.; D e n t s t e i n , J. und
N o v o t n y , M. und V. P e s a t a :
Auswirkungen von Luftstoßwellen und Sprengerschütterungen bei der
untertägigen Detonation größerer Sprengstoffmengen und Auswertungen
der Erkenntnisse für die Errichtung untertägiger Lager.
Vortrag auf der Tagung "Sprengtechnik" im Bergbau und in der
übrigen Gewinnungsindustrie" in Weimar vom 23.-25.4.1969
- 9.4 B e c k e r , K.; C o o p e r , J. und W a t s o n , R.:
Impact and Thermal Sensitivity of Commercial Detonators
Pittsburgh Mining and Safety Research Center (Bureau of Mines 1975)
- 9.5 B ö r g e r , H.: Die Bedeutung von Streuströmen und statischer
Elektrizität für das Schießen unter Tage
Kali und Steinsalz, (1968), S. 63-67
- 9.6 C h r i s t m a n n , W.: Vergleich von Prüfverfahren zum Bestimmen
der Sicherheit von Sprengstoffen unter besonderer Berücksichtigung
der Impulsmethode
Nobel Hefte (1979), , S. 120-128
- 9.7 D e s a g a , H.: Die Luftstoßverletzung durch Sprengstoffdetonation
Klin. Wochenschrift (1944), S. 297-306
- 9.8 G r a f , H.; K a l u s , F. und M ü l l e r , G.:
Vernichten von unbrauchbar gewordenen Sprengmitteln auf einer
Steinkohlengrube durch Sprengen
Nobel Hefte (1977), S. 171-175
- 9.9 H a i d , A.: Die Fernwirkung von Detonationen
Explosivstoffe Nr. 9 (1955), S. 139-144
- 9.10 H ä r t e l , H.; U l l r i c h , B.: Untersuchungen zur mechanischen
Empfindlichkeit von Sprengzündern
19. Internationale Konferenz Grubensicherheitlicher Versuchsanstalten
in Kattowitz Polen
- 9.11 H e r r m a n n , R.: Neuerungen auf zündtechnischem Gebiet
Nobel Hefte (1981), S. 121-127
- 9.12 J a e g y , G.: Contribution à l'étude de la couche limitée derrievé une
onde de choc
Deutsch-Französisches-Forschungsinstitut Saint Louis
Rapport 5/72
- 9.13 K e u c h e l , G.: Frühzündungen von Brückenzündern durch elektrostatische
Entladungen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland seit 1953
Nobel Hefte (1967), S. 244-256
- 9.14 K n o b l o c h , S.; L a n g e n , P. und Z i e g l e r , K.:
Die Verwendung von Druckluftladegeräten zum Einbringen von Sprengstoffpatronen
Nobel Hefte (1977), S. 30-43
- 9.15 K n o b l o c h , S.: Untersuchung und Auswertung der in den Jahren 1972 - 1976
gemeldeten Unfälle bei der Sprengarbeit
Nobel Hefte (1977), S. 85-95
- 9.16 K o e n e n , H.; I d e , K.H. und H a u p t , W.: Über die Prüfung explosiver
Stoffe, IV Ermittlung der Schlagempfindlichkeit explosiver Stoffe von fester,
flüssiger und gelatinöser Beschaffenheit.
Explosivstoffe (1958), S. 178-189, S. 202-214 und 223-235
- 9.17 K o e n e n , H.; I d e , K.H. und S w a r t , K.H.: Sicherheitstechnische
Kenndaten explosionsfähiger Stoffe I. Prüfverfahren der BAM
Explosivstoffe (1961), S. 4-13 und S. 30-42

- 9.18 K o e n e n , H.; und I d e , K.H.: Über die Prüfung explosiver Stoffe, I. Ermittlung der Reibempfindlichkeit Explosivstoffe (1955), S. 57-65 und S. 87-93
- 9.19 K o e n e n , H. und I d e , K.H.: Über die Prüfung explosiver Stoffe, III. Ermittlung der Empfindlichkeit explosiver Stoffe gegen thermische Beanspruchung in einer Erhitzungskammer mit verschiedenen definierten Öffnungen (Stahlhülsenverfahren)
- 9.20 K o h l , E.: Die Sprengstofflagerexplosion auf dem Kalisalzbergwerk Reichsland bei Zietenheim (Oberelsaß) am 11. März 1919 Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen (1919), S. 446-451
- 9.21 K r a u s e , G.: Über die Entwicklung elektrostatischer Aufladungen auf elektrische Zünder Kali und Steinsalz (1969), S. 128-137
- 9.22 L ü c k , H.: V l o g e r , K.: Herstellung des ANC Sprengstoffes in einem Luftmischer Bericht Jahrestagung des ICT 1978, S. 267-276
- 9.23 L ü c k , H.: Unfreiwillige Bewährungsprobe beim Sprengstofftransport Nobel Hefte (1971), S. 39-40
- 9.24 L ü c k , H.: Sprengstoffwirtschaft und Sprengtechnik im Kali- und Steinsalzbergbau der Bundesrepublik Deutschland Kali und Steinsalz (1977), S. 181-188
- 9.25 M e u s k e n s , W.; L o p a u , O.: Das Eindringen von losem, geprillten AUS-Sprengstoff (Andex 1) in Bohrlöcher Kali und Steinsalz 1968, S. 55-62
- 9.26 M e y e r , R.: Explosivstoffe Verlag Chemie 1979 Weinheim, Beerfield, Florida, Basel
- 9.27 M i c h e l i s , J.: Die Bedeutung der Körperhaltung bei mechanischen Einwirkungen durch Explosionen in Grubenbauen Dissertation Aachen 6.11.1969
- 9.28 N.N.: Unfallverhütungsvorschrift 46a Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie
- 9.29 N.N.: Allgemeine Bergverordnung für den Oberbergamtsbereich Clausthal-Zellerfeld vom Februar 1966 Ed. Piepersche Buchdruckerei und Verlagsanstalt Clausthal-Zellerfeld
- 9.30 N.N.: Bergverordnung für die Steinkohlenbergwerke im Verwaltungsbezirk des Oberbergamtes in Bonn vom 18.12.1964 Bonner Universitäts-Buch-Druckerei, Bonn
- 9.31 N.N.: Allgemeine Bergverordnung für das Land Hessen vom 6.6.1981 Buch- und Zeitschriftenverlag Kultur und Wissen G.m.b.H. u. Co KG Wiesbaden
- 9.32 N.N.: Die elektrische Zündung Sprengtechnisches Handbuch der Dynamit Nobel A.G.
- 9.33 N.N.: Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV) vom 23.11.1977 BGBI. I S. 2141
- 9.34 N.N.: Unfallverhütungsvorschrift für die Herstellung und Lagerung von Explosivstoffen und explosiven Gegenständen, Abschnitt 46f Herstellung von Nitroglyzerin- und Nitratsprengstoffen vom 1.10.1961 i.d.F. vom 1.8.1978
- 9.35 N.N.: Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn Ablage C zur Eisenbahnverkehrsverordnung (1974)
- 9.36 N.N.: Internationale Ordnung für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (RID). Anlage I zum Internationalen Übereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr (CIM) vom 1. Juli 1977, Anlagenband zum BGBI. II Nr. 37 vom 15.9.1977
- 9.37 N.N.: Anlage A zur Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (GefahrgutVStr) vom 27.7.1976 BGBI I, S. 1950
- 9.38 N.N.: Anlage A zum Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) vom 1.7.1977; Anlagenband zum BGBI. II Nr. 44 vom 15.11.1977

- 9.39 N.N.: Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (GefahrgutVSee) vom 5.7.1978, Anlage A BGBl. I S. 1017
- 9.40 N.N.: International Maritime Dangerous Goods Code, IMCO 1977
- 9.41 N.N.: Transport of Dangerous Goods. UN-Doc. St/SG/AC 10/1/Rev. 1 (1977)
- 9.42 N.N.: Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz) vom 13.9.1976 Bundesgesetzblatt I S. 273 ff
- 9.43 N.N.: Wasachemie System G.m.b.H. Lieferprogramm Ausgabe 1979 mit Ergänzung 1981
- 9.44 N.N.: Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 23.11.77 (BGBl. I S. 2141 geändert durch die Dritte Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 23.6.1978 (BGBl. I S. 783) und die erste Verordnung zur Änderung der ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 3.7.1980 (BGBl. I S. 828)
- 9.45 N.N.: Bekanntmachung des Bundesministers des Innern betr. die Prüfvorschriften für Sprengstoffe, Zündmittel, Sprengzubehör sowie pyrotechnische Gegenstände und deren Sätze vom 12.3.1982 (IS 5 - 682 202/3) Beilage 13/82 zum BAnz Nr. 59 vom 26.3.1982, berichtet in BAnz Nr. 60 vom 27.3.1982
- 9.46 N.N.: Musterdianstanweisung für die im Bergbau unter Tage im Verkehr mit gleislosen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren beschäftigte Personen gemäß Ziffer 8.13 der Fahrzeugrichtlinien des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld Juni 1974
- 9.47 N.N.: Nr. 2.222 der Bauvorschriften des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld für gleislose Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen vom 27. Juni 1974 I 2593/74 (Fahrzeugbauvorschriften)
- 9.48 N.N.: Suppressive shields structural design and analysis handbook HNDM - 1110 - 1 - 2, U.S.Army Corps of Engineers, Huntsville Division, 18.11.1977
- 9.49 N.N.: Pressure pulses by underground blasts Bureau of Mines Report of Investigation Nr. 7147 United States Department of the Interior 1968
- 9.50 R o t h , J.F.: Verbrennung, Initiierung, Detonation und Explosion Nobel Hefte (1954), S. 122-126
- 9.51 S c h a d e , H.: Neue bergbehördliche Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Sprengmittellagern Nobel Hefte (1977), H. 1, S. 16-29
- 9.52 S c h n e i d e r , H.; H o f m e i s t e r , W.: Sprengstoffwirtschaft im westdeutschen Kali- und Steinsalzbergbau Kali und Steinsalz H 2 (1958), S. 47-54
- 9.53 S c h u b e r t , H.: Die Entwicklung der Sprengstoffwirtschaft im Salz- und Erzbergbau in den letzten Jahren sowie ihr heutiger Stand unter Berücksichtigung der bergbehördlichen Vorschriften Nobel Hefte (1977) H. 2, S. 75-77
- 9.54 S c h u b e r t , W.: Höhe, bisher noch wenig bekannte Druckstoßwirkungen von Explosionen Virchows Archiv Bd. 325 (1954), S. 492-498
- 9.55 S c h u b e r t W.: Organschäden und Körperverletzungen durch Druckstoßwirkungen von Explosionen Virchows Archiv Bd. 321 (1952), S. 295-325
- 9.56 S t e i d i n g e r , M.: Gibt es "unempfindliche" gewerbliche Sprengstoffe ? Nobel Hefte (1979), H. 3, S. 76
- 9.57 S t e i d i n g e r , M.: Einwirkung detonativer Stoßdrücke auf explosive Stoffe Vortragsveranstaltung mit Ausstellung und Großversuchen zum Thema "Grundsätze der chemischen Sicherheitstechnik und ihre Anwendung in der Praxis" (Berichte) Oktober 1981 BAM
- 9.58 T h e r y , C.; B o b i n , L. und J a e g y , G.: Propagation des ondes de souffle en galerie Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint Louis Rapport 36/71
- 9.59 T h u m , W.: Sprengtechnik im Steinbruch und Baubetrieb Bauverlag G.m.b.H. Wiesbaden und Berlin 1978

- 9.60 T r e u m a n n , H.; P f e i l , N.: Widerstandsfähigkeit von Gebäuden in der Pyrotechnik. Versuche mit Schwarzpulver
Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin 1980
- 9.61 W e h n e r , E.: Auswirkungen elektrostatischer Erscheinungen im Bergbau
Glückauf (1956), S. 1229-1233
- 9.62 W e h n e r , E.: Der Stand der elektrischen Zündung von Sprengschüssen im Steinkohlenbergbau
Nobel Hefte (1958), S. 161-172
- 9.63 W e h n e r , E.: Neue Typen elektrischer Zünder
Nobel Hefte (1960), S. 48-52
- 9.64 W i b b e l h o f f , H.: Vernichten unbrauchbarer Sprengmittel: Unfälle und deren Vermeidung durch sachgemäße Handhabung
Nobel Hefte 1970, S. 23-36
- 9.65 Z u c k e r m a n n , S.: Discussion on the problems of blast injuries
Proc. Roy. Soc. Med. Jan. 1941 S. 172-188
- 9.66 Z u c k e r m a n n , S.: Experimental study of blast injuries to the lungs
The Lancet Aug. 1940, S. 219-224

Quellenverzeichnis zu Kapitel 10 :

Eindringen von Gasen aus dem Salzgebirge

- 10.1 A c k e r m a n n , G.; S c h r a d e r , R.; H o f f m a n n , K.:
Untersuchungen an gashaltigen Mineralsalzen, II. Teil, Methodik und Ergebnisse
d. gasanalytischen Untersuchungen
Bergakademie 16 (1964) 11, S. 676-679
- 10.2 A l b r e c h t , H.: Die Löschung eines Ölsondenbrandes unter Tage auf Volkenroda
Kali 26 (1932) 7, S. 77/86
- 10.3 B a a r , C. A.: Grubengase im Südharz-Kalibergbau
Bergbautechnik 2 (1952) 10, S. 469-473
- 10.4 B a a r , C. A.: Ursachen und Mechanik der Gebirgsschläge und anderer Gebirgsdruck-
auswirkungen im Mitteldeutschen Kalibergbau
Bergbautechnik 4 (1954) 3, S. 132-139
- 10.5 B a a r , C. A.: Untersuchungen des Bromgehaltes im Zechsteinsalz
Bergbautechnik 4 (1954) 5, S. 284-288
- 10.6 B a a r , C. A.: Zur Schlagwetterbekämpfung im Südharz-Kalibergbau
Bergbautechnik 4 (1954) 6, S. 339/343
- 10.7 B a a r , C. A.: Vorgeschichte, Auslösung u. Vorschläge zur Verhütung von Gasaus-
brüchen im Kalibergbau
Bergbautechnik 4 (1954) 8, S. 441/446
- 10.8 B a a r , C. A.: Gasausbrüche im Kupferschieferbergbau
Erzmetall 15 (1962) 3, S. 139-147
- 10.9 B a u m e r t , B.: Der Kalibergbau im Kampf mit den Naturkräften
Bergbau Rundschau 5 (1953) 1, S. 1-5
- 10.10 B e c k , K.: Über Kohlensäureausbrüche im Werragebiet der deutschen
Kalisalzlagerstätten
Kali 6 (1912), S. 125-128
- 10.11 B i a l y , M.: Kriterien und Mittel der Feststellung von Laugenvorkommen in
der Salzgrube Kodawa
III. Internat. Kalisymposium 1965, Teil II
Leipzig 1967, S. 86/99
- 10.12 B o r c h e r t , H.: Die Salzlagerstätten des deutschen Zechsteines
Archiv f. Lagerstättenforschung 67 (1940)
- 10.12a B r a c h t : Grubengasausbrüche in Belgien
Zeitschrift Berg-, Hütten-, und Sal. Wesen, Preuß. Staats. 58 (1910) B,
524-40
- 10.13 C h o d o t , W. W.: Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen der
Ursachen und des Mechanismus plötzlicher Kohlen- und Gasausbrüche
FFH A 183 (1961), S. 82-122
- 10.14 D u c h r o w , G.: Untersuchungen in Kohlensäure-Rachelfeldern der Grube
Menzengraben
Bergakademie 10 (1959), S. 586-596
- 10.15 D u c h r o w , G.: Methoden zur Beschränkung mechanischer Zerstörungen bei
schweren Gasausbrüchen im Kalibergbau
FFH A 183 (1961), S. 64-81
- 10.16 D u c h r o w , G.: Planmäßige und technisch beherrschte Ausbruchsprovokationen
von Salz und Kohlensäure (Titel gekürzt)
Bergakademie 16 (1964) 3, S. 129-138
- 10.17 D u c h r o w , G.: Analytische Untersuchungen zur Schadensbekämpfung bei
CO₂-Austritten im Werra-Kalibergbau
FFH A 304 (1964), S. 119-149
- 10.18 D u c h r o w , G.: Grubensicherheitliche Auswertung eines Massenunglückes durch
CO₂-Gase
Bergakademie 17 (1965) 4, S. 208-214

- 10.19 D u c h r o w , G.: CO₂-Austritt im Kalibergbau und die daraus resultierenden Aufgaben für die Grubenbewetterung
III. Int. Kali-Symposium 1965, Teil II
VEB Dtscher Vlg. f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1967, S. 243-271
- 10.20 E c k a r t , D.: Beitrag zur Bekämpfung plötzlicher Ausbrüche von Salz und Gas
Bergakademie 17 (1965) 12, S. 759-760
- 10.21 E c k a r t , D.: Beitrag zur Bekämpfung plötzlicher Ausbrüche von Salz u. Gas
Diss. Bergakademie Freiberg/Sa., 1965
- 10.22 E c k a r t , D. u.a.: Plötzliche Ausbrüche von Gestein und Gas im Bergbau
FFH A 409 (1966), S. 9-215
- 10.23 E i c k e r , H.: Gasaustritte aus Schächten stillgelegter Bergwerke
Glückauf-Forschungshefte 42 (1981) 5, S. 205-212
- 10.24 E r d m a n n , E.: Zwei neue Gasausströmungen in deutschen Kalisalzlagerstätten
Kali 7 (1910), S. 137-142
- 10.25 F l ü g g e , G.: Ursachen und Bekämpfung starker Methanausgasung
Glückauf 87 (1951) 23/24, S. 557/559
- 10.26 F r i e s e , F.M.R.v.: Schlagwetterexplosionen im Hallstätter Salzbergbau im Jahre 1664
Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 36 (1887), S. 133-137
- 10.27 F ü r s t e , R.; W i n t e r , U.:
Über Zusammenhänge zwischen Basalten, Vertaubungen und Kohlesäurevorkommen auf dem Kaliwerk Ernst Thälmann und über Möglichkeiten ihres geophysikalischen Nachweises
Bergbautechnik 7 (1957) 6/7, S. 371-381, S. 415-422
- 10.28 G i e s e l , W.: Kohlendäureausbrüche im Kalibergbau an der Werra
Kali und Steinsalz 5 (1968) 3, S. 103-108
- 10.29 G i m m , W.: Kohlendäure und Kohlenwasserstoffgase im Kalibergbau der DDR und Methoden der Bekämpfung der Gasgefahren
Bergbautechnik 4 (1954) 11/12, S. 587-592, S. 656-662
- 10.30 G i m m , W.: Salzgebundene Gase im Kalibergbau
FFH A 42 (1955), S. 105-136
- 10.31 G i m m , W.: Vergleichende Betrachtungen über Gasausbrüche in verschiedenen europ. Kohlen und Salzrevieren
Bergbautechnik 11 (1961) 2, S. 96-102
- 10.32 G i m m , W.; P f o r r , H.: Gebirgsschläge im Kalibergbau unter Berücksichtigung von Erfahrungen des Kohlen- und Erzbergbaus
FFH A 173 (1961)
- 10.33 G i m m , W.: Wechselwirkungen zw. Gebirgsmechanik und Gasausbrüchen im Kohlen- und Salzbergbau
FFH A 183 (1961), S. 20-45
- 10.34 G i m m ; T h o m a ; D u c h r o w ; W o l f ; W i n t e r :
Prognose und Mechanismus von Gasausbrüchen im Kalibergbau und ihre Bedeutung für die Sicherheit der Belegschaften
Vortrag zum III. internationalen Bergbaukongress in Salzburg 1963
- 10.35 G i m m , W.: Überblick über die von Forschungsgemeinschaft "Mineralgebundener Gase" bearbeiteten Probleme sowie Ergebnisse der Forschungsarbeiten
FFH A 304 (1964), S. 5-49
- 10.36 G i m m , W.; P f o r r , H.; K r a u s s e , A.; E c k a r t , D.:
Probleme und Fortschritte d. Gebirgsmechanik im Kalibergbau d. DDR
Bergakademie 17 (1965) 10, S. 600-610

- 10.37 G i m m , W.: Kali- und Steinsalzbergbau
Bd. I: Aufschluß u. Abbau von Kali- u. Steinsalzlagerstätten
VEB Dtscher Vlg. f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1968
- 10.38 G i m m , W.; H ö f e r , K.-H.; D u c h r o w , G.:
Neue wissenschaftl. Erkenntnisse der Gebirgsmechanik im Salinar u. ihre
prakt. Nutzenanwendung in der modernen Technologie
Bergakademie 22 (1970) 5, S. 263-271
- 10.39 G i m m , W.; H ä f n e r , H.P.; E c k a r t , D.:
Rückblick auf die Arbeiten der Forschungsgemeinschaft "Mineralgebundene
Gase" und gegenwärtiger Stand der Erforschung und Beherrschung plötzlicher
Ausbrüche im Bergbau der DDR
FFH A 493 (1971), S. 7-44
- 10.40 G i m m , W.: Gegenwärtiger Stand d. Beherrschung d. CO₂-Gasgefahren im
Werrakalibergbau d. DDR
Neue Bergbautechnik, 6 (1975) H. 8, S. 596-605
- 10.41 G r o p p : Gasvorkommen in Kalisalzbergwerken in den Jahren 1907-1917
Z.f.Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 66 (1918), S. 238-257
- 10.42 H ä f n e r , H.P.: Versuchsergebnisse beim Großlochbohren im ausbruchsaktiven
Salz und vorläufige Schlußfolgerungen über die Ausbruchsgefahr bei schneidender
Gewinnung
FFH A 493 (1971), S. 59-70
- 10.43 H a r k , H.U.: Über Zusammensetzung u. Herkunft der Zechstein-Gase in Nordwest-
deutschland
Erdöl u. Kohle 14 (1961), S. 174-179
- 10.44 H a r t w i g , G.: Zur Kohlensäureführung, der Werra- und Fulda - Kalisalzlager
Kali und Steinsalz 1 (1954) 5, S. 3-26
- 10.45 H e m p e l , D.: Neuere Erkenntnisse über das Auftreten natürlicher brennbarer
Gase in Kaligruben der DDR
Neue Bergbautechnik 4 (1974) 4, S. 592-596
- 10.46 H e m p e l , D.: Schlagwettergefährdung und Schlagwetterschutzmaßnahmen in
Bergbaubetrieben der DDR
Neue Bergbautechnik 7 (1977) 8, S. 548-555
- 10.47 H e m p e l , D. u.a.: Neue Erkenntnisse über Umfang und Gestaltung des Schlag-
wetterschutzes im Kali- und Steinsalzbergbau der DDR
Neue Bergbautechnik 11 (1981) 11, S. 636-639
- 10.48 H o f f m a n n , D.: Elf Jahrzehnte Deutscher Kalisalzbergbau
Vlg. Glückauf, Essen, 1972
- 10.48a H o l l e n d e r : Der Gasausbruch auf der Zeche Maximilian bei Hamm am
11. April 1910
Zeitschrift für Berg-,Hütten- und Salwesen, Preuß. Staat,(5961911), S. 62-73
- 10.49 J e n d e r s i e , H.: Die Entwicklung des Kalibergbaus in den 10 Jahren
des Bestehens der DDR
Bergbautechnik 9 (1959) 10, S. 540-545
- 10.50 J u n g h a n s , R.: Der Einfluß der Hangendschichten auf die Gebirgsdruck-
erscheinung im Kalilager
Bergbautechnik 2 (1952) 6, S. 266-273, 2 (1952) 7, S. 318-325
- 10.51 J u n g h a n s , R.: Der schwere CO₂-Ausbruch auf der Schachtanlage Menzengraben
des VEB Kaliwerk Heiligenroda am 7.7.1953, seine Ursachen und Folgen
Bergbautechnik 3 (1953) 9, S. 457-462; 11, S. 579-589
- 10.52 J u n g h a n s , R.: Maßnahmen in kohlensäuregefährdeten Kaligruben zur
Verhinderung großer Sachschäden unter Tage bei CO₂-Ausbrüchen
FFH A 20 (1954), S. 20-29
- 10.53 J u n g h a n s , R.: Neue Beobachtungen über das Auftreten von CO₂ im Werra
Kalibergbau
Bergbautechnik 5 (1955) 7, S. 364-367

- 10.54 J u n g h a n s , R.: Kann auch in den kommenden Jahren in den Kaligruben des Werrareviers versatzlos abgebaut werden ?
Bergbautechnik 8 (1958) 11, S. 580-586
- 10.55 J u n g h a n s , R.: Die Bewährung neuartiger Kohlensauresperren im Werra-Kalibergbau
FFH A 88 (1958), S. 97-106
- 10.56 K e g e l , K.: Das Auftreten von CO₂ im Werra-Kalisalzgebiet
Bergakademie (1958) 2, S. 60-64
- 10.57 K  w i n g , K.: Geologische Voraussetzungen für das Auftreten von Gasausbrüchen im Steinkohlenbergbau
Glückauf 117 (1981) 13, S. 763-765
- 10.58 K o h l , E.: Unfälle durch Grubengas auf den oberelsassischen Kalisalzbergwerken
Glückauf 56 (1920) 17, S. 325-330
- 10.59 K o m i r , V.M.; K u t z n e t s o v , V.M.; S h a t s u k e v i c h , A.F.:
Influence of the gaseous detonation products on rock breaking by blasting
Soviet mining science (1980), S. 573-575
- 10.60 K r  g e r , E.: Das Gasaustreten im Südharz-Kalibergbau
Bergbautechnik 2 (1952) 12, S. 561/563
- 10.61 L i e b s c h e r , K.G.: Die Bekämpfung der Kohlensäure im thüringischen Werra-Kalibergbau
Bergbautechnik 1 (1951) 3, S. 113-119 und S. 143
- 10.62 L i e b s c h e r , K.G.: Die Grubengasbekampfung im Südharz Kalibergbau
Bergbautechnik 2 (1952) 3, S. 129-137
- 10.63 L i e b s c h e r , K.G.: Schlagwetter am Südharz und die Entgasung des Hauptdolomits
Bergbautechnik 4 (1954) 4, S. 218-221
- 10.64 L i e b s c h e r , K.G.: Schlagwetterbekampfung im Südharz-Kalibergbau
FFH A 20 (1954), S. 71-85
- 10.65 L i t o n s k i , A.: Laugengefahr und Sicherungsvorkehrungen in Salzbergwerken III. Internat. Kali-Symposium 1965
VEB Vlg. f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1967
- 10.66 M a r g g r a f , P.: Der gegenwärtige Stand der Theorie des Ausbruchmechanismus
FFH A 493 (1971), S. 45-58
- 10.67 M  l l e r , W.: ber das Auftreten von Kohlensäure im Werra-Kaligebiet
FFH A 101 (1958)
- 10.68 N. N.: Kurze Darstellung der bedeutenderen Schlagwetterexplosionen, welche sich bisher im Kalibergbau zugetragen haben
Kali (1913) 23, S. 586/7
- 10.63a N. N.: Das Grubensicherheitswesen im Deutschen Reich im Jahre 1938
Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 87 (1939) 9, S. 235-272
- 10.69 N. N.: L'accident des mines de Potasse d'Alsace, 19 avril 1963 Asphyxie par grisou - 6 morts
Annales des mines 152 (1963) 9, S. 573-576
- 10.70 N. N.: Outbursts of gas and rock in potash mines: a struggle for survival
World Mining 20 (1967) March, P. 38-41
- 10.71 N o a k , K.; J  n a s , H.: Entwicklung von Verfahren und Geräten zur Beurteilung der Gasausbruchgefahr
Glückauf 117 (1981) 13, S. 759-763
- 10.72 O e l s n e r , O.: Ergebnisse neuer Untersuchungen an CO₂ führenden Salzen des Werra-Reviers
FFH A 183 (1961), S. 5-19

- 10.72a P a l' i s a , H.: Die Gasführung der Gruben des Schlesisch-Nordmährischen Reviers
Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Sal.wesen, Preuß. Staat, 1939, S. 104-107
- 10.73 P a l m , K.: Die Tätigkeit der Arbeitsgemeinschaft Gasausbrüche von 1976 bis 1980
Glückauf 117 (1981) 13, S. 753
- 10.73a P a t t e' i s k y , K.: Die Art des Vorhandenseins des Grubengases im Gebirge
und seines Austretens
Bergbau-Archiv, 12 (1951) 2, S. 29-61
- 10.74 P a t t e i s k y , K.: Grubengas- und Schlagwetterkunde
Kartenberg Vlg. Herne, 1963
- 10.75 P a u l , K.: Früherkennen und Verhindern von Gasausbrüchen
Glückauf 113 (1977) 13, S. 656-662
- 10.76 P a u l , K.: Weiterentwicklung von Verfahren zur Prognose und Verhütung von
Gasausbrüchen
Glückauf 117 (1981) 13, S. 753-758
- 10.77 P e t r a s c h e k , W.: Bitumen und Erdgas im Haselgebirge des alpinen
Salzbergbaus
Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 92 (1947), S. 106-109
- 10.78 P f o r r , H.: Untersuchungen zur Gebirgsschlaggefährlichkeit von Gesteinen
des Kalibergbaus
FFH A 332 (1965), S. 1-89
- 10.79 P i c k e r t , W.; E c k a r t , D.; T h o m a , K.; B r e n n , H.;
M a r g g r a f , P.:
Neue Ergebnisse bei der Beherrschung der plötzlichen Ausbrüche von CO₂ und
Salz im Kalibergbau der DDR
Neue Bergbautechnik 10 (1980) 4, S. 214-219
- 10.80 P o s e p n y , F.: Schlagwetterexplosionen im Hallstätter Salzberg von 1664
Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 33 (1885), S. 606-607
- 10.81 R i c h t e r , W.: Über die Wirkungsweise von Gassperren bei Kohlensäureausbrüchen
im Kalibergbau
FFH A 42, S. 139 ff
- 10.82 R u f f : Die chemischen und physikalischen Vorgänge bei Kohlensäureausbrüchen
Z.f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 76 (1927), S. 294, 78 (1930), S. 22
- 10.82a S p a c k e l e r , G.: Schlagwetterentwicklung und Gebirgsdruck
Bergbau-Archiv Bd. 8 (1947), S. 38-58
- 10.83 S p a c k e l e r , G.: Lehrbuch des Kali- und Steinsalzbergbaus
VEB W. Knapp Vlg., Halle, 1957
- 10.84 S c h a u b e r g e r , O.: Über das Auftreten von Naturgasen im alpinen Salinar
Erdöl-Z. 76 (1960), S. 226-233
- 10.85 S c h e e r e r : Gasvorkommen in Kalisalzbergwerken
Z.f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 59 (1911), B, S. 212 ff
- 10.86 S c h r a m l , C.: Studie zur Geschichte des österreichischen Salinenwesens
Bd. 1 (1932), S. 130/131
- 10.87 S c h u l z e : Bericht über den schweren Betriebsunfall am 2. Juni 1930 auf
dem Kaliwerk Volkenroda
Kali 25 (1931), S. 5-10
- 10.88 S t o l l e , E.: Gasvorkommen in Kalibergwerken des Südharzgebietes
Bergbautechnik 3 (1953) 12, S. 646-650 und 4 (1954) 1, S. 46-52
- 10.89 T h o m a , K.: Beitrag zur Klärung des Mechanismus plötzlicher Ausbrüche von
Salz und Gas
Bergakademie 15 (1963) 11, S. 807-809

- 10.90 W i g a n d : Die Explosion auf dem Kaliwerk der Gewerkschaft Desdemona im Leinetal; Bergrevier Hannover
Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 54 (1906), S. 461-473
- 10.91 W i g a n d : Die Schlagwetterexplosion im Kalisalzbergwerk Aller-Nordstern bei Großhäusingen am 27.11.1911
Z.f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 60 (1912), S. B 214-225
- 10.92 W i n t e r , U.; N a w r o d , M.:
Neue Untersuchungen über die Erkennung und Vorherbestimmung d. Gasausbruchs-
gefahr im anstehenden Werrakalibau
Bergbautechnik 10 (1960) 6, S. 281-288
- 10.93 W i n t e r , U.: Die Anwendung geophysikalischer Verfahren zur Bekämpfung
der Gasgefahr im Kalibergbau der DDR
Bergakademie 16 (1964) 3, S. 138-145
- 10.94 W i n t e r , U.: Beiträge zur Bekämpfung der Gas- und Laugengefahr im Kali-
bergbau mit komplexen geophysikalischen Verfahren
Diss., BA Freiberg/Sa. 1964
- 10.95 W o l f , H.: Zur Aerodynamik der plötzlichen Ausbrüche von Salz und Gas im
Werra-Kalibergbau
Diss. TU Dresden, 1965
- 10.96 W o l f f , H.: Befahrung der Schachtanlage Konrad am 12.8.83
mdl. Auskunft
- 10.97 Z a b e l , H.: CO₂-Schutzmaßnahmen im Grubenbetrieb "Ernst Thälmann" II/III
Diplomarbeit, BA Ffeiberg/Sa., Juni 1964

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

Anlagen

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

- Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen
- Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950
- Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche
- Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche
- Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall
- Anhang 6: Gasaustrittsdatei

Verzeichnis der Anlagen

Kapitel 4: Absturz eines Förderkorbes

<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
4. 1	Prinzip der Treibscheibenförderung
4. 2	6-Seil-Koepe-Fördermaschine
4. 3	Zwischengeschirr für Vierseilaufhängung
4. 4	Fördermittelführungen im Schacht
4. 5	Schachtbeschickung mit Schwingbühne und Schachtsperre
4. 6	Beispiel für die Sicherheitseinrichtung für einen Fördermaschinenantrieb
4. 7	Sicherheit gegen Übertreiben durch Fahrtregler
4. 8	Funktionen der Überwachungskreise an Schachtförderanlagen (automatischer Betrieb)
4. 9	Fristen für Überprüfung, Prüfung und Untersuchung von Bauteilen an Schachtförderanlagen nach TAS
4. 10	Ausfallmechanismen von Förderseilen
4. 11	Bestimmung der Ablagereife von Förderseilen
4. 12	Sicherheitsmaßnahmen an den Anschlägen
4. 13	Sicherheitstechnische Anforderungen an Zwischengeschirrteile
4. 14	Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermittel und Gegengewichte
4. 15	Sicherheitstechnische Anforderungen an Seilträger und Seilscheiben
4. 16	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Seilführung
4. 17	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Spurlattenführung
4. 18	Sicherheitstechnische Anforderungen an Unterseile
4. 19	Sicherheitstechnische Anforderungen an Be- und Entladestellen
4. 20	Sicherheitstechnische Anforderungen an Fahrtregler
4. 21	Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermaschinenbremsen
4. 22	Sicherheitstechnische Anforderungen zur Vermeidung von Seilrutsch

<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
4. 23	Schema der Störfallkartei
4. 24	Seilkraftausgleich bei Mehrseilförderungen
4. 25	Fördermittelabstürze seit 1946

Kapitel 5: Kollision von Transportmitteln

<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
5. 1	Fahrzeugkollisionen
5. 2	Löserunfälle in Verbindung mit Gleisloshfahrzeugen
5. 3	Auszug aus den Fahrzeugbauvorschriften
5. 4	Auszug aus den Fahrzeugbetriebsrichtlinien

Kapitel 6: Brände unter Tage

<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
6. 1	Brände unter Tage
6. 2	Beispielrechnung eines Fahrzeugbrandes
6. 3	Brände an Untertage-Dieselfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1981

Kapitel 8: Ausfall des Hauptventilators oder von Sonderbewetterungsanlagen

<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
8. 1	Angenommene Wettertemperaturen für Ventilatorstillstandsberechnungen
8. 2	Vereinfachte Darstellung des Wetternetzes des Bergwerks Asse
8. 3	Wetterstromangaben bei Stillstand des Hauptventilators des Bergwerks Asse
8. 4	Vereinfachte Darstellung des Wetternetzes des Bergwerks Gorleben
8. 5	Wetterstromangaben beim Stillstand des Hauptgrubenlüfters des Bergwerks Gorleben

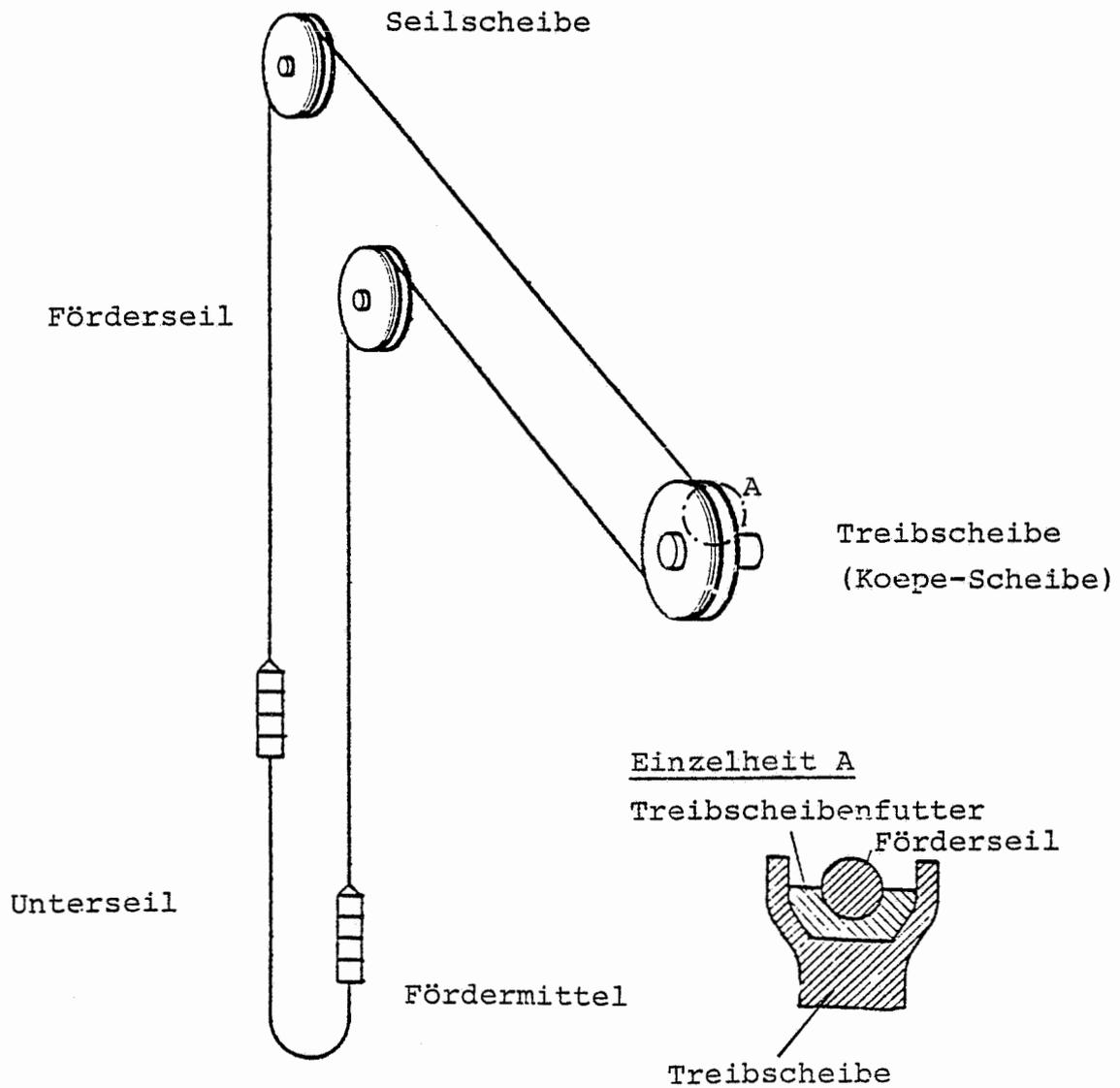
<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
8. 6	Vereinfachte Darstellung des Wetternetzes des Bergwerks Konrad
8. 7	Wetterstromangaben beim Stillstand des Hauptventilators des Bergwerks Konrad

Kapitel 9: Störfälle beim Umgang mit Sprengmitteln

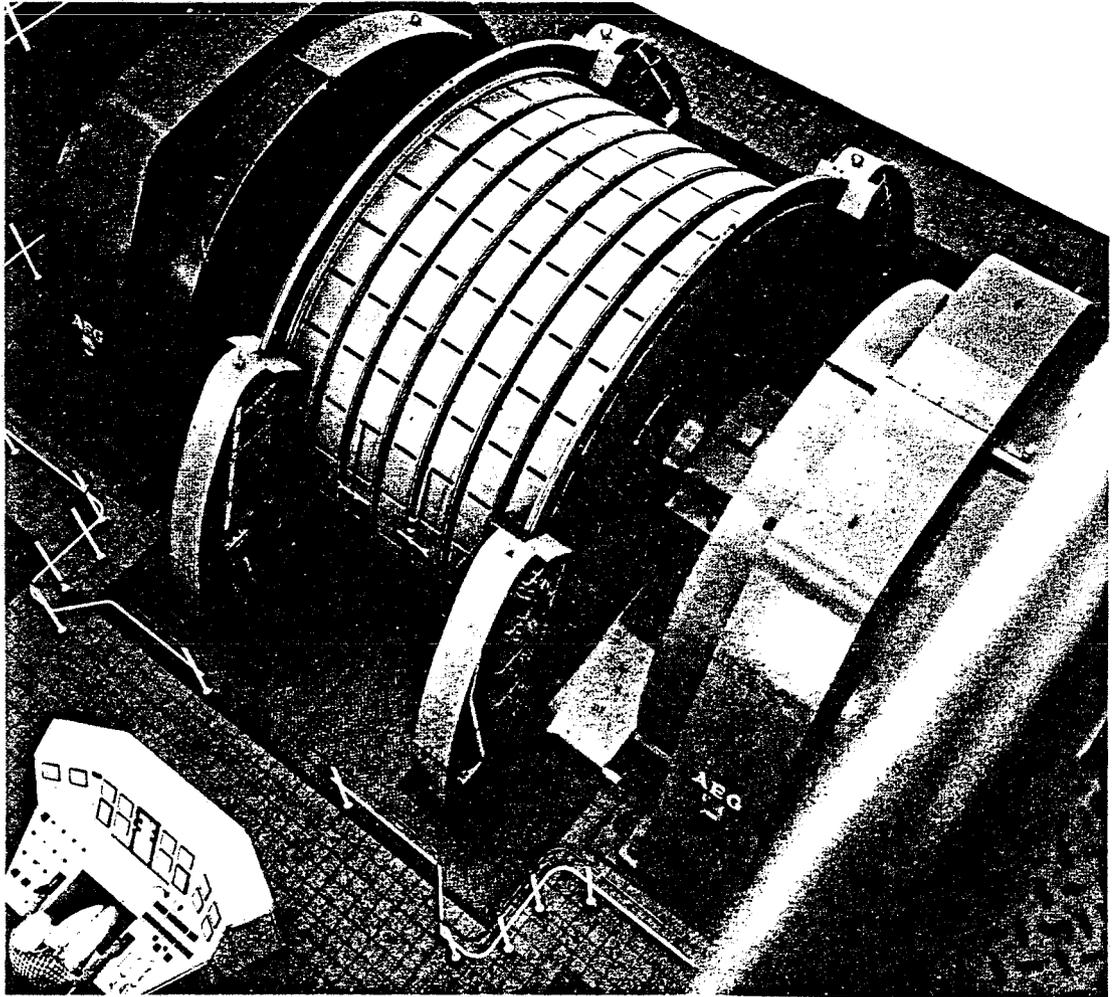
<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
9. 1	Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Sprengmittellagern unter Tage des Nichtsteinkohlenbergbaus
9. 2	Einzelheiten zur Detonation des Sprengmittellagers des Kaliwerks Buggingen am 22.12.1971
9. 3	Einzelheiten über Versuche in der Tschechoslowakei und in den USA zur Feststellung der Auswirkungen von Sprengmittellagerexplosionen

Kapitel 10: Eindringen von Gasen aus dem Salzgebirge

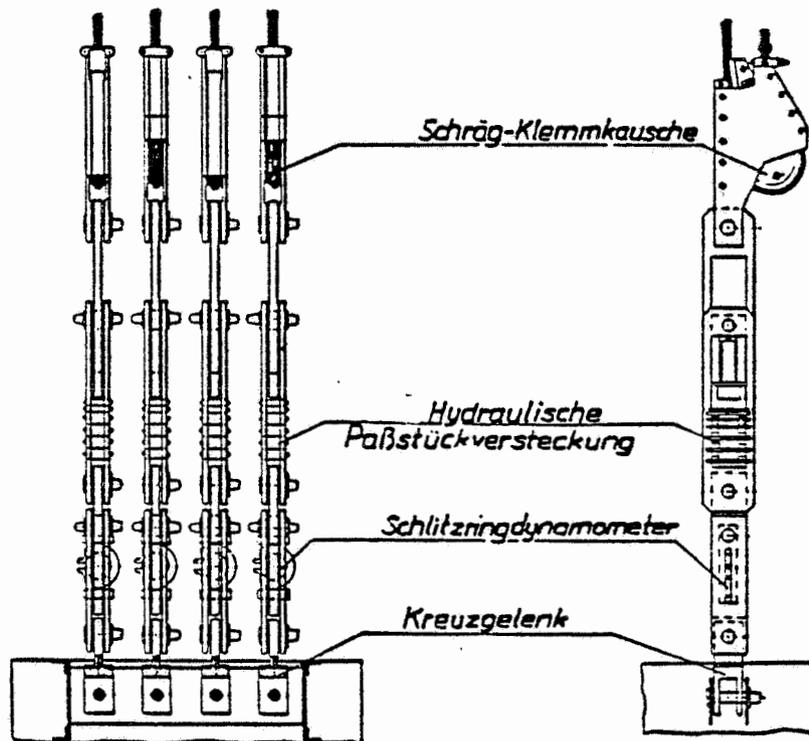
<u>Anlage</u>	<u>Titel</u>
10. 1	Gasaustritte im Salzbergbau
10. 2	Gasaustritte im Metallerzbergbau



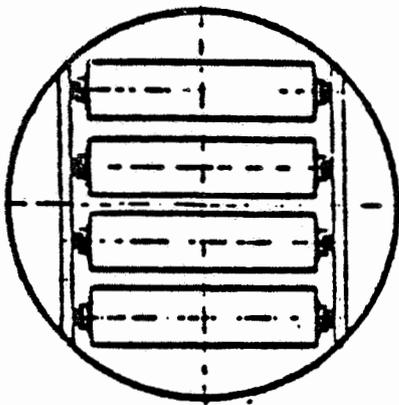
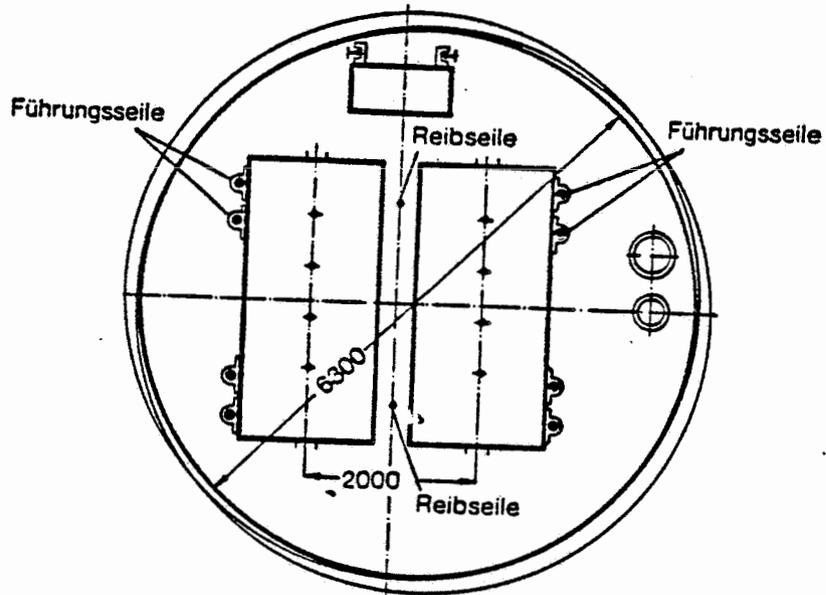
Anlage 4.1: Prinzip der Treibscheibenförderung (4.175)



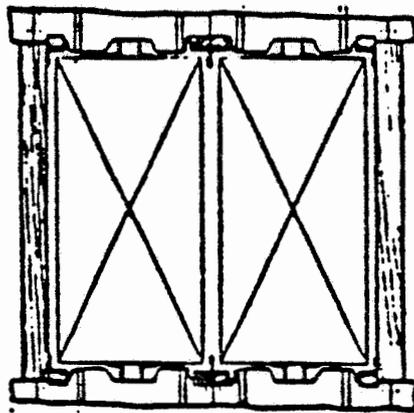
Anlage 4.2 : 6-Seil-Koepe-Fördermaschine (4.145)



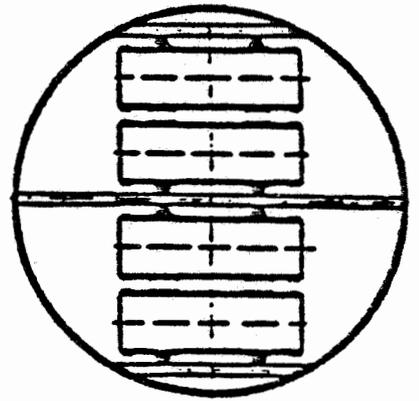
Anlage 4. 3: Zwischengeschirr für Vierseil-Aufhängung
(4.11)



a



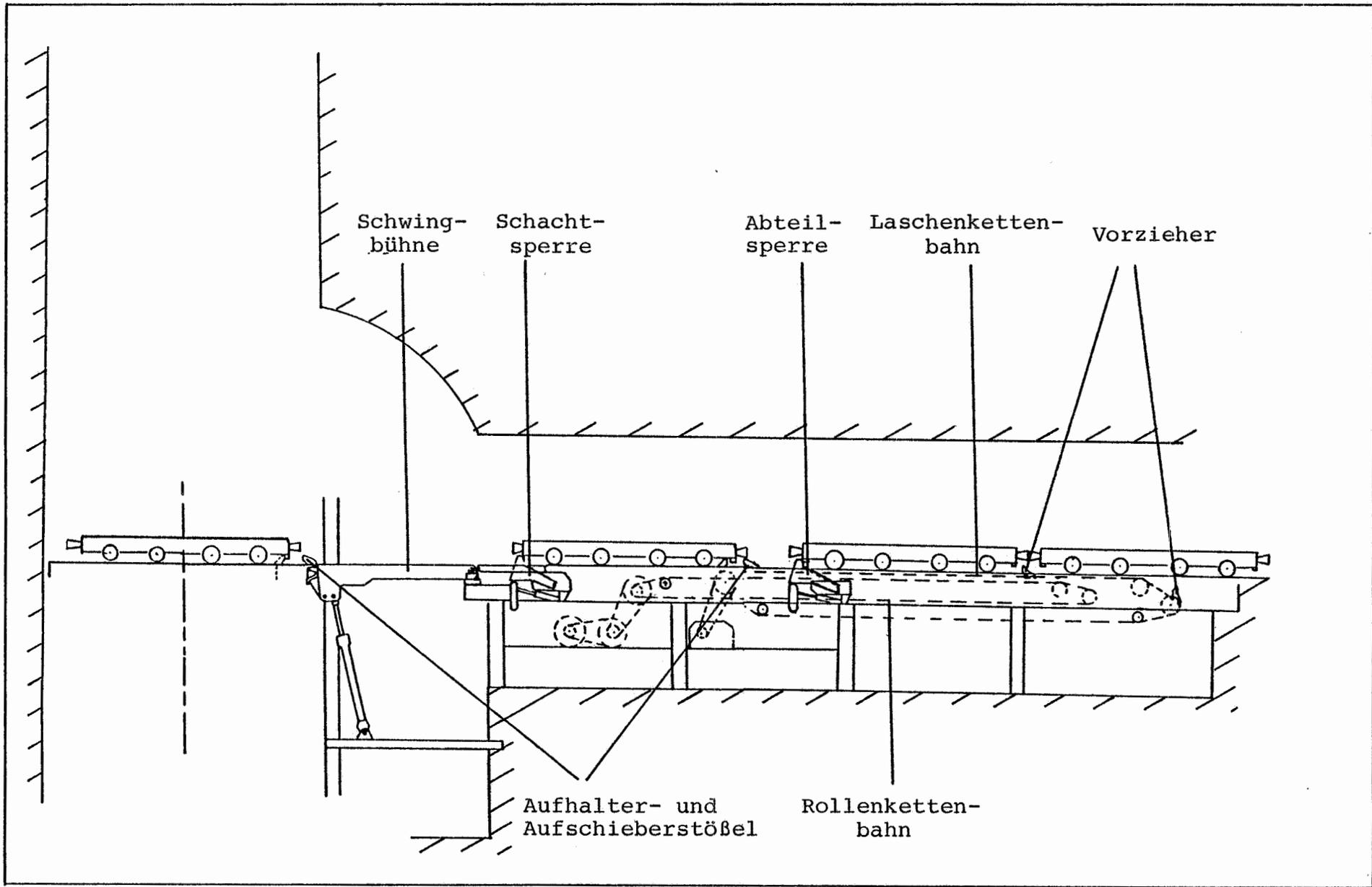
b



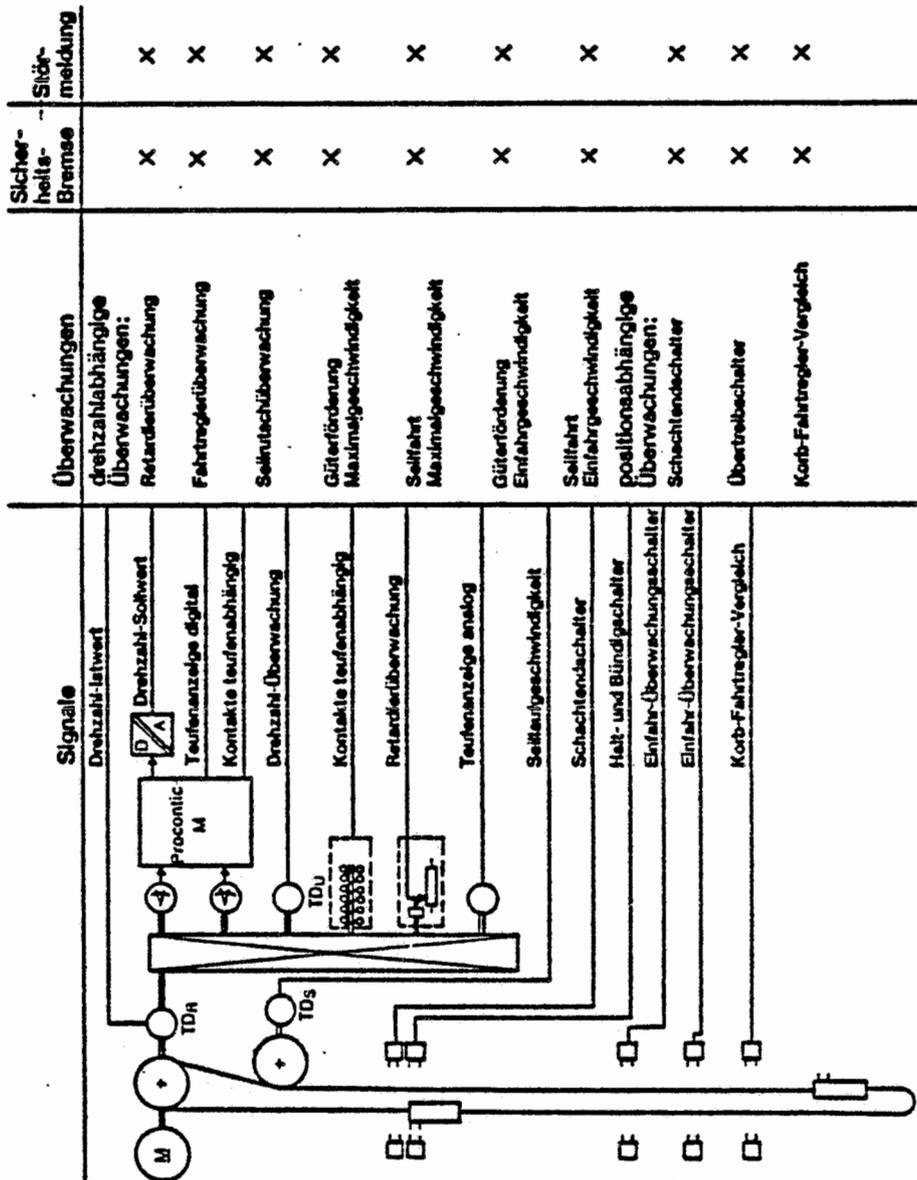
c

- a Spurlatten-Kopfführung
- b Eckführung
- c Spurlatten-Seitenführung

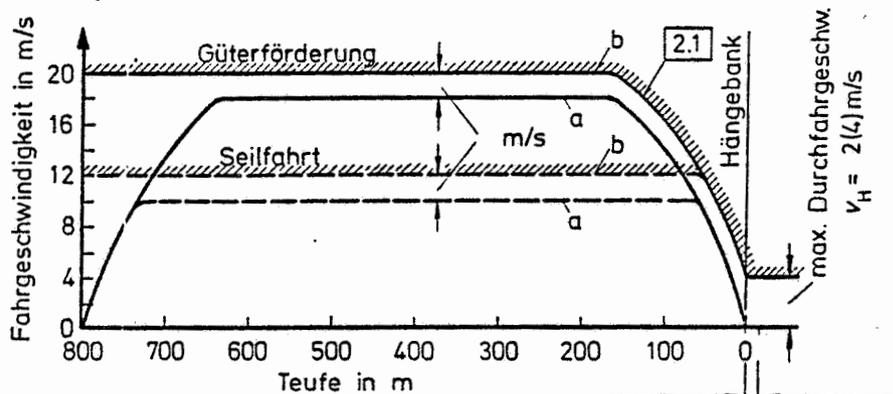
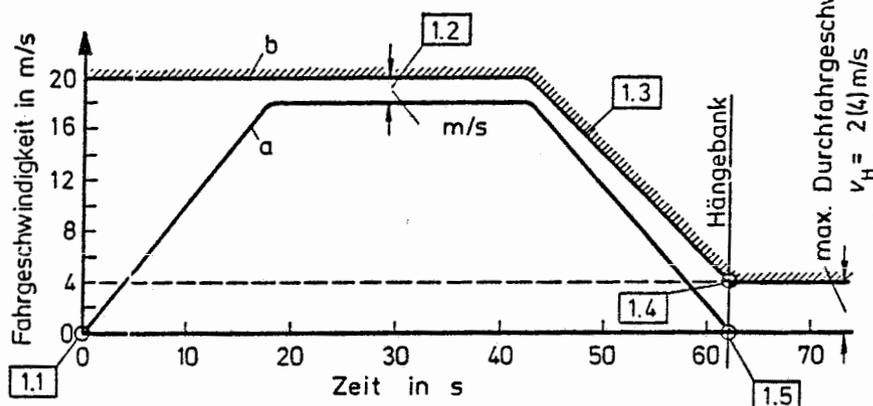
Anlage 4.4 : Fördermittelführungen im Schacht (4.175) ;
Seilführung (oben) , starre Führung (unten)



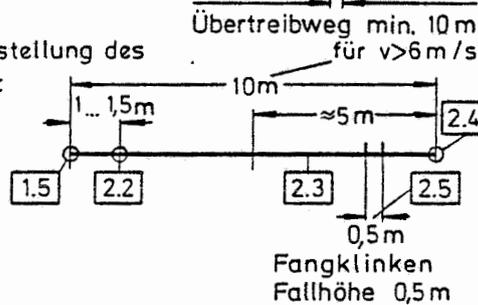
Anlage 4.5 : Schachtbeschickung mit Schwingbühne und Schachtsperre (Prinzipskizze)



Anlage 4.6 : Beispiel für die Sicherheitseinrichtungen für einen Fördermaschinenantrieb (4.160)



Vergößerte Darstellung des Übertreibweges:



Beispiel:

800 m Teufe
 1 m/s² Beschleunigung
 und Verzögerung

— Sollgeschwindigkeit a
 ▨ Grenzgeschwindigkeit b

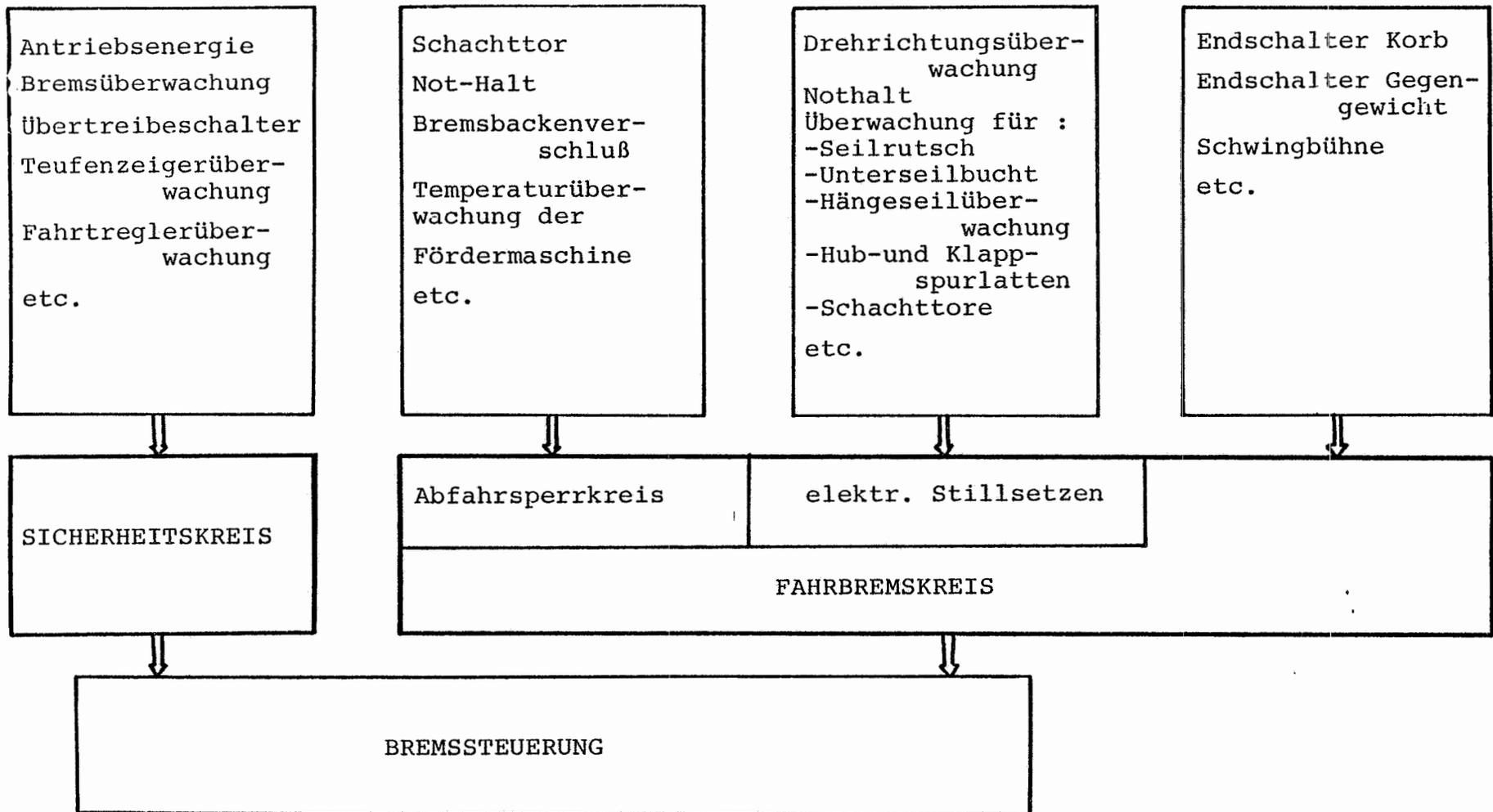
Sicherheitsfunktionen des Fahrtreglers:

- 1.1 Falsches Anfahren (Sicherheitsbremsung)
- 1.2 Zu hohe Geschwindigkeit
- 1.3 Zu geringe Verzögerung
- 1.4 Zu hohe Geschwindigkeit (Sicherheitsbremsung)
- 1.5 Fördermittel in der Hängebank nicht stillgesetzt (Sicherheitsbremsung)

Sicherheitseinrichtungen im Schacht und am Fördergerüst

- 2.1 Schachtmagnetschalter (Sicherheitsbremsung)
- 2.2 Schachtendschalter (Sicherheitsbremsung)
- 2.3 Spurlattenverdickung
- 2.4 Pröllträger
- 2.5 Fangklinken gegen Fördermittelabsturz

Anlage 4.7: Sicherheit gegen Übertreiben durch Fahrtregler (Schutzdiagramm nach BVOS)(4.11)



Anlage 4.8

Anlage 4.8 : Funktionen der Überwachungskreise an Schachtförderanlagen
 (automatischer Betrieb)

**Fristen für Überprüfung, Prüfung und Untersuchung
von Bauteilen an Schachtförderanlagen (Auszug
aus BVOS)**

§ 18

Regelmäßige Überprüfung der Seilfahranlagen

- (1) An Seilfahranlagen sind arbeitstäglich zu überprüfen:
1. Führungseinrichtungen sowie Führungsschlitten und deren Überwachungseinrichtungen,
 2. der Wasserstand im Sumpf, die Unterseilführung und ihre Verlagerung,
 3. Schachttore, Schachtschleusen,
 4. Schachtsperren und Schachtbeschickungseinrichtungen,
 5. Feststellvorrichtungen,
 6. Förderseile,
 7. Fördermittel und Gegengewichte,
 8. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten,
 9. mechanische Signalanlagen und Schachthammerseile, mindestens auf ihre Funktionsfähigkeit,

10. Seil- und Ablenkscheiben mit Achsen und Lagern,
11. der mechanische Teil der Fördermaschinen oder Förderhäspel mit zugehörigem Brems- und anderen Sicherheitseinrichtungen,
12. elektrische Anlagen einschließlich elektrische Signalanlagen in Grubenbauen, die durch Grubengas gefährdet werden können,
13. Schachtklappen und Kippklappen bei Abteufanlagen.

Außerdem ist der freie Durchgang der Fördermittel und Gegengewichte arbeitstäglich festzustellen.

- (2) An Seilfahreranlagen sind wöchentlich zu überprüfen:
 1. die Gangbarkeit der Fangstützen,
 2. verdickte oder zusammengezogene Spurlatten,
 3. Seilkanäle in Blindschächten,
 4. Unterseile,
 5. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten,
 6. elektrische Anlagen einschließlich elektrische Signalanlagen übertage sowie in Grubenbauen, die nicht durch Grubengas gefährdet werden können.

- (3) Werden mit einer Anlage täglich nicht mehr als 30 Züge ausgeführt, so brauchen die Überprüfungen nach Absatz 1, ausgenommen Nr. 12, nur wöchentlich vorgenommen zu werden, wenn es der Zustand des Schachtes und der Seilfahrtanlage gestattet. Dem Bergamt ist im Einzelfall nachzuweisen, daß diese Voraussetzungen vorliegen.

§ 19

Regelmäßige Prüfung der Seilfahrtanlagen

- (1) An Seilfahrtanlagen sind wöchentlich zu prüfen:
1. Förderseile von Hauptseilfahrtanlagen,
 2. Förderseile von mittleren Seilfahrtanlagen, wenn mehr als 200 Züge oder mehr als 6 Stunden je Fördertag gefahren werden oder die Anlagen Abbaueinwirkungen oder anderen schädigenden Einflüssen, insbesondere korrosiven Wettern und Wässern, ausgesetzt sind,
 3. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen in Grubenbauen, die durch Grubengas gefährdet werden können,
- (2) An Seilfahrtanlagen sind zwölfmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 5 Wochen, zu prüfen:
1. Förderseile von mittleren Seilfahrtanlagen, sofern sie nicht wöchentlich zu prüfen sind, und von kleinen Seilfahrtanlagen,
 2. Unterseile,

3. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen übertage und die Grubenbauen, die nicht durch Grubengas gefährdet werden können,
 4. Endschalter und Einfahrüberwachungsschalter, sonstige Schachtschalter,
 5. Führungsseile, Spannwinden und Spannlager, Schachtwinden, Führungsschlitten und deren Überwachungseinrichtungen bei Abteufanlagen,
 6. Schachtklappen und Kippklappen bei Abteufanlagen.
- (3) An Seilfahranlagen sind sechsmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 10 Wochen, zu prüfen:
1. Zustand des Schachtes mit Ausbau und Einbauten,
 2. Führungseinrichtungen, außer Seilführungen bei Abteufanlagen,
 3. Schachttore,
 4. Schachtsperren und Schachtbeschickungseinrichtungen,
 5. Feststellvorrichtungen,
 6. Fördermittel und Gegengewichte mit ihren Anschlußteilen zum Zwischengeschirr oder zur Unterseilaufhängung,

7. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten,
8. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten,
9. mechanische Signalanlagen und Schachthammerseile,
10. Bremseinrichtungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln.

(4) An Seilfahranlagen sind zweimal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 7 Monaten, zu prüfen:

1. Seilscheiben und Ablenkscheiben mit Achsen und Lagern, sowie Stärke der Seilnutwanderungen und Form des Seilnutquerschnittes,
2. Verlagerungen von Seilscheiben, Ablenkscheiben, Fördermaschinen und Förderhäspeln bei Anlagen untertage,
3. der mechanische Teil von Fördermaschinen und Förderhäspeln untertage einschließlich ihrer Sicherheitseinrichtungen,
4. Förderseile im Bereich der Seileinbände nach dem Öffnen der Einbände, jedoch erstmals nach einjähriger Aufliegezeit,
5. Förderseile an den Klemmstellen von Klemmen, die nicht zum Seileinband gehören, nach Entfernen dieser Klemmen,

6. automatische Steuerungen von Fördermaschinen und Förderhäspehn,
- (5) An Seilfahrtanlagen sind einmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 13 Monaten, zu prüfen:
1. Fördergerüste, Abteufgerüste,
 2. der mechanische Teil von Fördermaschinen und Förderhäspehn übertage einschließlich ihrer Sicherheitseinrichtungen,
 3. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand.
- (6) Werden bei Hauptseilfahrtanlagen täglich nicht mehr als 30 Züge ausgeführt, so brauche die Prüfungen der Förderseile nach Absatz 1 Nr. 1 nur zwölfmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 5 Wochen, vorgenommen zu werden, wenn es der Zustand des Schachtes und der Seilfahrtanlage gestattet. Dem Bergamt ist im Einzelfall nachzuweisen, daß diese Voraussetzungen zutreffen.

§ 20

Regelmäßige Untersuchung der Seilfahrtanlagen

- (1) An Seilfahrtanlagen sind zweimal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 7 Monaten, zu untersuchen:
Fahrtregler oder gleichwertige Regeleinrichtungen.

- (2) An Seilfahrtanlagen sind einmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 13 Monaten, zu untersuchen:
1. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen (Jahresrevision),
 2. automatische Steuerungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln,
 3. Bremseinrichtungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln, außer Bremseinrichtungen von mit Druckluft betriebenen Förderhäspeln,
 4. starre Führungseinrichtungen bei Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s und mehr als 300 Zügen je Fördertag.
- (3) An Seilfahrtanlagen sind in Abständen von längstens 2 Jahren zu untersuchen:
1. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand,
 2. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand,
 3. Haupttragglieder von Fördermitteln, Gegengewichten, Förderkübeln und Behältern sowie die Anschlußteile zum Zwischengeschirr.

Anlage 4.10: Ausfallmechanismen von Förderseilen nach Jehmlich (4.82)

a) Rechnerisch erfaßbare Ausfallmechanismen im Bereich der kritischen Seillänge

Ausfallmechanismus	Ausfallkriterium	
	Beobachtungswerte	Berechnungswerte
<u>Verschleiß an der Außenseite der Drähte ohne erkennbaren inneren Verschleiß</u>	<u>Drahtquerschnittsminderung</u>	<u>Sicherheitsfaktor</u> - im Seil
<u>Korrosion an der Außenseite der Drähte ohne erkennbare innere Korrosion</u>		
<u>Drahtbruch durch</u> - Wechselbeanspruchung - Gewalteinwirkung - Litzenberührung - Korrosion an sichtbaren Drähten	<u>Drahtbruchzahl</u> in einer Außenlitze und/oder in allen Außenlitzen	<u>Restquerschnitt</u> - des Seiles - der meistgeschwächten Außenlitze
<u>Drahtlockerung</u> <u>Sichtbare Drähte</u> <u>Schlaufenbildung</u> <u>Drahtbruch durch</u> - Wechselbeanspruchung an <u>nicht sichtbaren</u> inneren Drähten	Drahtbrüche sind mit gleicher Häufigkeit wie in den sichtbaren Drähten zu erwarten, wenn die Vergleichsspannung aus Zug-, Biege- und Druckspannung für die inneren Drähte größer ist als die Vergleichsspannung für die Außendrähte der Außenlitze des gebrochenen Seiles.	
<u>Litzenlockerung</u> <u>Korbbildung</u>	Die Querschnitte der gelockerten oder im Korbbildungsbereich befindlichen Litzen sind beim Nachweis der vorhandenen Sicherheit vom Seilquerschnitt abzuziehen.	

b) Rechnerisch nicht erfaßbare Ausfallmechanismen

Nr.	Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
1	<u>Innere Korrosion</u> - Drähte ohne Korrosionsschutzschicht (Verzinkung/Schmierung) - Pflege des Seiles mangelhaft - Einlage ohne Schmierstoff	Draht Litze Seil	- Drahtquerschnittsminderung - Drahtlockerung - Litzenlockerung - Seildurchmesser- veränderung
2	<u>Innerer Verschleiß</u> - Schmierung ungenügend - Pflege des Seiles mangelhaft - innere Korrosion	Draht Litze Seil Einlage	- Drahtquerschnittsminderung - Drahtlockerung - Litzenlockerung - Seildurchmesser- veränderung - Litzenberührung mit Kerben und Drahtbrüchen
3	<u>Lockerung der Drähte und/oder Litzen</u> - Behandlungsfehler - Herstellungsfehler - Herstellungsdrall - Innere Korrosion - Innerer Verschleiß - Drahtbrüche nach Nr. 4 - Belastungsfall	Litze Seil	- Drahtlockerungen - Längsverformung - Schlaglängenänderung - Seildurchmesserver- ringerung - Zugbruch an sicht- baren Drähten nach innerer Schädigung

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
4 <u>Drahtbrüche in oder an Seiltriebelementen</u>		
- Beanspruchungs- wechsel, auch nur Seilzugkraftwechsel	Litze Seil	- Drahtlockerungen - Längsverformung - Schlaglängenänderung - Seildurchmesser- verringering - Zugbruch an sichtbaren Drähten nach innerer Schädigung
5 <u>Beschädigung durch unsachgemäße Be- handlung</u>		
- Quetschung - Knick - Klanke	Draht Litze Seil	- Drahtbrüche - Draht- und Litzen- lockerung - Draht-, Litzen- und Seilverformung mit unkontrollierbaren Spannungen in den Drähten
6.1 <u>Korkenzieher bei Litzenseilen</u>		
- Einlage zu gering oder zu stark bemessen oder zerstört - Herstellungs- und/oder Be- handlungsfehler	Seil Einlage	- Litzenberührung - Berührung mit Seil- triebelementen - Verschleiß

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
---------------------------------------	----------------------	------------------

6.2 Wellenartige Ver-
formungen bei Litzen-
seilen mit Seileinlage,
Spirallitzenseilen und
Spiralseilen

- | | | |
|---|------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Herstellungs- und/oder Behandlungsfehler - Lockerung der Außenlitzen als beginnende Korbbildung - Drahtbrüche im Seilinneren - Seilzugkraft ungleichmäßig über Seilquerschnitt eingeleitet | Seil | <ul style="list-style-type: none"> - Überlastung der Stahleinlage, des Seilkerns oder der Kernlitze - Verschleiß - Drahtbrüche |
|---|------|---|

Korbbildung

- | | | |
|--|------|--|
| <p>bei Seilen mit Stahleinlage, mehreren Litzeneinlagen, Spirallitzenseilen und Spiralseilen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herstellungs- und/oder Behandlungsfehler - Seilkonstruktion und/oder Betriebsbedingungen ungünstig | Seil | <ul style="list-style-type: none"> - Überlastung der Stahleinlage, des Seilkerns oder der Kernlitze |
|--|------|--|

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
8 <u>Knoten</u>		
- Einlage beschädigt bzw. Verschleiß	Seil Einlage	- Seildurchmesser- veränderung - Einschnürung nach 9.1
9.1 <u>Einschnürung</u>		
(Einziehen einer Litze bei Litzenseilen mit Fasereinlage in Ver- bindung mit Korken- zieher bzw. Knoten) - Einlage im Durch- messer verringert oder zerstört	Seil Einlage	- Spannungsverteilung in den Drähten und Litzen ungleichmäßig - Seildurchmesser- verringering
9.2 <u>Einschnürung</u>		
(bei Seilen mit Stahl- einlage, Spirallitzen- seilen und Spiralseilen) - Stahleinlage, Kern- litze oder Seilkern zerstört	Einlage Seil	- Überlastung der an der Lastaufnahme beteiligten Litzen - Seildurchmesser- verringering

Anlage 4.11: Bestimmung der Ablegereife von Förderseilen

Obwohl Schachtförderseile dynamisch hochbeanspruchte Maschinenelemente sind, werden sie doch noch weitgehend nach statischen Gesichtspunkten bemessen (4.163).

Der wesentliche Bemessungsfaktor ist die statische Sicherheit, die durch das Verhältnis der rechnerischen Seilbruchkraft¹⁾ zur an der Seilscheibe vorhandenen statischen Höchstbelastung des Seiles gegeben ist.

Für Seilfahrt und Güterförderung sind die erforderlichen Mindestsicherheitszahlen abhängig von der Schachtteufe in der TAS festgelegt. Die vorgeschriebenen erforderlichen Sicherheitszahlen sind bei der regelmäßigen Seilfahrt $S \geq 9,5 - 0,001 \cdot L$ (TAS 6.9.1.).

Es ist theoretisch als falsch anzusehen, daß die erforderliche Sicherheit mit zunehmender Teufe geringer wird. Die Formel beinhaltet somit einen ökonomischen Kompromiß.

Das statische Material läßt erkennen, daß die gesetzlich festgelegte Mindestsicherheit bei der Ausführung von Förderanlagen kaum überschritten wird (4.163).

Förderseile müssen abgelegt werden, wenn "Anzeichen dafür festgestellt worden sind, daß die beim Auflegen vorhandene ermittelte Bruchkraft^{x)} der Seile um mehr als 15 v.H. vermindert ist" (BVOS § 17 Abs. 2).

x) Zur Definition S. TAS 6.2.9..

Die "ermittelte Bruchkraft" des Seils wird durch Einzel-
drahtprüfungen gemessen.

Die Überwachung des sicherheitlichen Zustands der Seile
ist nach BVOS vorgeschrieben. Vorgeschrieben ist die
tägliche Überprüfung des Förderseils durch fachkundige
Personen. Diese dient zur Überprüfung äußerlich erkenn-
barer Schäden und Mängel.

Das Prinzip der Sicherheitsmaßnahmen veranschaulicht
Abb. 1.

Abb. 1: Sicherheitsmaßnahmen gegen Seilriss nach TAS

Art der Überwachung	Überprüfung durch sachkundige Person	Prüfung durch Aufsichtsperson	Untersuchung durch Sachverständigen
I. Visuelle Beobachtung des Seiles 1 x täglich	→ X wenn Schäden	→ X wenn außergewöhnliche Schäden	→ X
1 x wöchentlich		→ X Feststellung von Zahl und Lage der Drahtbrüche; wenn außergewöhnliche Schäden	→ X
II. Untersuchung idR. Magnetinduktor (Förderdichte > 300) 1 Jahr nach Auflegezeit; nächste Untersuchung hängt vom 1. Untersuchungsergebnis ab			→ X

Abweichend von diesen Maßnahmen werden an hochbeanspruchte Förderseile in Treibscheibentransportanlagen besondere Anforderungen gestellt (Verwaltungsanweisung zur BVOS und zu den TAS vom 12.11.1979). Diese werden erstellt in der Erkenntnis, daß die in der BVOS vorgeschriebenen Maßnahmen zur regelmäßigen Überwachung der Förderseile nicht immer ausreichen, um die nach dem Auftreten erster Mängel oft rasch fortschreitende Verschlechterung des Seilzustandes schnell und sicher genug zu erfassen.

Als Kriterien für hochbeanspruchte Anlagen wird eine Förderdichte von 500 Zügen je Fördertag oder eine Förderdichte von 400 Zügen je Fördertag festgelegt, wenn gleichzeitig anlagenspezifische Beanspruchungen als Zusatzkriterien festliegen (Abb. 2).

Von allen das Förderseil schwächenden Schädigungen läßt sich nur der Schwächungsanteil der bekannten Drahtbrüche einwandfrei errechnen. Nur bedingt kalkulierbar sind dagegen unbekannte Drahtbrüche, Verschleiß und Korrosion.

Zusätzliche Prüfungen bei hochbeanspruchten Förderanlagen. Auszug aus den Rundverfügungen des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen vom 12.11.1979; Geschäftszeichen 01.31.2-1-11

Kriterium	Art der Überwachung	Überprüfung durch sechskundige Person	Prüfung durch Aufsichtsperson	Untersuchung durch Sachverständigen
Nur Förderdichte ≥ 500	I. Messung der Seillänge 1 x täglich	X		
Förderdichte ≥ 400 bis < 500		wenn außergewöhnliche Längenänderung	X wenn keine ausreichende Erklärung	X
<u>Zusatzkriterien:</u>	II. Magnetinduktive Unter- suchung 1 Monat nach Auflegezeit; nächste Untersuchung hängt vom 1. Untersuchungsergebnis ab			X
Quasistatische Schwellspannung ≥ 16 kp/m²				X
Durchmesser Verhältnis D/d < 100	III. Untersuchung des Drall- verhaltens Probestück			X
Ablenkwinkel des Seils aus der Ebene der Treibschelbe > 1°30'	Strichversuch		X Mit Unterstützung des Sachverständigen	X
Beschleunigung oder Verzögerung ≥ 1,2 m/s²	IV. Untersuchung bei Schadens- fällen Nach Schäden oder Unregelmäßig- keiten muß die Begutachtung die gesamte Länge des Seiles um- fassen			X
Flächenpressung ≥ 200 N/cm²				X
Dynamische Zusatzbeanspruchung > 25% der statischen Bean- spruchung	V. Messung der Schleglänge und des Seildurchmessers			X

Abb. 2: Zusätzliche Prüfungen an Seilen von hoch- und höchstbeanspruchten Förderanlagen

Bekannte Drahtbrüche sind zunächst alle Drahtbrüche, die an der Seiloberfläche sichtbar sind. Durch eine magnetinduktive Untersuchung des Förderseiles kann in den meisten Fällen auch der überwiegende Teil der inneren Drahtbrüche, die an der Seiloberfläche nicht sichtbar sind, erkannt werden.

Darüber hinaus können aber durch inneren Verschleiß Lockerungen entstehen, die die im Querschnitt der Litze fast noch harmlos aussehen, aber schon zu beachtlichen Schwächungen der Seilbruchkraft führen. Schon eine beginnende Lockerung schwächt das Förderseil mehr als Drahtbrüche.

Für die praktische Beurteilung der Ablegereife unterstellt man daher i.A., daß man die Schwächung durch verschleißbedingte Lockerungen doppelt so hoch einschätzt, wie die Schwächung durch Drahtbrüche.

Das bedeutet, daß die Drahtbrüche, einschließlich der inneren, durch magnetinduktive Untersuchungen festgestellten, höchstens ein Drittel der zulässigen Seilschwächung von 15 %, also 5 % ausschöpfen sollten.

(Hochbeanspruchte) Förderseile dürfen also nicht mehr benutzt werden, wenn sich an irgendeiner Stelle die Drahtbrüche so konzentrieren, daß auf einer Seillänge gleich dem 50-fachen Seildurchmesser 5 % des metallischen Querschnitt durch Bruch ausgefallen sind.

Die Korrosion ist als zusätzlicher Einfluß nur schwer kalkulierbar. Im allgemeinen wird man innen korrodierte Förderseile ablegen, auch wenn Drahtbrüche nicht vorhanden sind.

Das wichtigste Meßverfahren zur Feststellung des Seilzustandes im Seilinneren ist das magnetinduktive Seilprüfgerät.

Das Meßprinzip und die entwickelten Geräte werden ausführlich in (4.87, 4.11) beschrieben.

Das Erkennen und das Analysieren von Seilschäden aus den magnetinduktiven Prüfdiagrammen bedarf großer Erfahrungen und ist zum Teil auch für den Fachmann noch schwierig, da durch Überlagerungen Diagrammcharakteristiken der einzelnen Schadensarten wie Rost, Drahtbrüche, Verschleiß und Verformungen verloren gehen können (4.11).

Ferner ist zu beachten, daß die Eindringtiefe des magnetinduktiven Verfahrens bisher begrenzt ist. Im Normalfall werden die Schäden bei einem Seil von 50 mm Durchmesser noch gut erfaßt. Bei dickeren Seilen können ab 25 mm Eindringtiefe nur noch größere Schäden, wie Stahlseilriß oder Riß eines Teiles einer Litzenanlage, erkannt werden.

Trotz dieser Einschränkungen bezüglich einer quantitativen Schadensaussage ist die magnetinduktive Prüfmethode eine entscheidende Hilfe bei der Seilkontrolle und liefert besonders bezüglich der inneren Schäden wertvolle Hinweise.

Ein besonderer Vorteil der magnetinduktiven Prüfung ist, daß eine Verschmutzung der Seiloberfläche durch Staub, Fett und Farbe sowie nichtmagnetische Seilummantelungen etc. die Meßgenauigkeit nicht beeinflussen.

Anlage 4.12: Sicherheitsmaßnahmen an den Anschlägen

Der Absturz von Personen und Betriebsmitteln soll durch Sicherheitsmaßnahmen verhindert werden, die elektrisch zu überwachen sind.

Das wichtigste Mittel ist das Schachttor. Die Verbindung zwischen dem Niveau des Anschlags und dem Förderkorb wird durch eine Schwingbühne hergestellt, die den Seillängenausgleich bei den Fördermitteln bewirkt, die nicht durch Aufsetzvorrichtungen bündig zum Anschlag gestellt werden. Die Schwingbühne wird i.A. gegen das Moment eines Gegengewichtes durch Druckluft aufgelegt. Bei Ausbleiben der Druckluft geht sie in die Ruhelage zurück.

Als drittes Mittel ist für gleisgebundene Wagenförderung eine Schachtsperre vorgesehen, die prinzipiell den Zulauf der Wagen zum Schacht blockiert.

Die Wirkungsweise und die Überwachung dieser Sicherheitseinrichtungen sind in der TAS weitgehend vorgeschrieben.

Die Anschläge, d.h. Zugänge zu den Fördertrumen, müssen Tore haben, die verhindern, daß Personen unabsichtlich in die Fördertrume gelangen oder Streckenfördermittel eingeschoben werden können (TAS 2.5.1.2.1).

Für die Schachtbeschickungseinrichtungen sind Schachtsperren vorgeschrieben (TAS 2.5.4.1.1).

Die einzelnen Teile der Schachtbeschickungseinrichtung müssen untereinander und mit den Schachttoren so verriegelt

sein, daß sie zwangsläufig in der jeweils zulässigen Reihenfolge wirksam werden können (TAS 2.5.4.2.3).

Dabei darf der Aufschieber (in Aufschieberichtung) erst betätigt werden können, wenn Schachtsperren und Schachttore geöffnet sind (TAS 2.5.4.2.5).

Die Ruhestellung der Schachtsperren und Bühnen muß so überwacht werden, daß während des Treibens das Notsignal ertönt oder Nothalt ausgelöst wird, wenn die Überwachung anspricht. Zusätzlich muß das Lichttraumprofil der Fördermittel selbsttätig überwacht werden (TAS 2.5.4.2.6.).

Die Bühne darf nur bei vorstehendem Fördermittel betätigt werden können. Schachttore dürfen erst geöffnet werden können, wenn das Fördermittel zentriert und die Bühne ausgefahren ist. Diese Einrichtungen dürfen erst dann in ihre Ausgangslage zurückgebracht werden können, wenn die Schachttore geschlossen sind (TAS 2.4.7.5.3).

Das Fördermittel darf nur verfahren werden können, wenn sich die Schwingbühne in ihrer Ausgangslage befindet.

Für Seilfahrt gilt, daß die Schachttore an die Auf- und Absteigeseiten aller Anschläge, von und zu den Seilfahrten stattfinden darf, derart überwacht werden, daß schon beim Öffnen eines Tores die geschlossene Fahrbremse nicht gelöst werden kann.

Wird bei Seilfahrt bei gelöster Fahrbremse ein überwachtes Schachttor geöffnet, muß das Notsignal ertönen.

Bei Einrichtungen für automatischen Betrieb gelten zusätzliche Anforderungen. Es müssen an allen Anschlägen überwachte Schachttore vorhanden sein. Jedes überwachte Schachttor muß mit zwei voneinander getrennten Schaltern ausgerüstet sein. Überwachte Schachttore und Schwingbühnen wirken direkt auf den Fahrbremskreis (TAS 5.5.6), während des Treibens, bzw. auf den Abfahrsperrkreis (TAS 5.5.7.2) beim Vorstehen am Anschlag.

Die Dimensionierung der Schachttore ist nicht näher spezifiziert.

Anlage 4.13 : Sicherheitstechnische Anforderungen
an Zwischengeschirrtteile

Zwischengeschirrtteile müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen (TAS 7.2.2):

- Tragstangen von Wirbeln und Spanschlösser 15 fach
- Karabinerhaken in dem auf Zug und Biegung beanspruchten Hauptquerschnitt 12 fach
- andere Zwischengeschirrtteile 10 fach

Die Zwischengeschirrtteile gehören damit zu den Elementen von Schachtförderanlagen, die mit der höchsten statischen Sicherheit konstruiert werden müssen. Daraus folgt, daß die Teile des Zwischengeschirrs in der Schadenkategorie I B praktisch keine Rolle spielen, sondern daß das Seil zum "schwächsten Element" der Bauteile für die Aufhängung des Fördermittels wird.

Bei der Prüfung der Zwischengeschirre sind die einzelnen Teile auf Verschleiß, Korrosion, Formänderung und Anrisse zu prüfen.

Neue Teile - außer Seilklemmen und nicht selbstklemmende Kauschen - dürfen nur verwendet werden, wenn sie zuvor einer Probelastung mit dreifacher Nennlast standgehalten haben.

Die Probelastung kann entfallen, wenn zuvor durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung die Rißfreiheit der Teile nachgewiesen worden ist.

Bei der Untersuchung der Zwischengeschirre sind die auf Zug oder Biegung beanspruchten tragenden Teile, außer Bolzen, durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf Anrisse zu untersuchen.

Zwischengeschirrteile können mit Hilfe des Magnetpulververfahrens auf Risse untersucht werden. Man arbeitet nach dem Verfahren der Spulenmagnetisierung oder der Hilfsdurchflutung. Über Untersuchungen hat Arnold (4.05, 4.14) berichtet.

Aufgrund der Untersuchungen wurden die in der Tab. 1 aufgelisteten Empfehlungen ausgesprochen (4.14). Sie wurden mit nur geringen Abweichungen in die TAS übernommen.

Art der Sicherheitsbestimmungen	Ausführungsempfehlungen
1. Sicherheit des Zwischengeschirrs für Förderseile	mindestens 10fach, bei Lasthaken mindestens 12fach gegen Aufbiegen, bei Druckspindeln* 15fach
2. Probelastung des Zwischengeschirrs für Förderseile	3fache Nennlast
3. Sicherheit der Königstange	mindestens 15fach im Schaft, in der Bolzenbohrung mindestens 10fach
4. Kanten der Klemmbügel	abgerundet
5. Kennzeichnung tragender Teile	Förderseil-Zwischengeschirre: ja, zum Beispiel durch Aufkleben von nicht rostenden Stahlschildern oder Zahlen
6. Schweißnähte nur an unbelasteten Teilen	ja (Ausnahme: Ketten), jedoch ist Beanspruchung auf Druck zulässig
7. Ersatz-Zwischengeschirr	zwei
8. Keine Klemmkauschen und Keilklemmen bei aufgesetzten Körben	ja
9. Für Unterteil-Zwischengeschirre gelten die Bestimmungen gemäß Punkt 1, 4 und 6	ja
10. Überprüfen des Zwischengeschirrs für Förderseile	täglich
11. Überprüfen des Zwischengeschirrs für Unterseile	wöchentlich
12. Ausbauen und Prüfen des Zwischengeschirrs für Förderseile	halbjährlich
13. Prüfen des Zwischengeschirrs für Unterseile	sechswöchentlich
14. Untersuchen des Zwischengeschirrs für Förderseile in ausgebautem Zustand durch Sachverständige	jährlich nach dem Magnetpulververfahren
15. a) Betriebsdauer des Zwischengeschirrs für Förderseile b) Lebensdauer des Zwischengeschirrs für Förderseile	10 Betriebsjahre 20 Kalenderjahre

Tabelle 1: Sicherheitsempfehlungen für Zwischengeschirre nach (4.14)

Anlage 4.14: Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermittel und Gegengewichte

Haupttragglieder von Fördermitteln und Gegengewichten müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen (TAS 7.2.1.):

- Aufhängebleche und Anschlußbleche 10 fach
- Querträger und Längsträger in Kopfraahmen, an denen Aufhänge- oder Anschlußbleche zum Zwischengeschirr befestigt sind, bis zur 4 fachen Kraftverzweigung 10 fach
- alle anderen Querträger und Längsträger in Kopfraahmen sowie alle Querträger und Längsträger in Fußrahmen 7 fach
- Hängestreben 7 fach

Fördermittel müssen mindestens 4 Hängestreben haben (TAS 7.3.3.).

Hängestreben von Gegengewichten sind am Kopf- und Fußrahmen außen anzubringen (TAS 7.3.3.).

Spannungsüberlagerungen und dynamische Kräfte können in der Rechnung vernachlässigt werden (TAS 7.2.5.).

Bei der Untersuchung der Haupttragglieder von Fördermitteln und Gegengewichten und der Anschlußteile zum Zwischengeschirr sind die Hängestreben im Bereich der Tragrahmen und die

Anschlußteile zum Zwischengeschirr erstmals 6 Jahre nach Inbetriebnahme durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf Anrisse zu untersuchen.

Anlage 4.15 : Sicherheitstechnische Anforderungen an Seilträger und Seilscheiben

Seilträger mit Welle und Lager, Seilscheiben mit Ablenkscheiben bzw. deren Achsen, werden mit mindestens einfacher Sicherheit gegenüber der Resultierenden des Seilzuges bei Seilbruchkraft (Streckengrenze) ausgelegt.

Kommt es zu außerbetrieblichen Belastungen der Aufhängung des Fördermittels wird folglich zunächst das Seil zerreißen, wenn nicht Seilträger oder Seilscheiben bereits vorzeitig geschwächt sind (Dauerbruch, Anrisse etc.).

Da die Dimensionierung nicht auf Dauerfestigkeitskriterien ausgelegt ist, liegen keine Erkenntnisse über Seil- und Treibscheiben vor, sofern sie nicht auf betrieblichen Erfahrungen beruhen.

Lediglich bei den Treibscheiben wird für dynamische Beanspruchungen ein Anschlag von 10 % zu den statischen Belastungen berücksichtigt.

Seilscheiben, Treibscheiben und deren Achsen und Lager werden zweimal jährlich geprüft (BVOS § 19 (4)).

Theoretische Arbeiten zur Auslegung der Seilträger wurden von [REDACTED] vorgestellt, haben jedoch in der Praxis keinen Eingang gefunden (4.131, 4.132).

Anlage 4.16: Sicherheitstechnische Anforderungen an die Seilführung

Die TAS sieht eine Reihe von Vorschriften für die Errichtung von Seilführungen vor.

Zur Führung von Fördermitteln und Gegengewichten an Seilen sind je Fördermittel und Gegengewicht in der Regel 4 Führungsseile vorzusehen.

Sind Reibseile (Abstandsseile) erforderlich, so müssen mindestens 2 Seile zwischen den Fördermitteln oder zwischen Fördermittel und Gegengewicht vorhanden sein.

An Anlagen mit Seilführung sind folgende Mindestabstände einzuhalten:

- 30 cm von einem Fördermittel oder Gegenwicht bis zur Schachtwand oder zu Schachteinbauten, außer im Bereich fester Führungen an den Enden des Fahrweges.
- 50 cm zwischen den Fördermitteln oder zwischen Fördermittel und Gegengewicht. Dieser Abstand kann bis auf 30 cm verringert werden, wenn Reibseile vorhanden sind.

Diese Abstände liegen nach den Untersuchungen von  (1) im international üblichen Rahmen. Eine Häufigkeitsanalyse zeigt folgendes Bild (4.52):

Der Abstand Fördermittel zu Fördermittel beträgt

mit Reibseilen	40,7 %	<	500 mm
	20,3 %	>	500 mm
ohne Reibseile	6,7 %	≤	500 mm
	8,5 %	≤	700 mm
	23,8 %	>	700 mm

Die Mehrheit der ausgeführten Anlagen weist demzufolge Reibseile auf. Mit wenigen Ausnahmen wird erst ab einem Abstand von 700 mm auf Reibseile verzichtet.

Die häufigsten Abstandsweiten zwischen Fördermittel und Schachtwand bzw. Einbauten zeigt folgende Verteilung:

Abstand	← 300 mm	11,5 %
	300-400 mm	42,0 %
	400-500 mm	11,5 %
	500-700 mm	27,0 %
	→ 700 mm	8,0 %

Die Häufigkeit im Bereich 300-400 mm ist offensichtlich.

Die Seile müssen so gespannt sein, daß Fördermittel und Gegengewichte unter Berücksichtigung der Mindestabstände sicher geführt werden. Dazu soll die Spannkraft mindestens 10 KN je 100 m Führungsseillänge betragen. Wird die Spannkraft nicht durch Gewichte erzeugt, muß sie jederzeit meßbar sein (TAS 2.4.7.7.4).

Führungsseile und Reibseile von Anlagen mit Seilführung müssen eine mindestens 4,5 fache Sicherheit gegenüber dem Eigengewicht und der Spannkraft besitzen (TAS 6.9.7).

Die Nennfestigkeit der Drähte darf 1570 N/mm^2 nicht überschreiten, damit die Bruchneigung der Einzeldrähte verringert wird (4.53).

Die sehr pauschalen Vorschriften der TAS deuten darauf hin, daß einige grundlegende Fragen zur Dimensionierung von Seilführungen aus theoretischer Sicht nicht einwandfrei beantwortet sind.

In der Vergangenheit wurde, soweit dies bekannt ist, hinsichtlich der für die horizontalen Auslenkungen erforderlichen Abstände sich einander begegnender Fördermittel und der Fördermittel zum Schachtein- bzw. ausbau so verfahren, daß nach den Erfahrungen sich in Betrieb befindlicher Seilführungsanlagen unabhängig von irgendwelchen Einflußgrößen Mindestabstände vorgegeben werden, die an keiner Stelle unterschritten werden dürfen.

Damit bleiben eine Reihe von Einflüssen bezüglich ihrer Bedeutung für die Schwingungsfähigkeit des Systems in horizontaler Richtung ungeklärt:

- bewegte Massen in Verbindung mit Fördergeschwindigkeit und Teufe
- aerodynamische Vorgänge, insbesondere an der Begegnungsstelle des Fördermittels und des Gegengewichts
- aerodynamische Vorgänge an Wetterschleusen und Wetterkanälen
- Einfluß von Anzahl, Vorspannung und Machart der Seile
- Schwingungen durch Ablöseerscheinungen des Wetterstroms am Fördermittel
- erzwungene Schwingungen durch die Reibung der Führungsösen (4.40).
- Bedeutung des Dralls zu Förderseilen

Allgemein sollten einige wesentliche Überlegungen und Erkenntnisse aus der Literatur angeführt werden.

Die Widerstandskraft von Führungsseilen gegen Auslenkung ist sehr gering. Sie liegt nach übereinstimmenden theoretischen und praktischen Angaben (4.52, 4.18) in der Größenordnung von 6 N/cm.

Als kritische Stellen sind die Begegnung der Förderkörbe und der Ein- bzw. Austritt von Wetterkanälen anzusehen.

Als Hauptursache der Auslenkungen sind die aerodynamischen Verhältnisse anzusehen. Der Einfluß von Vertikalschwingungen durch das Fahrverhalten mit Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgängen ist nach Eulenberger (Eulenberger (1)) gering.

Insbesondere tritt an der Begegnungsstelle der Körbe durch Veränderung des Wetterquerschnitts eine Verringerung des statischen Druckes, insbesondere im Zwischenraum der sich begegnenden Fördermittel ein, so daß durch die relativ höheren statischen Drücke an der Schachtwandung eine Annäherung der Fördermittel und damit eine Auslenkung bewirkt wird.

Diese Auslenkung ist insbesondere von der Relation zwischen Fördergeschwindigkeit und Wettergeschwindigkeit abhängig.

Die horizontalen Auslenkungen in Richtung der Fördermittelachse (Aufschieberichtung) sind gering.

Die aerodynamischen Effekte sind in starkem Maße von der Formgebung des Fördermittels abhängig. Einfluß haben auch die Verkleidungen des Fördermittels.

Die Torsion des Führungssystems durch den Drall der Förderseile wird bei Mehrseilanlagen gut beherrscht.

Über das Verhalten der seilgeführten Fördermittel im Bereich von Wetterabzweigen liegen einige wenige Untersuchungen vor.

So haben Messungen von [REDACTED] (4.150) Sogkräfte bis zu 30 KN beim Passieren des Wetterkanals ergeben. Andere Untersuchungen zu diesem Thema sind von [REDACTED] (4.88) und [REDACTED] (4.136) veröffentlicht worden.

Die TAS enthält daher weitergehende Richtlinien bezüglich der Gestaltung der Fördermittel bei Anlagen mit Seilführung.

Dach und Böden von Fördermitteln und Gegengewichten dürfen nicht so verkleidet sein, daß an der Begegnungsstelle im Schacht ein wesentlicher Unterdruck zwischen den Fördermitteln auftritt (TAS 7.3.7.1.).

Auf den Tragböden müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die ein Abrollen von Förderwagen oder Abrutschen von Material bei Schiefstellung des Fördermittels verhindern.

Die bisher angestellten Untersuchungen und Messungen (4.136, 4.88, 4.50, 4.109, 4.52, 4.53) deuten darauf hin, daß die Vorschriften der TAS im Rahmen der im Ausland gültigen liegen und somit als unter vergleichbaren Bedingungen ausreichend angesehen werden müssen.

Bei seilgeführten Schachtförderanlagen, die Nutzlasten über 30 t aufweisen, sind bisher nur ungenügend geklärte Probleme zu erwarten.

Diese Probleme betreffen

- die großen Fördermittelflächen
im Bereich der Begegnungszonen
- den Einfluß der Corioliskraft
- das zentrische Aufhängen großer Lasten.

Anlage 4.17: Sicherheitstechnische Anforderungen an die Spurlattenführung

Bei Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 12 m/s sowie bei Anlagen mit Stahlspurlatten und Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s müssen Führungsrollen eingebaut werden (TAS 2.4.1.6.).

Jede Spurlatte muß an mindestens 3 Einstrichen, Konsolen oder dergleichen befestigt sein. Verschraubungen von Führungseinrichtungen müssen mit geeigneten Schraubensicherungen versehen sein (TAS 2.4.2.2.).

Die Spurweite (Maß zwischen zwei gegenüberliegenden Spurlatten) muß etwa 10 mm größer sein als das Spurmaß (Maß zwischen den stirnseitigen Gleitflächen der Führungsschuhe der Fördermittel). Die Maulweite (lichte Weite) der Führungsschuhe soll 10 mm größer sein als die Breite der unverschlissenen Spurlatte (Abb. 1).

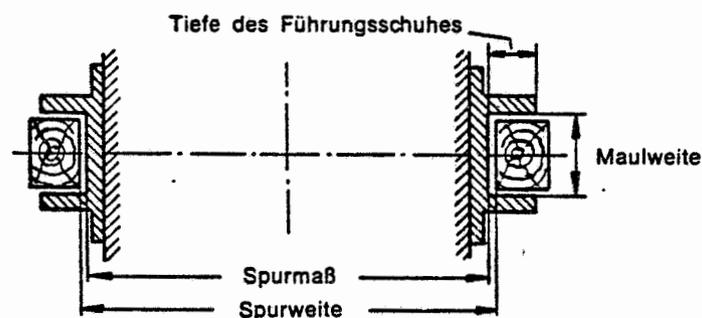


Abb. 1: Wichtige Maße an der Spurlattenführung (TAS)

Bei Fördermitteln mit Rollenführung darf die Spurweite um mehr als 10 mm größer sein als das Spurmaß. Maulweite und Spurmaß der zusätzlichen Führungsschuhe müssen so gewählt werden, daß die Führungsschuhe ein Entgleisen, z.B. an den Spurlattenhaltern, verhindern. Im vormalen Betrieb sollen sie die Spurlatten nicht berühren (TAS 2.4.2.4.1.).

Unter Berücksichtigung des Verschleißes der Spurlatte, der Durchbiegung von Spurlatte und Einstrich sowie einer eventuellen Abbaueinwirkung muß der Führungsschuh die Spurlatte um wenigstens 40 mm überdecken (Mindest-Eingriffstiefe) (TAS 2.4.2.4.2.).

Die Verbindung der Spurlatten miteinander muß ein Ausweichen der Spurlattenden unter dem Druck der Führungsschuhe oder Führungsrollen verhindern (TAS 2.4.2.5.).

Stahlspurlatten müssen ersetzt werden, wenn ein Querschnittselement um mehr als 6 mm geschwächt ist oder nur noch die Hälfte seiner ursprünglichen Dicke besitzt (TAS 2.4.2.8.1.).

Die TAS regelt sehr detailliert die Qualitätsanforderungen an Spurlatten und Einstriche.

Ferner sind die anzuwendenden Berechnungsverfahren ausführlich dargestellt (TAS 2.4.5.).

Anlage 4.18: Sicherheitstechnische Anforderungen an Unterseile

Um bei der Treibscheibenförderung dem Seilrutsch zu begegnen, erfolgt ein Ausgleich der Seilgewichte im auf- und abwärtsgehenden Trum durch ein oder mehrere Unterseile (TAS 6.4.3.1.). Bei gleichem Gewicht des Unterseils und des Förderseils entspricht die Überlast dann der Nutzlast.

Unterseilaufhängungen müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen:

- Tragstangen von Wirbeln 15 fach
- alle anderen Teile 10 fach.

Die Unterseile bestehen in der Regel aus Flachseilen, die ohne besondere Führung in der Seilbucht laufen.

Die rechnerische Bruchkraft eines Unterseils (als Produkt aus der Nennfestigkeit und der Summe der Nennquerschnitte aller Drähte der tragenden Weiten) darf höchstens 90 v.H. der rechnerischen Bruchkraft des zugehörigen Förderseils betragen (TAS 6.4.2.1.).

Innerhalb der Unterseilbucht muß mindestens ein Führungsholz angebracht sein, das nach oben begrenzt beweglich sein soll und nur geringe Kräfte aufnehmen darf. Bei Rundunterseilen können Führungsseilscheiben eingebaut werden (TAS 2.2.2.1.).

Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s müssen mit mindestens zwei Führungshölzern und einer elektrischen Führungs-
holzüberwachung ausgerüstet sein.

Die Führungsholzüberwachung wirkt auf die Sicherheitsbremse bzw. läßt ein Notsignal ertönen. Sie kann gleichzeitig als Hängeseilüberwachung benutzt werden (TAS 5.5.3).

Unterseile sollen so beschaffen sein, daß ihre Seilbuchten nicht betriebsmäßig an Schachteinbauten oder am Schachtausbau schleifen (TAS 6.4.3.2).

Unterseile müssen beim Anhängen eine mindestens 6fache Sicherheit gegenüber ihrem Eigengewicht besitzen.

Anlage 4.19: Sicherheitstechnische Anforderungen an die Be- und Entladestellen

Bedingt durch die geringe Widerstandskraft der Seilführung gegen horizontale Kräfte ist es notwendig, das Fördermittel an den Anschlängen für den Be- und Entladevorgang zu arretieren.

Hierzu sind zwei Systeme bekannt:

- Eckführungen und Schwingbühnen
- Spurlattenführungen und Schwingbühnen
- einschieb- bzw. einschwenkbare Festhaltevorrichtungen.

Zur Gewährleistung einer sicheren Einfahrt in die Führungen an den Anschlagpunkten müssen die Spurlatten angespitzt bzw. die Eckführungen aus Winkelstahl trichterförmig aufgeweitet werden.

Der Übergang von der nachgiebigen Seilführung in die feste Führung ist einer gewissen Problematik unterworfen. So ist die Stellung des Fördergutträgers vor der Einfahrt nicht sicher zu fixieren.

Die Einfahrtgeschwindigkeit in die feste Führung muß deshalb zur Vermeidung der Stoßkräfte bei der Einfahrt auf 0,8 bis max. 1,5 m/s beschränkt werden.

Die Länge der festen Führung sollte die 1,5 fache Fördermittelhöhe betragen und wird mit der Einfahrtgeschwindigkeit bis zum Stillstand durchfahren.

So schreibt die TAS (TAS 2.4.7.5.1.) vor, daß an Anschlängen ohne feste Einführungen zum Betreten und Verlassen der Fördermittel bewegliche Bühnen sowie Einrichtungen zum zentrierten Festhalten der Fördermittel vorhanden sein müssen.

Das Schachttor, die Bühne bzw. die Einrichtung zum zentrierten Festhalten und das Fördermittel müssen gegeneinander verriegelt sein.

Als kritische Situation ist ferner die Einfahrt in Eckführungen bei Störfällen wie Seilrutsch, Sicherheitsbremsung etc. anzusehen. Hierzu liegen keine Erkenntnisse vor.

Anlage 4.20: Sicherheitstechnische Anforderungen an Fahrtregler

Fördermaschinen müssen mit einem bauartmäßig zugelassenen Fahrtregler ausgerüstet sein. Dieser führt und überwacht das Treiben der Fördermittel durch den Schacht (TAS 3.6.1.).

Der Fahrtregler muß das Überschreiten der eingestellten Höchstgeschwindigkeit für Seilfahrt und Güterförderung um mehr als 2 m/s verhindern (TAS 3.6.2.1.).

Der Fahrtregler muß die Fördermaschine bei Seilfahrt und Güterförderung am Ende des Fahrtweges so führen, daß bei den festgelegten Verzögerungswerten die Endanschlüge nur mit einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m/s durchfahren werden können. Abweichend hiervon darf die Geschwindigkeit bis zu 4 m/s betragen, wenn dabei gewährleistet ist, daß nach Ansprechen eines Endschalters die Fördermittel und Gegengewichte durch Sicherheitsbremsung zum Stillstand gebracht werden, ohne die Prellträger zu erreichen (TAS 3.6.2.2.).

Mechanische Fahrtregler sowie die Sollwertgeber von elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Fahrtreglern müssen von der Seilträgerwelle formschlüssig angetrieben werden (TAS 3.6.5.).

Der Fahrtregler muß zur Geschwindigkeitsbegrenzung auf die Energiezufuhr und erforderlichenfalls auf die Fahrbremse oder die elektrische Bremsung einwirken (TAS 3.6.3.).

Fahrtregler müssen für jedes Fördermittel und Gegengewicht unabhängig voneinander eingestellt werden können. Dies gilt nicht für Treibscheibenanlagen, wenn Vorrichtungen zur Korrektur des Seilrilleneinlaufs vorhanden sind.

Außerdem muß bei Treibscheibenanlagen der Fahrtregler für beide Fördermittel gemeinsam mit einer Einrichtung nachgestellt werden können (TAS 3.6.8.).

Anlagen, die automatisch betrieben werden können, müssen mit einer selbsttätigen Nachstellvorrichtung ausgerüstet sein, durch die der Fahrtregler auf die wirkliche Stellung des Fördermittels oder Gegengewichts nachgestellt wird. Der Nachstellbereich muß auf ± 5 m begrenzt sein.

Mechanische Nachstellvorrichtungen müssen so überwacht werden, daß sie

- nur bei aufgelegter Fahrbremse, stehender Antriebsmaschine und Bündigstellung eines Fördermittels nachstellen und
- während eines Treibens nicht nachstellen können.

Fahrtregler und/oder Teufenzeiger mit Impulsgebern, bei denen während des Treibens, z.B. vor Beginn der Verzögerung, synchronisiert wird, müssen so überwacht werden, daß bei Zählersprüngen über 10 m die Sicherheitsbremse ausgelöst wird. Dies gilt auch beim Synchronisieren. Wahlweise kann elektrisch verzögert werden, wenn dabei die gleiche Verzögerung erreicht wird, die die Sicherheitsbremse bewirkt; eine Wiederanfahrt darf erst nach Beseitigung der Störung möglich sein (TAS 3.6.9.).

Es wird empfohlen, bei Fahrtreglern für Treibscheibenanlagen den Verschleiß des Treibscheibenfutters zu berücksichtigen (Seileinlaufkorrektur) (TAS 3.6.10.).

Am Fahrtregler und am Seilträger muß mindestens je ein Drehzahl-Istwertgeber vorhanden sein; einer davon muß netzspannungsunabhängig sein, z.B. durch permanent erregten Tachodynamo (TAS 3.6.11.).

Störungen am Istwert- oder Sollwertgeber für die Geschwindigkeit dürfen nicht zu gefährlichen Betriebszuständen führen können (TAS 3.6.12.).

Fahrtregler müssen mindestens mit folgenden, von der Steuerung unabhängigen, prüfbaren Überwachungseinrichtungen ausgerüstet sein :

1. für die jeweils eingestellte Höchstgeschwindigkeit während der Gleichlaufperiode,
2. für die Verzögerung am Ende des Fahrweges (kontinuierliche oder schachtabhängige punktweise Überwachung),
3. für den schachtabhängigen Vergleich der Fahrtreglerstellung zur Stellung der Fördermittel oder Gegengewichte im Schacht bei Beginn der Verzögerung am Ende des Fahrweges,
4. für den Übertragungsweg vom Seilträger zum Fahrtregler (TAS 3.6.13.1).

Bei der kontinuierlichen Verzögerungsüberwachung (Hüllkurve) muß das Einsetzen dieser Überwachung durch mindestens einen Schachtschalter festgestellt werden (TAS 3.6.13.2).

Bei der schachtabhängigen punktweisen Verzögerungsüberwachung sind die Überwachungspunkte nach Anzahl und Lage im Schacht so anzuordnen, daß beim Ansprechen der Überwachung Fördermittel und Gegengewichte durch Sicherheitsbremsung rechtzeitig zum Stillstand kommen, ohne in die verdickten Spurlatten einzufahren (TAS 3.6.13.3).

Anlage 4.21: Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermaschinenbremsen

Fahrbremse und Sicherheitsbremse müssen jede für sich die statische Belastung durch die betriebsübliche Überlast im Stillstand mit mindestens 3facher Sicherheit halten.

An Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s muß beim Einhängen der betriebsüblichen Überlast eine Verzögerung durch die Fahrbremse von mindestens 2 m/s^2 gewährleistet sein.

Man unterscheidet nach dem Konstruktionsprinzip zwei Bauarten von Scheibenbremsen:

- Einlaßbremsen und
- Auslaßbremsen.

Bis zum 25.06.1982 waren am LOBA NRW vier Bauarten von Scheibenbremsapparaten zugelassen (Tab. 1).

Es handelt sich generell um Auslaßbremsen, bei denen die Fahrbremskraft stufenlos regelbar ist, während für die Sicherheitsbremsung eine Restdruckschaltung zur Begrenzung der Bremskräfte vorhanden ist.

Nr.	Zulassungs-Nr. Datum	Hersteller	Typ	Prüfbericht		
1	B-1/76/1 13.08.1976	Siemens AG	Scheibenbremsapparat 8 SM 7615	WBK	Hä/Ro/3100	vom 16.07.1976
2	B-20/80/2 29.08.1980	MAN-GHH	GHH Scheibenbremsapparat I	WBK	Hä/Ro/3100	vom 21.08.1980
3	B-3/81/2	Siemens AG	Scheibenbremsapparat 8 SM 7622	TÜV	Hannover Eil-Hei/Gu E/F-Su/Ws	vom 06.08.1979 vom 04.09.1981
4	Sonderzulassung Nr.1 19.01.1982	AB Hägglund & Söhne	Bremskraftezeuger für Scheibenbremsen BSFG 403 A, 405 A, 408 A 403 M, 405 M, 408 M 408 E	WBK	No. 154-SPS Hä/Lu/Brü	vom 28.10.1981
5	B-4/82/1	Eisenhütte Prinz Rudolph	EPR- Scheibenbremsapparat	WBK	No. 14 Hä/Brü/3100 ergänzt durch SPS Hä/Ro	vom 03.02.1981 vom 08.04.1982

Tab. 1: Zugelassene Bauarten von Scheibenbremsapparaten
(Stand 25.06.1982)

Bei hydraulisch gesteuerten Auslaßfederbremsen wird die Bremskraft durch vorgespannte Tellerfedern erzeugt, die über einen Kolben unmittelbar auf die Bremsbacke wirken. Zum Lüften der Bremse wird die andere Kolbenfläche mit Drucköl beaufschlagt. Da zum Bremsen das Drucköl aus dem Zylinder ausgelassen werden muß, bezeichnet man diese Bremse als Auslaßbremse.

Mit dieser Auslaßbremse ist über einen Bremsdruckregler eine regelbare Fahrbremmung oder über besondere Anstoßventile eine Sicherheitsbremsung möglich.

Die Bremskraft bei Sicherheitsbremsung kann der Seilrutschgrenze angepaßt werden, indem im Zylinder ein Restdruck zurückgehalten wird.

Bei größeren Öldruckanlagen kommt durch das Prinzip der Auslaßbremse sofort die volle Fahrbremskraft zur Wirkung, wodurch bei Koepefördermaschinen mit ungünstigem Verhältnis der Seilzugkräfte Seilrutsch eintreten kann.

Die Vorteile der Scheibenbremsen sind:

- Die thermisch höhere Belastbarkeit, Fugen in den Bremsscheiben gleichen die Wärmedehnungen aus.

- Die Scheibe ist in den Wirkungsflächen nicht elastisch.
- Die Treibscheibenkonstruktion muß nicht mehr die Druckkräfte der Bremsbacken aufnehmen.
- Bessere Flächenpressungsverteilung zwischen Bremsbelag und Scheibe.
- Direkter Kraftangriff, also keine Gestänge.
- Raumsparende Bauweise.
- Die Bremsfläche ist eben, daher ist die Druckverteilung zwischen Bremsbelag und Scheibe gleichmäßiger als bei der Radialbremse.
- Das Luftspiel der Bremsbacken kann verhältnismäßig klein eingestellt werden, da die Wärmedehnung der Scheibe in axialer Richtung gering ist. Ihre Ausdehnung in radialer Richtung bringt keine Nachteile.

Bei Scheibenbremsen müssen der Verschleiß des Bremsbelages und der Luftweg an jedem Bremskraftherzeuger überwacht werden (TAS 3.9.6.2.).

Die TAS schreibt vor, daß bei Einhängen der betriebsüblichen Überlast die Sicherheitsbremse eine Verzögerung von mindestens $1,2 \text{ m}^2/\text{s}$ und höchstens $2,5 \text{ m}^2/\text{s}$ erreichen soll. Die durch die Sicherheitsbremse bewirkte Verzögerung soll beim Einhängen wenigstens 10 v.H. unter der Verzögerung liegen, bei der Seilrutsch eintritt.

Die besondere Bedeutung der Sicherheitsbremse kommt darin zum Ausdruck, daß in der TAS festgelegt wird

- die Steuerung der Sicherheitsbremse
- der rechnerische Nachweis der geforderten Bremskraft und Verzögerungen
- Messung der Verzögerungen und Bremskräfte vor Inbetriebnahme der Anlage.

Die Zeit vom Auslösen der Bremse bis zum Anlegen der Bremsbacken wird als Ansprechzeit oder Bremsleerlaufzeit (4.135) bezeichnet. Sie soll unter 0,2 s liegen. Dieser Grenzwert ist bei Backenbremsen nach Poppe (4.135) nur bei sehr guter Einstellung des Backenabhubs zu erreichen.

Die Schwellzeit, d.h. die Zeit vom Anlegen der Bremsbeläge bis zum Erreichen der vollen Bremskraft der Sicherheitsbremse, soll gemäß TAS zwischen 0,3 s und 0,5 s betragen. Die Bremschwellzeit ist eine wesentliche Größe für die Schwingungen der Fördergutträger, die durch die Bremsung angeregt werden. Bei sehr kurzen Bremschwellzeiten werden stärkere Schwingungen der Fördermittelaufhängung erzeugt, die eine erhöhte Beanspruchung der Bauteile hervorrufen.

Es sind seit Einführung der Scheibenbremsen in der Fördertechnik nur wenige Untersuchungen über die Zuverlässigkeit der Steuermechanismen bekannt geworden (4.152).

Der rechnerische Nachweis der geforderten Bremskräfte und Verzögerungen, wie er in der TAS festgeschrieben ist, beinhaltet die Festlegung der gültigen Reibungszahlen $\mu = 0,25$ zwischen Treibscheibenfutter und Seil und $\mu = 0,4$ zwischen Bremsbelag und Bremsflächen.

In beiden Fällen handelt es sich um konservative Schätzungen mit dem Ziel, das statische Haltevermögen der Bremsen mit Sicherheit zu gewährleisten.

Die Reibungszahlen sind dabei Variable, in denen der Einfluß von

- Zustand der Bremsflächen (Verschmutzungsgrad)
- Temperatur
- Kraftverlauf (zeitlicher)

-Krafteinleitung (-verteilung)

zu berücksichtigen ist.

Die Abb. 1 zeigt exemplarisch für μ_2

- a) den Einfluß der Bremsscheibentemperatur
- b) den Einfluß einer simulierten Kontamination der Bremsfläche

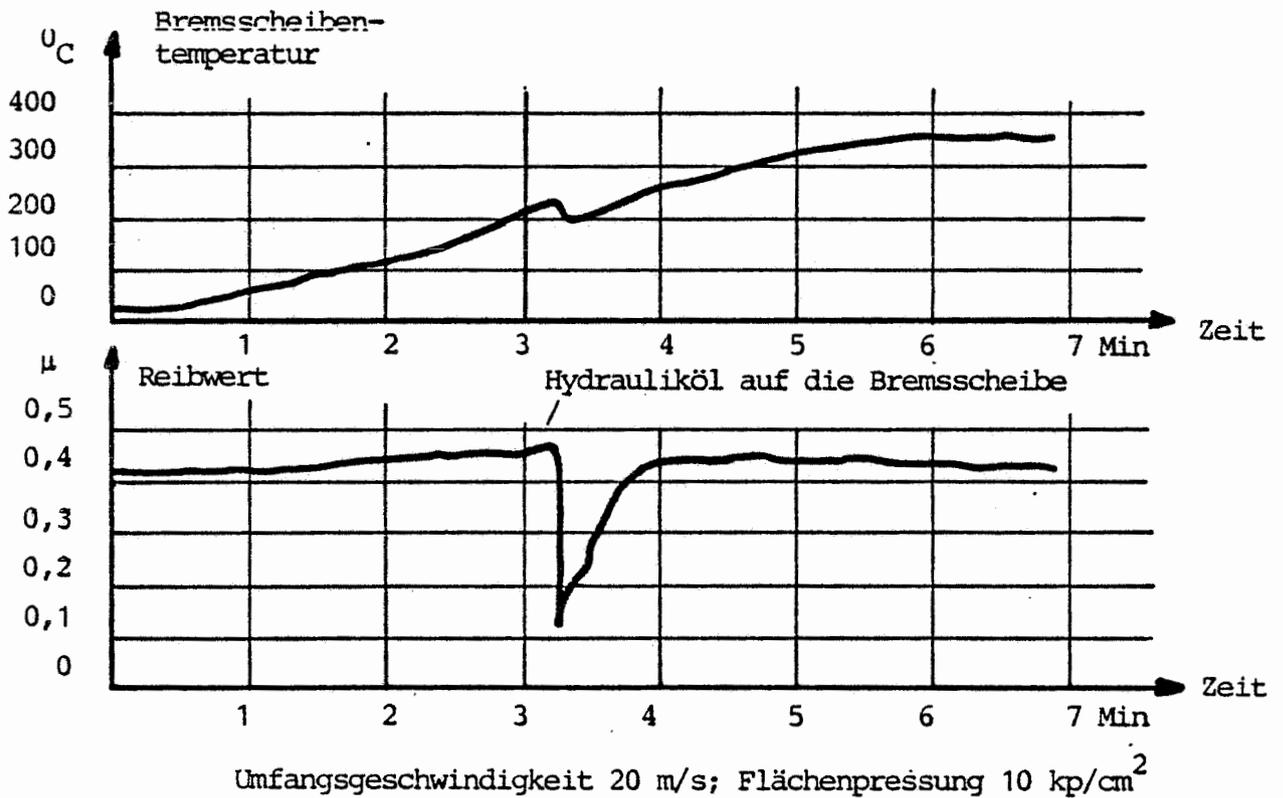


Abb. 1: Reibwertverlauf eines Scheibenbremsbelages, wenn Öl auf die Scheibe gelangt (4.152)

Daraus wäre zu verallgemeinern, daß der Einfluß der Temperatur auf den Reibwert μ_2 vergleichsweise klein ist. Zweitens zeigt sich die Gefahr von Öl- und Leckverlusten von Bremsapparaten, wenn diese zur Verunreinigung der Bremsfläche führen.

Die Reibungszahl μ zwischen Treibscheibenfutter und Seil bestimmt den Grad der Sicherheit gegen Seilrutsch.

Gemäß TAS 3.9.7.12. sind die Bremswirkungen von Fördermaschinen vor Inbetriebnahme der Anlagen zu messen. Dies gilt insbesondere für

- Ansprechzeit und Schwellzeit der Sicherheitsbremse
- Bremsverzögerung durch die Sicherheitsbremse

Ferner sind im Rahmen der Untersuchungen nach § 11 BVOS die Bremseinrichtungen in Jahresabständen zu erproben und zu messen.

Anlage 4.22: Sicherheitstechnische Maßnahmen zur Vermeidung von Seilrutsch

Für Treibscheibenanlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s ist eine Berechnung der Seilrutschgrenze erforderlich. Die Seilrutschgrenze ist für folgende Belastungsfälle nachzuweisen (TAS 3.9.7.2.2.):

- betriebsübliche Überlast beim Einhängen
- leere Fördermittelfahrt
- betriebsübliche Überlast bei Aufwärtsfahrt

Die Seilrutschgrenze ist auch nachzuweisen für die Verzögerung durch den Fahrtregler sowie für die Verzögerung durch die Fahrbremse von automatisch betriebenen Anlagen (TAS 3.9.7.4.).

Bei Treibscheibenanlagen soll die durch die Sicherheitsbremse bewirkte Verzögerung beim Einhängen wenigstens 10 v.H. unter der Verzögerung liegen, bei der rechnerisch Seilrutsch eintritt (TAS 3.9.7.2.1.).

An Anlagen mit automatisch gesteuerter Antriebsmaschine darf die Bremskraft der Sicherheitsbremse und der Fahrbremse während des Treibens nur so groß werden können, daß bei Treibscheibenanlagen kein Seilrutsch auftritt (TAS 3.9.7.9.).

Die Berechnung der Seilrutschgrenze ist wiederum in der TAS geregelt (TAS 3.11. bis 3.13.). Dabei werden prinzipiell konservative Annahmen bezüglich der Wirkungsgrade der Bremsen und der zu erwartenden Reibungsverhältnisse bzw. -zahl getroffen.

Die Sicherheitsbremse, bei deren Ansprechen in erster Linie Seilrutschgefahr besteht, muß Anforderungen hinsichtlich einer kurzen Ansprechzeit und einer ausreichenden Schwellzeit (Zeit bis zum Erreichen der vollen Bremskraft der Sicherheitsbremse) genügen (TAS 3.9.5.7.). Dabei muß an Treibscheibenanlagen eine Teilbremskraft so eingestellt werden können, daß kein Seilrutsch eintreten kann.

Auswertungsbogen	
Schachtanlage:	Reg. Nr.:
Schacht:	Quelle:
Förderung:	Betr.:
1. Anlagenbeschreibung	
Hauptseilfahrtanlage <input type="checkbox"/> mittlere Seilfahrtanlage <input type="checkbox"/> kleine Seilfahrtanlage <input type="checkbox"/> Förderanlage ohne Seilfahrt <input type="checkbox"/> keine Angabe <input type="checkbox"/>	
Tagesschacht <input type="checkbox"/> Blindschacht <input type="checkbox"/>	
Gefäßförderung <input type="checkbox"/> Gestellförderung <input type="checkbox"/>	
Selbstfahranlage <input type="checkbox"/> automatisch <input type="checkbox"/> manuell <input type="checkbox"/> keine Angabe <input type="checkbox"/>	
2. Betriebsart Seilfahrt <input type="checkbox"/> Förderung <input type="checkbox"/> Reparatur <input type="checkbox"/> Materialtransport <input type="checkbox"/> Wartung <input type="checkbox"/> Notfahrunge <input type="checkbox"/>	
3. Stellung des Fördermittels im Schacht	
Rasenhängebank <input type="checkbox"/> Anschlag <input type="checkbox"/> zwischen den Anschlägen <input type="checkbox"/>	
bewegt <input type="checkbox"/> nicht bewegt <input type="checkbox"/>	
4. Vorfall	
5. Ursache zurückführbar auf	
Bedienungsfehler <input type="checkbox"/> Wartungsfehler <input type="checkbox"/> Installationsfehler <input type="checkbox"/> Konstruktionsfehler <input type="checkbox"/> Materialfehler <input type="checkbox"/> externe Einflüsse <input type="checkbox"/>	
Wirkungskette	
6. Sicherheitseinrichtungen	
vorhanden <input type="checkbox"/>	nicht vorhanden <input type="checkbox"/>
angesprochen <input type="checkbox"/>	nicht angesprochen <input type="checkbox"/>
7. Gefährdungspotential V_{max} <input type="checkbox"/> V_B <input type="checkbox"/> V_{B+} <input type="checkbox"/> V_{B-} <input type="checkbox"/>	
8. Eintritt ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> %	
9. Relevanz ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
10. Vermeidung möglich <input type="checkbox"/> nicht möglich <input type="checkbox"/>	

Anlage 4.23: Schema der Störfallkartei (verkleinert)

Anlage 4.24: Seilkraftausgleich bei Mehrseilförderungen

Die Kernfrage einer Mehrseilförderanlage ist der Ausgleich von im Betrieb auftretenden Seilkraftunterschieden.

Diese werden zwangsläufig durch die unvermeidbaren Unterschiede zwischen den Seillaufdurchmessern auf der Treibscheibe und dem damit verbundenen verschiedenen Vortrieb der einzelnen Seile hervorgerufen. Außerdem können die Seile verschieden lang eingebunden sein oder sich unterschiedlich bleibend längen. Ferner können auch Unterschiede im Seildurchmesser und in den elastischen Eigenschaften der Seile (Elastizitätsmodul) Seilkraftunterschiede hervorrufen.

Zwei grundsätzliche verschiedene Möglichkeiten für die Lösung dieser Aufgabe liegen darin, daß entweder Ausgleichsvorrichtungen oder aber, daß die einzelnen Seile mit dem Korb unmittelbar unter Verzicht auf jeglichen Seilkraftausgleich verbunden und die Seilkräfte im Betrieb durch Meßgeräte überwacht werden. Bei Bedarf wird dann in das Kräftespiel regulierend eingegriffen.

Letztgenanntes Prinzip hat sich zum Teil unter Anwendung anderer Meßverfahren inzwischen weitgehend durchgesetzt, weil sich gezeigt hat, daß selbst aufwendige Ausgleichsvorrichtungen weitgehend unwirksam bleiben (4.25)

Seilkraftunterschiede haben Auswirkungen auf

- Entstehung vorzeitiger Drahtbrüche durch Zusatzbelastung des Förderseils
- Berechnung der Seilsicherheit

- Unterschiede im Verschleiß am Treibscheibenfutter durch Kriechen und Rutschen.

Die gemäß BVOS bewilligten Toleranzen wurden mit Rücksicht auf Überlastung und Seilrutsch gewählt.

Auftretende Seilkraftunterschiede, die das in der BVOS festgelegte Maß überschreiten, werden durch Ausgleich der Seilaußendurchmesser an den Treibscheiben bzw. durch Längenanpassung der Seile oder an den Zwischengeschirren ausgeglichen.

Von positivem Einfluß auf auftretende Seilkraftunterschiede ist die Elastizität des Treibscheibenfutters. Die radialen Einsinkwege sind abhängig von der als Bettungsziffer (Mettler (1)) bezeichneten radialen Elastizität des Futters, seinen Abmessungen, seiner Einspannung und dem Verschleißzustand.

Gemäß TAS 6.1.5 muß bei Mehrseilförderanlagen die Lastaufnahme der einzelnen Förderseile festgestellt werden können. Die BVOS § 30 (8) sieht vor, daß die Messung der Seilkräfte in Abständen von längstens 5 Wochen zu erfolgen hat. Weicht die Seilkraft in einem Seil oder in mehreren Seilen um mehr als 10 v.H. vom Mittelwert der Seilkräfte ab, sind Maßnahmen zum Ausgleich der Seilkräfte zu treffen.

Zum Messen der Seilkräfte dient i.A. das sogenannte Schlitzringdynamometer. Dabei handelt es sich um einen geschlitzten Ring, der an Stelle von Paßstücken in das Zwischengeschirr eingebaut wird. Die Schlitzöffnung dieses auf Druck beanspruchten Ringes ist dann ein durch Eichung festgelegtes Maß für die Belastung (Bär (1)).

Zum Aufrechnen der während des Treibens auftretenden Seilkräfte werden schreibende Geräte mit mechanischer Übertragung angebracht. Die Meßstreifen geben Aufschluß über die Höhe der Seilkräfte an jeder Stelle des Fahrweges.

Kurzzeitig können die Schlitzringdynamometer auch mit DMS versehen werden. In diesem Fall ist eine kontinuierliche Meßwertübertragung über das Förderkorbtelefon möglich. DMS verlieren jedoch über längere Zeiträume ihre Eichung. Die Meßwertübertragung ist unzuverlässig.

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE I A						
Oberseilriß						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
696	1946					
677	1947			TS		
676	1947			BS		
675	1947			BS		
674	1947			BS		
673	1947			BS		
672	1947			BS		
671	1947			BS		
670	1947			BS		
656	1948	Haus Aden	Schacht 1	TS	Gestell	
598	1950			TS	Gestell	Nebenförderung
597	1950			BS		
596	1950			BS		
548	1953	Bonifacius		BS	Gestell	
408	1955	Maybach	Albert	TS	Gestell	
521	1955					
	/56	Alstaden		BS	Gestell	
501	1957	König Ludwig	Schacht 1/2	BS	Gestell	
500	1957			BS		
476	1959	Carolinenglück		BS	Gestell	
274	1961	Carolinenglück		BS	Gestell	Bobinenförderung
182	1970	Salzdetfurth	Nebenschacht	TS	Gestell	Bobinenförderung

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE I A								
Versagen von Klemmkauschen								
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung		
681	1947	Lohberg	Schacht 1	TS	Gestell			
602	1951	Zollern		BS	Gestell			
537	1955	/56 Maubacher Blbg.		TS	Gefäß			
536	1955	/56 Westerholt		BS	Gestell			
473	1959	Westfalen		BS	Gestell			
279	1960	Westfalen		BS	Gestell			
235	1964	Min. Achenbach		BS	Gestell			
226	1965	Prosper		Schacht 2	BS		Gestell	während der Seilfahrt

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE I A						
Versagen anderer Teile des Zwischengeschirrs						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
95	1970	Hansa	Schacht 3	TS	Gefäß	Kreuzgelenkbruch

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IA						
Treibscheiben- und Seilscheibenversagen						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
697	1946	Hannover		BS		Seilscheibe
259	1962	Centr.- Morgensonne		BS	Gestell	Treibscheibe

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IA						
Bruch des Fördermittels oder Gegengewichtes						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
278	1960	Adolf von Hansemann		BS	Gestell	Tragstreben des Gegengewichtes
372	1960	König		BS	Gestell	Kopfträger des Gegengewichtes

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Überlast						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
710	1946	Graf Bismarck		BS		
568	1952	Niederrh.-Bergw.	Schacht 2	TS		
565	1953	Fröhl. Morgen- sonne		BS		

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Seilführung						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
263	1962	Sachsen	Schacht 4	TS	Gestell	

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Spurlattenführung						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
694	1946	Bonifacius		TS	Gestell	
588	1957	Wintershall	Heringen	TS	Gestell	
483	1958			BS		
485	1958			BS		
484	1958			BS		
380	1959	Reden	Schacht 4	TS	Gestell	
273	1961	Friedr.-Joachim		BS	Gestell	
262	1962	Pluto	Schacht 2	TS	Gestell	
241	1964	Möller	Schacht 2	TS	Gestell	
302	1964	Hansa		BS	Gestell	
242	1964	Diergardt-M.	Wetterschacht	TS	Gestell	
289	1969	Niedersachsen- Riedel	Niedersachsen	TS	Gestell	
88	1971	Concordia	Concordia 6	TS	Gestell	
73	1972	Sachtleben	Siciliaschacht	TS	Gestell	
121	1976	Kreuzberg		TS	Gestell	

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Äußere Einwirkung						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
658	1948	Graf Bismarck		BS	Gestell	örtliche Erwärmung
643	1949	Dahlhaus Tiefb.	Wetterschacht	TS	Gestell	Schachtbrand
546	1953	Ramsbeck	Margaretenschacht	TS	Gestell	Absturz vom Anschlag
520	1955					
	/56	Börringhausen		TS	Gestell	Absturz vom Anschlag
499	1957			BS	Gestell	Absturz vom Anschlag

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Fördermittel						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
288	1969	Grund	Wetterschacht	TS	Gestell	Riegelstange ragt aus Korb

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

FÖRDERMITTELABSTÜRZE DER SCHADENKATEGORIE IB						
Bremsversagen						
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	TS/ BS	Förderung	Bemerkung
685	1947	Heinrich		BS	Gestell	
469	1959	Carl-Alexander	Schacht 1	TS	Gestell	
181	1970	Eriedrichshall	Schacht 2	TS	Gestell	

TS = Tagesschacht

BS = Blindschacht

NICHT EINBEZOGENE FÖRDERMITTELABSTÜRZE					
R.N.	Jahr	Anlage	Schacht	Ursache	Bemerkung
705	1946	Grillo 3	Nebenförderung	Übertreiben	nicht relevant
701	1946	Dorstfeld	Schacht 1	Königsstange	unzulässig
657	1948	Radbod	Schacht 2	Fangvor- richtung	unzulässig
653	1949	Anna	Blindschacht	Reparatur	Sicherheitsbremse unwirksam
639	1949	Wehofen		Übertreiben	nicht relevant
606	1951	König Ludwig	Schacht 1	Übertreiben	Reparaturarbeiten
582	1952	Gneisenau	Blindschacht	Seil verfängt sich im Vor- gelegeritzel	nicht relevant
564	1953	Möller	Blindschacht	Übertreiben	nicht relevant
547	1953	Lüderich	Zentralschacht	Übertreiben	Versteckbare Trommel- fördermaschine
523	1955	/56 Kronprinz	Aufbruch	Flachseil	kein Förderbetrieb
519	1955	/56 Wilhelmine Vik.	Blindschacht	Seil	scharfe Kante
518	1955	/56 Klosterbusch	Blindschacht	Seil	scharfe Kante
482	1958	Weitmar	Albert 3	Seilquetschung	Trommelförder- maschine (mehrtragig)
474	1959	Ulrich		Seilquetschung	nicht relevant
362	1960	Reden		Königsstange	unzulässig
311	1960	Hansa	Blindschacht	Gefäßklappe	nicht relevant
254	1963	Lothringen	Blindschacht	Seilriß	nicht relevant
296	1965	Grund	Wetterschacht	Fangvor- richtung	unzulässig
202	1967	Ewald- Fortsetzung		Königsstange	unzulässig
148	1972	Reden	Blindschacht	Reparatur	Seilumlenkrolle bricht
74	1972	Anna	Blindschacht	Hängeseil	nicht relevant
72	1972	Walsum	Wilhelm	Rieselkohlen- gefäß	nicht relevant
48	1975	Sophia-Jacoba	Blindschacht	Reparatur	Tragelement reißt

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalls	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	16.09.65	Motorrad	Kollision mit entgleistem Förderwagen der Kettenbahn	Hauptförderstrecke	Schwere Verletzungen	unbekannt	5.56
2	a) Kali b) Niedersachsen c) Clausthal	1966	Translader	Kollision mit Stoß in einer Wendel	Wendelstrecke mit 10% Gefälle	schwere Verletzungen	überhöhte Geschwindigkeit Fahren in zu hohen Gang	5.57
3	a) Kali b) Hope c) Clausthal	1966	Transportfahrzeug	bei Rückwärtsfahrt in Rolloch geraten	söhlige Fahrbahn am Fuß einer Schrägstrecke	tödliche Verletzungen	bei Rückwärtsfahrt mit linkem Hinterrad in abgesichertes Rolloch geraten. Fahrer wurde ins Rolloch geschleudert	5.57
4	a) Kali b) Neuhof Ellers c) Wiesbaden	22.08.67	Planierraupe	zwischen Firste und Fahrersitz eingeklemmt		tödliche Verletzungen	Fahrerschutzbügel war nach Reparatur nicht wieder angebracht worden	5.56
5	a) Kali b) - c) Clausthal	1968	Unimog-Muldenkipper mit Knickgelenk	Bruch der Verbindungen		keine	Schweißnähte nicht einwandfrei; Art der Verbindung	5.57
6)	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	1968	Transportfahrzeug	Fahrer von seinem Fahrzeug überrollt		schwere Verletzungen	Fahrzeug war nicht ausreichend gegen Abrollen gesichert	5.56

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	a) Steinsalz b) Mariagluck c) Clausthal	1969	Schießfahrzeug	Absturz	Trichterbau Strossenkante	keine	Handbremse löste sich durch Motorvibrationen	5.57
8	a) Kali b) - c) Wiesbaden	04.03.70	Motorrad	Sturz		tödliche Ver- letzungen		5.56
9	a) Kali b) - c) Wiesbaden	23.06.70	Schaufellader	Kollision mit Fahrdrahtloko- motive	Streckenkreuzung	schwere Ver- letzungen	menschliches Versagen	5.56
10	a) Kali b) Ronnenberg c) Clausthal	16.09.70	GH-Lader	Hauer gegen Stoß gedrückt		tödliche Ver- letzungen	Fehlbedienung	5.57
11	a) Kali b) - c) Wiesbaden	28.10.70	Pendelwagen	mit Fahrzeug in Entladetrichter gerutscht	Entladetrichter	schwere Ver- letzungen	Bremse defekt	5.56
12	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	06.07.70	Diesellok der EHB	Kollision mit Streckenausbau	geneigte Strecke	keine	nicht ordnungsgemäße Sicher- ung des Kupplungsbolzens zwischen Lok und Zug	5.56
13	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1970	Seitenkipplader	Kollision mit Streckenausbau	Streckenvortrieb	schwere Ver- letzungen	fehlerhafte Motorabdeckung	5.61

lfd.Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	a) Kali b) - c) Wiesbaden	04.01.71	Motorrad	Kollision mit Gestell des Förderbandes		schwere Verletzungen	eigenes Verschulden	5.56
15	a) Kali b) - c) Wiesbaden	29.06.71	Motorrad	Kollision mit Schaufellader	Hauptförderstrecke	tödliche Verletzungen	eigenes Verschulden	5.56
16	a) Kali b) Hansa c) Clausthal	19.02.72	Scoop-tram	Absturz	Strossenkante	tödliche Verletzungen	keine ausreichende Sicherung der Strossenkante	5.57
17	a) Kali b) - c) Wiesbaden	1972	Unimog	Kollision mit Streckenstoß und anderem Fahrzeug		schwere Verletzungen	wahrscheinlich überhöhte Geschwindigkeit	5.56
18	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	1974	Bohrwagen	Kollision mit Lokomotive	Streckenkreuzung	tödliche Verletzungen	keine ausreichende Sicherung der Streckenkreuzung	5.57
19	a) Kali b) Ronnenberg c) Clausthal	28.04.75	Schiebekasten-laster	Kollision mit Stoß	Wendel	tödliche Verletzungen	Nach Kollision mit Stoß geriet Fahrzeug in Schwingungen. Fahrer wurde vom Sitz geschleudert und vom linken Hinterrad überrollt	5.57

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	a) Kali b) Siegfried-Gießen c) Clausthal	11.11.75	Lader			tödliche Ver- letzungen	Fahrer wurde tot zwischen Vorder- und Hinterrad des Fahrzeuges gefunden. Ursache ist ungeklärt	5.57
21	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	08.01.76	Schaufellader	Kollision mit Pfeilerstoß	abschüssiger Streckenteil	schwere Ver- letzungen	Fahrzeug ohne Betätigen der Feststellbremse abgestellt. Beim Versuch das sich in Be- wegung setzende Fahrzeug zu stoppen, erlitt der Fahrer Verletzungen.	5.56
22	a) Steinsalz b) Braunschweig- Lüneburg	Feb.'76	Gleislos- fahrzeug	Kollision mit Gummigurtförderer	abfallende Strecke	tödliche Ver- letzungen	Das mit zwei Personen be- setzte Fahrzeug geriet auf abfallender Strecke unter die Bandkonstruktion. Beim Unterfahren erlitt der Bei- fahrer tödliche Verletzungen	5.57
23	a) Kali b) Friedrichsthal c) Clausthal	06.03.76	Personen- transporter	Kollision mit Wettertür			Fahrzeug hat Betätigungsseil ausgelöst	5.57
24	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	02.08.76	Scoop-tram Unimog	Person überfahren	Hauptstrecke	tödliche Ver-	Beim Beladen des Unimog wurde ein Handwerker vom Scoop- tram erfaßt. Der Unimog war nicht ausreichend gekenn- zeichnet.	5.56

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	a) Kali b) Bergmannsegen-Hugo c) Clausthal	Nov. '76	Lader	Steiger überfahren	Strossenbau	tödliche Verletzungen	Beim Sammeln von Mineralien wurde der Steiger vom Fahrer erfaßt und getötet	5.57
26	a) Kali b) Siegfried-Gießen c) Clausthal	14.02.77	Grader (Servicefahrzeug)	vom Fahrzeug abgesprungen	Wendel	schwere Verletzungen	überhöhte Geschwindigkeit; Fahren im zu hohen Gang	5.57
27	a) Erz b) Grund c) Clausthal	15.06.77	Lader	Fahrer zwischen Schaufel und Stoß eingeklemmt	Zugang zu einer Wendel	tödliche Verletzungen		5.57
28	a) Steine & Erden b) - c) -	1978	Schaufellader	Mechaniker überrollt	Gefällestrecke	tödliche Verletzungen	Verwechseln von Hochdruckbremsleitung und Kühlwasserschlauch bei Reparatur	5.60
29	a) Kali b) Bergmannsseggen-Hugo c) Clausthal	18.01.78	Bohrwagen	Kollision mit Stoß	Wendel mit 13% Gefälle	schwere Verletzungen	Gewalt über Fahrzeug verloren, wahrscheinlich durch konstruktive Mängel verursacht.	5.57
30	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	19.01.78	Lader	Hauer überfahren	abschüssige Strecke	tödliche Verletzungen	Laderfahrer verlor Kontrolle über sein Fahrzeug	5.56

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Schachtanlage c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	a) Steinkohle b) Prosper c) Dortmund	1979	Senklader			tödliche Ver- letzungen		5.59
32	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	17.09.80	Bohrwagen	Absturz über Strossenkante in den Abbau	Strossenkante	leichte Ver- letzungen	Bedienungs- und Konstruktions- mängel; abgestellt.	5.57
33	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	21.10.80	Gabelstapler	Fahrer vom Fahrzeug ge- schleudert	abschüssige Strecke	schwere Ver- letzungen	Fahrzeug geriet außer Kon- trolle	5.56
34	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	03.07.80	Lader	Fahrer durch Kabinentür verletzt	Werkstatt	schwere Ver- letzungen	Konstruktionsfehler	5.57
35	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	18.05.81	Lader	Kollision mit Stoß	abschüssige Strecke	keine	defekte Bremsanlage	5.56
36	a) Kali b) Niedersachsen Riedel c) Clausthal	25.05.81	Lader	Absturz	Strossenkante	tödliche Ver- letzungen	Strossenkante nicht vor- schriftsmäßig gesichert	5.57

lfd.Nr.	a) Berbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	a) Kali b) Niedersachsen Riedel c) Clausthal	1964	Translader	Salzfall	Trichterauslauf in Teilschlenstrecke	tödliche Verletzungen	Löser hatte sich unbemerkt auf das zu ladene Haufwerk aufgelegt und stürzte beim Laden auf den Lader. Trichter war ungünstig angeordnet.	5.57
2	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	08.03.66	Lader	Löserfall	Abbau	tödliche Verletzungen	plötzlicher Löserfall aus der Firste. Fahrer hatte seinen Kopf beim Laden durch den Fahrerschutz hindurch gesteckt.	5.56
3	a) Kali b) - c) Wiesbaden	27.04.70	Bohrwagen	Löserfall	Abbau	tödliche Verletzungen	Hauer wurde neben dem Fahrzeug vom Löser getroffen. Nicht vorhersehbar.	5.56
4	a) Kali b) Niedersachsen Riedel c) Clausthal	24.08.72	Bohrwagen	Löserfall	Abbaustrecke	tödliche Verletzungen	Löser fiel ohne Vorwarnung	5.57
5	a) Kali b) - c) Wiesbaden	1972	Bohrwagen	Löserfall	Abbau	tödliche Verletzungen	Hauer wurde beim Beräumen der Firste getroffen	5.56

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	1973	Planierdraupe	Löserfall	2,25 m mächtige Strecke	schwere Verletzungen	ein in der Strecke arbeitender Lader hatte mit der Schaufel einen Firstanker abgerissen.	5.56
7	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	Nov. '75	Schießfahrzeug	Löserfall	Abbau	schwere Verletzungen	Löserfall aus der Firste. Schießmeister wurde bei der Flucht schwer verletzt. Fahrzeug total zerstört.	5.57
8	a) Kali b) Bergmannsseggen Hugo c) Clausthal	24.06.77	Lader	Versatzfall	Versatzloch	tödliche Verletzungen	Fahrer wurde durch herabstürzenden Versatz verschüttet	5.57
9	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	12.07.77	Bohrwagen	Löserfall		tödliche Verletzungen	vermutlich Anstoßen der Lafette an der Firte	5.56
10	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	12.07.77	Lader	Löserfall		schwere Verletzungen	Löser aus Pfeilerstoß kippte in das Fahrerhaus	5.56
11	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	23.08.77	Bohrwagen	Löserfall		tödliche Verletzungen	Unfall ereignete sich beim Berauben mit Stangen	5.56

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeug	Art des Unfalles	örtliche Gegebenheiten	Unfallfolgen	Unfallursachen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	a) Kali b) Siegfried- Giesen c) Clausthal	27.01.78	Bohrwagen	Löserfall	Vorrichtungsstrecke	tödliche Ver- letzungen	wahrscheinlich eigenes Verschulden	5.57
13	a) Erz b) Grund c) Clausthal	26.01.79	Lader	Steinfall	Streckenkreuz	tödliche Ver- letzungen	bei Arbeiten am Streckenkreuz löste sich plötzlich Gestein aus der Firste und traf den Laderfahrer.	5.57
14	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	11.09.79	Lader	Salzfall	Hartsalzabbau- strecke	tödliche Ver- letzungen	Laderfahrer wurde zwei Meter neben seinem Fahrzeug tot aufgefunden	5.57
15	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	24.04.80	Bohrwagen	Salzfall		tödliche Ver- letzungen	Salzplatte löste sich aus der noch ungeankerten Firste.	5.56
16	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	27.05.80	Bohrwagen	Salzfall	Abbaustrecke einer Teilsohle	tödliche Ver- letzungen	beim Einrichten der Lafette löste sich eine Salzschale	5.57
17	a) Gips b) Lamerden c) Wiesbaden	23.07.80	Lader	Löserfall		zwei Schwerver- letzte eine Person blieb unverletzt	beim Beräumen der Firste kam es trotz Sicherheits- maßnahmen zu Löserfall	5.56
18	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	25.02.81	Lader	Löserfall	Streckenkreuz	tödliche Ver- letzungen	Unglücksstelle war nach den Ausbauregeln mit Gebirgs- ankern gesichert.	5.56

**Technische Anforderungen an die Bauart
von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren
in nicht durch Grubengas gefährdeten
Grubenbauen
(Fahrzeugbauvorschriften)**

Herausgegeben vom Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld

Vierte, neu bearbeitete Auflage
1981

Herausgegeben:
Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld, den 12. August 1981
- 10.2 - 3/81 - B III a 5.1.2 -

Erste Auflage 1964
Zweite Auflage 1968
Dritte Auflage 1974

Bezugsnachweis:
Kaliverein e. V.
Postfach 3286
3000 Hannover 1

Inhaltsverzeichnis

A. Geltungsbereich und Zulassungsverfahren

1. Geltungsbereich
2. Verwaltungsverfahren für die Bauartzulassung

B. Bauart und Ausrüstung der Fahrzeuge

1. Grundanforderungen
(Technische Regelwerke, Fahrzeugbeschriftung, Betriebsanleitung, Brandschutz, sonstige Schutzvorrichtungen, Verbindungseinrichtungen)
2. Fahrerstand, Sitze
3. Motor- und Auspuffanlage
4. Bremsanlage
5. Lenkeinrichtung
6. Elektrische Einrichtungen
7. Hydraulikanlage
8. Zusätzliche Bestimmungen für die Bauart und Ausrüstung von Sprengfahrzeugen
9. Zusätzliche Bestimmungen für die Bauart und Ausrüstung von Tankfahrzeugen

Anlage 1
Datenblatt für die Bauartzulassung mit Musterbremsberechnung

Anlage 2
Muster einer Bescheinigung über die Untersuchung eines Fahrzeuges gemäß Nr. A 2.2 der Fahrzeugbauvorschriften

Anlage 3
Bestimmungen für die Bauartuntersuchung von Dieselmotoren, die in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen eingesetzt werden sollen

B. Bauart und Ausrüstung der Fahrzeuge

1. Grundanforderungen

1.1 Technische Regelwerke

Bauart und Ausrüstung von Fahrzeugen für den Einsatz unter Tage müssen dem Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz) entsprechen, soweit diese Bauvorschriften nicht zusätzliche Anforderungen enthalten.

1.2 Fahrzeugbeschriftung

An jedem Fahrzeug müssen entsprechend seinem Verwendungszweck an gut sichtbarer Stelle in dauerhafter Schrift angegeben sein⁴⁾:

zulässige Höchstgeschwindigkeit km/h
zulässiges Gefälle %
Mindestwettermenge m³/min
Zahl der Sitzplätze einschließlich Fahrersitz⁵⁾
Nutzlast

An Fahrzeugen mit Fremdkraftlenkung ist im Fahrerstand folgender Hinweis anzubringen:

„Achtung! Lenkung nur bei laufendem Motor betriebsfähig“

An Fahrzeugen mit Knickgelenk ist im Knickbereich folgender Hinweis anzubringen:

„Aufenthalt im Knickbereich verboten“

1.3 Betriebsanleitung

1.3.1 Für jedes Fahrzeug muß eine Betriebsanleitung des Herstellers in deutscher Sprache vorhanden sein. Die Betriebsanleitung soll in Anlehnung an DIN 8418 „Technische Erzeugnisse – Angaben in Gebrauchsanleitungen und Betriebsanleitungen“ aufgestellt sein. Sie kann für die Fahrer und das Wartungs- und Reparaturpersonal getrennt werden.

1.3.2 Die Betriebsanleitung muß mindestens enthalten:

1.3.2.1 Angaben für das Fahrpersonal:

Hinweise zur bestimmungsgemäßen Verwendung,
Verhalten bei In- und Außerbetriebnahme,
Verhalten bei Störungen,
Verhalten im Brandfall,
Hinweise zur Unfallverhütung (z. B. Bremswege im Gefälle),
ggf. Hinweise zur Ausführung von Wartungsarbeiten.

1.3.2.2 Angaben für das Reparatur- und Wartungspersonal über:

Montage,
Transport,
Wartung,
Wartungs- und Schmierplan.

⁴⁾ Die einzelnen Angaben werden bei der Bauartzulassung festgesetzt.

⁵⁾ Gilt gleichzeitig als Erlaubnis gemäß § 112 ABVO zur Personenbeförderung

1.4 Brandschutz

1.4.1 Anforderungen an das Fahrzeug

1.4.1.1 Die auf einem Fahrzeug vorhandenen Systeme

Motor, Kraftstoffbehälter, Kraftstoffleitungen einerseits und Hydraulikanlage einschließlich der zugehörigen Leitungen andererseits sind so anzuordnen, daß im Brandfall eine unmittelbare gegenseitige Beeinflussung soweit wie möglich vermieden wird.

1.4.1.2 Hinsichtlich der elektrischen Einrichtungen gelten die brandschutztechnischen Anforderungen nach Nr. 6.

1.4.1.3 Hinsichtlich der Hydraulikanlage gelten die brandschutztechnischen Anforderungen nach Nr. 7.

1.4.1.4 Auspuffanlagen müssen so angeordnet sein, daß Kraftstoffanlage, Hydraulikanlage und Reifen nicht unzulässig erwärmt werden.

1.4.1.5 Bremsanlagen müssen so ausgelegt und angeordnet sein, daß die abgegebene Wärme zu keiner unzulässigen Erwärmung der Kraftstoffanlage, der Hydraulikanlage und der Reifen führen kann.

1.4.1.6 Fahrzeugfederungen müssen so angeordnet sein, daß auch bei Ausfall der Federung (z. B. Federbruch) der Reifen nicht am Fahrzeugaufbau schleifen kann.

1.4.2 Kraftstoffanlage

1.4.2.1 Werkstoffe für Kraftstoffbehälter und Kraftstoffleitungen müssen den Vorschriften der §§ 45 und 46 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) entsprechen.

1.4.2.2 Der Kraftstoffbehälter ist mit möglichst kurzen Anschlußleitungen zum Motor so anzubringen, daß er vom Motor nicht unzulässig erwärmt werden kann. Bei Schäden am Kraftstoffbehälter muß der Kraftstoff frei zur Fahrbahn abfließen können, ohne betriebsmäßig heiße Teile zu berühren. Beim Abfließen dürfen sich keine Restmengen in Fahrzeugbauteilen ansammeln können.

1.4.2.3 Kraftstoffzufüllstutzen müssen so angeordnet oder ausgebildet sein, daß etwa überfließender Kraftstoff frei zur Fahrbahn abfließen kann. Für das Abfließen gelten die Bestimmungen in Nr. 1.4.2.2.

1.4.2.4 Verschlüsse und Verschlußentlüftungen am Kraftstoffbehälter müssen durch ihre Bauart ein Auslaufen des Kraftstoffes auch in den betrieblich vorkommenden Schiefstellungen des Fahrzeuges sicher verhindern.

1.4.2.5 Leitungen für Kraftstoff müssen gegen schädigende innere und äußere Einwirkungen (z. B. durch chemische, mechanische und thermische Einwirkungen) beständig sein. Sie sollen möglichst als fest verlegte Metallleitungen ausgeführt sein. Kunststoffleitungen sind als Kraftstoffleitungen nur zulässig, wenn der verwendete Kunststoff DIN 73378 entspricht oder wenn ihre Bauart für die Verwendung im Bergbau zugelassen ist. Die Kraftstoffleitungen zwischen Tank und Einspritzpumpe müssen von betriebsmäßig heißen Teilen (z. B. Auspuff-

anlage, Wandler, Bremsen, Kompressoren) im Abstand von mindestens 15 cm gut sichtbar und leicht zugänglich verlegt sein. Rohrverschraubungen im Kraftstoffleitungssystem dürfen nicht als Schneid- oder Klemmringverbindungen ausgeführt sein.

1.4.3 Feuerlöschgeräte und -einrichtungen

1.4.3.1 Jedes Fahrzeug muß mit mindestens einem vom Oberbergamt zugelassenen Handfeuerlöschgerät mit mindestens 10 kg Löschmittelinhalt ausgerüstet sein. Das Löschmittel muß für die Brandklassen A, B, C und für elektrische Spannungen bis 1000 Volt zugelassen sein.

Die Handfeuerlöschgeräte sind soweit wie möglich auf den Fahrzeugen gegen Wärmeinwirkung und gegen mechanische Stoß- und Rüttelbewegungen geschützt anzubringen. Sie müssen im Notfall leicht erreichbar sein.

1.4.3.2 Fahrzeuge mit mehr als 65 kW Motornennleistung (Großfahrzeuge) müssen zusätzlich mit einer vom Oberbergamt zugelassenen bordfesten Feuerlöschrichtung für zwei Löschangriffe ausgerüstet sein. Die Löschmittel sollen möglichst für die Brandklassen A, B, C, sie müssen mindestens für die Brandklassen B und C sowie für elektrische Spannungen bis 1000 Volt zugelassen sein. Die Löschdüsen sind so anzuordnen, daß das Löschmittel den Motor und das Getriebe erreicht. Bei manueller Auslösung von bordfesten Feuerlöschrichtungen muß in unmittelbarer Nähe der Auslöseeinrichtung an gut sichtbarer Stelle ein Bedienungshinweis dauerhaft angebracht sein.

1.5 Sonstige Schutzvorrichtungen

Maschinenteile, deren Berührung gefährlich ist, müssen mit Schutzeinrichtungen versehen sein. Besteht bei einem Bruch von Gelenkwellen die Gefahr, daß Personen durch die herumschlagende Welle oder abfliegende Teile verletzt werden, muß die Abdeckung so ausgeführt sein, daß sie den auftretenden mechanischen Belastungen standhält.

1.6 Verbindungseinrichtungen

Fahrzeuge, die im Anhängerbetrieb eingesetzt werden sollen, müssen mit Einrichtungen zur Verbindung von Fahrzeugen ausgerüstet sein, für die eine Bauartgenehmigung nach § 22 a StVZO erteilt ist.

2. Fahrerstand, Sitze

2.1 Gestaltung des Fahrerstandes

Fahrerstände müssen so angeordnet sein, daß der Fahrer den Fahrweg überblicken und das Fahrzeug sicher führen kann.

2.2 Bei Einstieghöhen von mehr als 0,65 m über Sohle muß eine Einstieghilfe entsprechend DIN 24085 „Erdbaumaschinen – Zugänge – Begriffe, Anforderungen“ vorhanden sein.

2.3 Bedienteile

Bedienteile müssen so angeordnet, beschaffen, gestaltet und gekennzeichnet sein, daß sie sich leicht und gefahrlos betätigen lassen und eine Verwechslung von Zuordnung und Schaltsinn vermieden wird. Bedienteile (z. B. für Arbeits-

- hydraulik, Gangschaltung), durch deren ungewolltes Betätigen ein Gefahrenzustand hervorgerufen werden kann, müssen so angeordnet und beschaffen sein, daß ein unbeabsichtigtes Betätigen insbesondere beim Auf- und Absteigen vermieden wird. Einrichtungen zum Betätigen der Ladeschaufel müssen nach Beendigung der Betätigung selbsttätig in die Nullstellung zurückgehen. Dies gilt nicht für die gerastete Schwimmstellung der Ladeschaufel.
Bei der Gestaltung der Bedienteile sind DIN 73001 „Bedienteile von Kraftfahrzeugen, Anordnung von Pedalen“ und DIN 33401 „Stellteile, Begriffe, Eignung, Gestaltungshinweise“ zu beachten.
An jedem Fahrzeug muß eine Einrichtung vorhanden sein, mit der das Ingangsetzen durch Unbefugte zuverlässig verhindert werden kann.
- 2.4 **Sitze**
Der Fahrersitz muß einstellbar sein und so gestaltet, gefedert und schwingungsgedämpft sein, daß Gesundheitsschäden und gesundheitliche Beeinträchtigungen vermieden werden. Fahrersitz und Mitfahrersitze müssen gut zugänglich und so eingebaut sein, daß Fahrer und Mitfahrer gegen äußere Einwirkungen geschützt sind.
- 2.5 **Überwachungsgeräte**
Jedes Fahrzeug, das eine Höchstgeschwindigkeit von mehr als 20 km/h erreichen kann, muß mit einem Geschwindigkeitsanzeiger ausgerüstet sein.
Alle Fahrzeuge müssen mit einem Betriebsstunden- oder Kilometerzähler ausgerüstet sein.
Vom Fahrer ständig zu beachtende Überwachungsgeräte müssen in seinem Blickfeld⁶⁾ angeordnet und gut ablesbar sein.
Die Überwachungsgeräte sollen den Normen des DIN entsprechen. Sie müssen beleuchtet sein. Instrumententafeln dürfen keine scharfen Kanten oder Ecken haben, sie dürfen den Ein- und Ausstieg sowie die Bewegung im Fahrerstand nicht behindern.
- 2.6 **Windschutz- und Seitenscheiben**
Soweit Windschutz- oder Seitenscheiben vorhanden sind, müssen diese aus einem Material bestehen, das nicht scharfkantig splittert. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn die Scheiben ein Prüfzeichen aufgrund einer Bauartgenehmigung nach § 22 a StVZO tragen oder wenn eine Werksbescheinigung des Herstellers vorliegt.
Soweit die Einsatzbedingungen des Fahrzeuges dies erfordern, sind Scheibenwischer vorzusehen.
- 2.7 **Schutzdächer und Überrollschutz**
Ladefahrzeuge und Beraubefahrzeuge müssen mit einem Schutzdach ausgerüstet sein, das mindestens den Anforderungen nach DIN 24 089 „Erdbaumaschinen – Aufbauten zum Schutz gegen herabfallende Gegenstände – Prüfung und Leistungsanforderung“ genügt.

⁶⁾ Als Blickfeld gilt jener Teil des Gesichtsfeldes, der durch einen vertikalen Winkel von 30° zur tätigkeitsbedingten Hauptblickrichtung begrenzt wird. Bei Fahrzeugen mit Sitzanordnung quer zur Fahrtrichtung gilt die Blickrichtung quer zur Fahrzeuglängsachse als Hauptblickrichtung.

- Fahrzeuge, für die auch bei bestimmungsgemäßem Betrieb die Gefahr des Umkippens oder Umstürzens nicht ausgeschlossen werden kann (z. B. Gabelstapler), müssen mit Überrollschutzaufbauten nach DIN 24088 und DIN 24090 ausgerüstet sein. Fahrzeuge mit Überrollschutzaufbauten müssen mit Sicherheitsgurten für den Fahrer und ggf. für die Mitfahrer ausgerüstet sein. Als Sicherheitsgurte sind Statik-Beckengurte zu verwenden, für die eine Bauartgenehmigung nach § 22 a Abs. 1 Nr. 25 StVZO erteilt ist.
- 2.8 **Schutz gegen Berührung des Fahrdrahtes**
Falls das Fahrzeug unter Fahrdraht verkehren soll, ohne daß der Fahrdraht abgeschaltet wird, müssen Fahrer oder Mitfahrer durch besondere Schutzmaßnahmen gegen eine Berührung des Fahrdrahtes gesichert sein (z. B. Isolierendes Schutzdach).
Auf besondere Schutzmaßnahmen gegen eine Berührung kann verzichtet werden, wenn der Fahrdraht in ausreichender Höhe verlegt ist und an dem Fahrzeug ein Warnschild mit folgendem Text angebracht ist:
„Unter eingeschaltetem Fahrdraht darf das Fahrzeug weder bestiegen, verlassen oder auf ihm aufgestanden werden. Das Be- und Entladen unter eingeschaltetem Fahrdraht sowie das Mitführen langer oder hochaufragender Gegenstände ist verboten.“
- 2.9 **Lärmschutz**
Die von einem Fahrzeug ausgehende Lärmemission darf die nach dem Stand der Technik erreichbaren Werte nicht überschreiten.
- 2.10 **Hörzeichengeber**
Jedes Fahrzeug muß mit einem deutlich wahrnehmbaren⁷⁾ Hörzeichengeber versehen sein.
3. **Motor und Auspuffanlage**
- 3.1 **Als Motoren werden nur Dieselmotoren zugelassen, die mit Kraftstoff betrieben werden, dessen Flammpunkt nicht unter 55°C liegt (Dieselkraftstoff).**
Die Einspritzpumpen der Dieselmotoren müssen plombiert sein. Als Plombierung genügt auch eine Farbmarkierung, die bei Verstellen der Einspritzpumpe zerstört wird.
- 3.2 **Für jede Motorbauart ist die Abgaszusammensetzung in einem Prüfstandsversuch festzustellen.**
Hierbei ist nachzuweisen, daß die für den Einsatz vorgesehene Motorbauart folgende Emissionsgrenzwerte einhält:
- | | |
|---|---------|
| Kohlenmonoxid (CO) | 500 ppm |
| Stickstoffoxide (Σ NO + NO ₂) | 750 ppm |

⁷⁾ Deutlich wahrnehmbar ist ein Hörzeichengeber, wenn sein Schallpegel das maximale Fahrzeuggeräusch im maßgeblichen Frequenzbereich um 10 dB übersteigt.

Kohlenwasserstoffe (Σ HC) 200 ppm⁸⁾
 Ruß, Schwärzungszahl 3⁹⁾

Die Werte gelten für neue Motoren nach Abschluß der Einlaufzeit.
 Die Durchführung des Versuchs richtet sich nach den Bestimmungen in Anlage 3.
 Zuständig für die Prüfstandsversuche ist der Rheinisch-Westfälische Technische
 Überwachungs-Verein e. V. in Essen als die vom Bundesminister für Verkehr für
 den Bereich der Bundesrepublik Deutschland benannte zentrale Prüfstelle für
 Abgase von Kraftfahrzeugen oder in besonderen Fällen eine andere vom
 Oberbergamt anerkannte Stelle.

- 3.3 Der Auspuff muß mit einer Einrichtung versehen sein, die eine gute Vermischung
 der Abgase mit den Wintern bewirkt (Abgasdiffusor). Die Auspufföffnung darf
 nicht nach oben gerichtet sein. Heiße Teile des Auspuffs müssen gegen zufällige
 Berührung geschützt sein.
 Die Auspufföffnung muß so angeordnet sein, daß Fahrer oder Mitfahrende nicht
 durch die Auspuffgase gefährdet oder belästigt werden. Dazu sind erforderlichen-
 falls je eine Auspufföffnung an der Vorder- und der Rückseite des Fahrzeuges
 vorzusehen, die wahlweise geschaltet werden können.
 In den Auspuff muß ein Abgasprüfgerät eingeführt und darin befestigt werden
 können. Läßt die Auspuffanlage dies nicht zu, ist ein in Strömungsrichtung schräg
 angeordneter, verschließbarer Abgasentnahmestutzen vorzusehen. Dies gilt für
 jedes Auspuffrohr.

4. Bremsanlage¹⁰⁾

- 4.1 Jedes Fahrzeug muß mit einer auf die Räder der Vorder- und Hinterachse
 wirkenden Betriebsbremsanlage ausgerüstet sein. Druckluftbremsanlagen oder
 hydraulische Bremsanlagen müssen als Zweikreisssysteme so ausgeführt sein, daß
 auch bei Undichtigkeiten an einer Stelle mindestens noch zwei Räder gebremst
 werden, die nicht auf derselben Fahrzeugseite liegen.
 Abweichend von Absatz 1 genügt bei Gabelstaplern, die nur in ebenen Strecken
 (bis 5 % Gefälle) eingesetzt werden sollen, eine gebremste Achse.
 Zusätzlich ist jedes Fahrzeug mit einer auf die Räder mindestens einer Achse
 wirkenden Feststellbremsanlage auszurüsten. Federspeicherbremsanlagen sind
 zulässig, Bandbremsen sind zu vermeiden.
 Alle Bremsanlagen müssen sich vom Fahrerstand aus leicht betätigen lassen.
 Dem Fahrer muß durch eine rote Warnlampe angezeigt werden, wenn die
 Feststellbremsanlage nicht gelöst ist.

⁸⁾ Gemessen mit Flammen-Ionisationsdetektor als ppm C₁ (Kohlenstoff-Äquivalent)
⁹⁾ Die Schwärzungszahl ist nach der Bosch-Filterpumpenmethode zu bestimmen
¹⁰⁾ Für die Bremsanlage einer Fahrzeugbauart ohne Betriebslaubnis nach StVZO ist eine Bremsbe-
 rechnung nach dem als Anlage zum Datenblatt beigefügten Muster erforderlich. Die Einhaltung der
 für die Bremsen geltenden Vorschriften wird in sinngemäßer Anwendung der einschlägigen
 Bestimmungen der StVZO geprüft (Richtlinien für die Bremsprüfung von Kraftfahrzeugen und
 Anhängern zu § 41 StVZO).

- 4.2 Betriebsbremsanlage
 Die Betriebsbremsanlage ist so auszulegen, daß auf ebener Strecke mit einem
 Kraftschlußbeiwert von 0,4 auch nach längerer Betriebszeit mindestens folgende
 Abbremsung¹¹⁾ erreicht wird:

Zugelassene Höchstgeschwindigkeit km/h	Abbremsung %
bis 25	25
über 25	35

Bei dem für das Fahrzeug zugelassenen größten Gefälle muß noch eine
 Abbremsung von mindestens 10 % erreicht werden.
 Hydrostatische Antriebe sind bei Fahrzeugen mit bauartbedingter Höchstge-
 schwindigkeit bis 25 km/h als Betriebsbremsanlage¹²⁾ zulässig, wenn die
 vorgeschriebene Abbremsung ständig erreicht werden kann und auch bei
 Bedienungsfehlern keine Gefahr für das Fahrzeug (z. B. Kippen, Blockieren der
 Räder) eintritt. Die Feststellbremsanlage muß in diesem Fall die vorgeschriebene
 Abbremsung einer Betriebsbremse erreichen.

- 4.3 Feststellbremsanlage
 Die Feststellbremsanlage muß das Fahrzeug in dem zugelassenen Gefälle
 ausschließlich durch mechanische Mittel und ohne Zuhilfenahme der Bremswir-
 kung des Motors am Abrollen hindern können.
 Mit der Feststellbremsanlage muß eine Abbremsung von mindestens 25 %
 erreicht werden. Abweichend hiervon muß bei Fahrzeugen, die nur in ebenen
 Strecken (bis 5 % Gefälle) eingesetzt werden, eine Abbremsung von 15 % erreicht
 werden.

4.4 Sonstige Anforderungen an Bremsanlagen

- 4.4.1 Bei Fahrzeugen mit durch die Bauart bedingten unterschiedlichen Achslasten
 muß die am Radumfang angreifende Bremskraft den jeweiligen Achslasten
 angepaßt sein.
 Bei Großfahrzeugen mit betrieblich stark wechselnden Achslasten (z. B.
 Ladefahrzeuge, Muldenkipper) muß eine lastabhängige Bremskraftregelung,

$$^{11)} \text{ Abbremsung } z \text{ (in \%)} = \frac{\text{Summe d. Bremskräfte am Radumfang (K) \cdot 100}}{\text{Fahrzeuggewicht (G)}}$$

$$\text{Bremsverzögerung } b \text{ (in m/s}^2\text{)} = \frac{z \cdot g}{100}$$

zu ermitteln bei betriebsfertigem Fahrzeug sowie bei unterschiedlichen Achslasten jeweils mit und
 ohne Nutzlast

¹²⁾ Die Bauartstellung als Betriebsbremsanlage wird in sinngemäßer Anwendung der Bestimmungen der
 StVZO vorgenommen (Richtlinien für hydrostatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen mit einer
 durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von nicht mehr als 25 km/h)

- mindestens aber eine Bremskraftsteuerung, vorhanden sein. Auf eine Bremskraftregelung kann verzichtet werden, wenn die Bremskraft zwischen den Achsen ausgeglichen wird (z. B. über das nicht entkoppelbare Gelenkwellensystem).
- 4.4.2 Bei Bremsanlagen, die einen pneumatischen Energiespeicher benutzen, muß ein Manometer mit Maßeinteilung im Blickfeld des Fahrers liegen. Der erforderliche Mindestdruck ist auf dem Manometer durch eine rote Marke zu kennzeichnen.
- 4.4.3 Bei hydrostatischen Fahrtrieben muß es möglich sein, sowohl die Abbremsung aus der Fahrt mit dem hydrostatischen Fahrtrieb als auch getrennt davon die Wirkung der Feststellbremsanlage durch Messung nachzuweisen.
- 4.4.4 Alle Bremsen sollen konstruktiv so gestaltet und angeordnet sein, daß ihre Betriebsbereitschaft nicht durch Verölung oder Verschmutzung herabgesetzt werden kann. Sie müssen leicht nachstellbar sein.
- 4.4.5 Zur Kontrolle der Abnutzung des Bremsbelages müssen Schaulöcher oder entsprechende Markierungen am Bremsgestänge angebracht sein. Bei Bremsanlagen mit hydraulischer Kraftübertragung muß der Inhalt des Bremsflüssigkeitsbehälters durch den Fahrer leicht kontrolliert werden können.
- 4.4.6 Für die Durchführung der Bremsmessungen müssen Prüfanschlüsse vorhanden sein.
- 4.4.7 In Druckluftbremsanlagen sind Einrichtungen zur Entwässerung vorzusehen.
5. **Lenkeinrichtung**
- 5.1 Die Lenkeinrichtung muß ein leichtes und sicheres Lenken des Fahrzeuges gewährleisten. Bei Fahrzeugen mit einer höheren zulässigen Achslast der Lenkachse als 4,5 t ist eine Lenkhilfe oder eine Fremdkraftlenkanlage erforderlich.
- 5.2 Wird als Betätigungseinrichtung ein Lenkbügel verwendet, muß im Führerstand ein fest angebrachter Haltebügel vorhanden sein.
- 5.3 Als Fremdkraftlenkanlage sind nur Anlagen mit hydraulischer Energiequelle zulässig.
- 5.4 Die hydraulische Energiequelle darf nur dann mit einer Arbeitshydraulik kombiniert sein, wenn die Lenkanlage vorrangig vom Druckerzeuger beliefert wird und die Lenkanlage bei Undichtigkeit oder Versagen der Arbeitshydraulik betriebsfähig bleibt.
- 5.5 Fahrzeuge mit Knicklenkung müssen Einrichtungen haben, mit denen das Knickgelenk sowohl in gerader als auch beidseitig in voll eingeknickter Stellung formschlüssig gesichert werden kann. Die Sicherungen müssen einfach bedienbar sein. Sofern Bolzen verwendet werden, müssen diese gegen Herausfallen gesichert werden können.

6. Elektrische Einrichtungen

6.1 Elektrisches Bordnetz

- 6.1.1 Die einzelnen Stromkreise müssen durch Sicherungen geschützt sein. Dies gilt nicht für die Anlasserleitung. Bei Großfahrzeugen¹³⁾ darf die Anlasserleitung nur während des Anlaufvorganges unter Spannung stehen.
- 6.1.2 Der Batteriebehälter muß sich ohne Hilfsmittel öffnen lassen. Im Stromkreis hinter der Fahrzeugbatterie muß ein Batterie Hauptschalter angeordnet sein. Die elektrische Leitung zwischen Fahrzeugbatterie und Batterie Hauptschalter ist möglichst kurz zu halten und geschützt zu verlegen. Zwischen Batterie und Batterie Hauptschalter dürfen keine Abgriffe erfolgen, außer ggf. für die elektrische Auslösung von bordfesten Feuerlöschsicherungen und Funkgeräten. Der Batterie Hauptschalter ist leicht zugänglich sowie gegen Beschädigungen und Kurzschluß geschützt einzubauen.
- 6.1.3 Elektrische Leitungen des Bordnetzes müssen der im Kfz-Bau üblichen Bauart nach DIN 72551, Blatt 2 entsprechen. Bei Lade-, Bohr- und Beraubfahrzeugen müssen die Leitungen in den Bauarten H07RN-F oder A07RN-F nach VDE 0282 ausgeführt sein.
- 6.1.4 Elektrische Leitungen des Bordnetzes sollen fest und in solcher Weise verlegt sein, daß ihre zulässige Temperatur nicht überschritten wird und Beschädigungen vermieden werden. Wo die Gefahr des Durchscheuerns besteht, sind die Leitungen besonders zu schützen.
- 6.1.5 Zwischen elektrischen Leitungen des Bordnetzes und Kraftstoff- und Hydraulikleitungen soll ein Abstand von 15 cm eingehalten werden. Ein Abstand von 5 cm darf nicht unterschritten werden. Ausnahmen sind nur dort zulässig, wo Hydraulikleitungen und elektrische Leitungen im gleichen Betriebsmittel enden (z. B. Magnetventil) oder bei Kreuzung von Kraftstoff- und Hydraulikleitungen mit elektrischen Leitungen, wenn die elektrischen Leitungen in einem Schutzrohr verlegt sind.
- 6.1.6 Isoliert befestigte Fahrzeugteile mit elektrischen Betriebsmitteln oder Anzeigeräten sind mit „Masse“ leitend zu verbinden.
- 6.2 **Fremdstromeinrichtungen**
- 6.2.1 Alle nicht unter Nr. 6.1 fallenden elektrischen Einrichtungen (Fremdstromeinrichtungen) müssen der Bergverordnung für elektrische Anlagen in der geltenden Fassung entsprechen.
- 6.2.2 Fremdstromeinrichtungen dürfen nicht im Bereich des Motors und des Kraftstoffsystems angeordnet sein.
- 6.2.3 Fremdstromeinrichtungen sind so anzuordnen, daß bei Kurzschluß, Erdschluß oder unzulässiger Erwärmung kein Übergriff auf die Hydraulikanlage möglich ist.

¹³⁾ Siehe Nr. 1.4.3.2

6.2.4 Für Fremdstromeinrichtungen muß eine Möglichkeit der Fernabschaltung der Fremdeinspeisung vorhanden sein.

6.3 Beleuchtung¹⁴⁾

6.3.1 Fahrzeuge müssen an der Vorderseite zwei abblendbare Scheinwerfer besitzen. Die Scheinwerfer dürfen ausschließlich mit Abblendlicht versehen sein, wenn die zugelassene Geschwindigkeit des Fahrzeuges nicht mehr als 25 km/h beträgt.

6.3.2 Fahrzeuge müssen an der Rückseite entweder zwei rote Schlußleuchten und zwei rote Rückstrahler von wenigstens je 20 cm² Fläche oder zwei rote dreieckige Rückstrahler von 15 cm Seitenlänge führen. Statt der dreieckigen Rückstrahler dürfen auch reflektierende Folien von mindestens gleicher Fläche und gleicher Form und Farbe verwendet werden.

6.3.3 Fahrzeuge, die für den Verkehr in zwei Richtungen bestimmt sind, müssen den Anforderungen in Nrn. 6.3.1 und 6.3.2 in jeder Richtung genügen. Schaufellader brauchen die Forderung nach Nr. 6.3.2 auf der Schaufelseite nicht zu erfüllen.

6.3.4 Fahrzeuge, die nur für den Verkehr in einer Richtung bestimmt sind, müssen mindestens einen Rückfahrcheinwerfer besitzen.

6.3.5 Fahrzeuge dürfen mit zusätzlichen Arbeitsscheinwerfern (z. B. Streulichtscheinwerfern) ausgerüstet sein.

7. Hydraulikanlage

7.1 Für Hydraulikbehälter gelten Nrn. 1.4.2.3 bis 1.4.2.5 entsprechend.

7.1.1 Hydrauliksysteme mit mehr als 100 l Inhalt müssen mit einer Mindestmengenanzeige mit optischer oder akustischer Warnung für den Fahrer ausgerüstet sein.

7.1.2 Bei Fahrzeugen mit Hydrauliksystemen mit mehr als 100 l Inhalt muß der Kreislauf der Arbeitshydraulik so gestaltet sein, daß der Fahrer bei Leitungs- oder Schlauchbruch mit dem Bedienungshebel einen drucklosen Umlauf von der Pumpe direkt in den Hydraulikbehälter bewirken kann, um ein weiteres Ausströmen von Hydraulikflüssigkeit zu verhindern.

7.2 Hydraulikleitungen müssen so ausgeführt sein, daß sie durch Verwindung oder Bewegung des Fahrzeuges möglichst wenig beeinträchtigt werden. Als Leitungen müssen, soweit dies technisch möglich ist, festverlegte Metallleitungen verwendet werden; der Werkstoff muß bördelfähig sein.

7.3 Hydraulikschläuche müssen mindestens den Anforderungen der nachstehend genannten Normblätter entsprechen:

- a) DIN 20022, Teil 2 und 4: Schläuche mit zwei Drahtgeflechteinlagen,
- b) DIN 20024: Schläuche und Hydraulikschlauchleitungen, Prüfungen.

¹⁴⁾ Die Scheinwerfer mit Ausnahme der Arbeitsscheinwerfer müssen eine Bauartgenehmigung nach § 22 a StVZO besitzen.

Im Bereich von Bedienungs- und Fahrerständen müssen Hydraulikschläuche zusätzlich mit einem Hülschlauch umgeben oder in anderer Weise abgeschirmt sein.

7.4 Rohrverschraubungen in Hydrauliksystemen dürfen nicht als Schneid- oder Klemmringverbindung hergestellt sein.

7.5 Fahrzeuge, an denen Arbeiten unter hydraulisch angehobenen Fahrzeugteilen durchgeführt werden müssen, sind mit Einrichtungen auszurüsten, mit denen diese Teile gegen Absinken gesichert werden können. Bremsenventile sind nicht ausreichend.

7.6 An Ladefahrzeugen, deren Ladeschaufel bestimmungsgemäß auch als Arbeitsbühne oder zum Anheben von Betriebsmitteln, wie z. B. Ausbauteilen, benutzt werden soll, müssen an den Hub- und Kippzylindern der Ladeschaufel mit Sperrventilen oder anderen gleichwertigen Sicherungen ausgerüstet sein.

7.7 Hydraulisch betätigte Stützen müssen in der jeweiligen Stellung sicher ohne nachzugeben gehalten werden (z. B. durch leckölfreie Ventile).

8. Zusätzliche Bestimmungen für die Bauart und Ausrüstung von Sprengfahrzeugen Begriffsbestimmung

Als Sprengfahrzeuge gelten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die zur gleichzeitigen Beförderung von Sprengstoffen, Zündmitteln und Zündzubehör eingerichtet sind und auf denen Vorrichtungen zum mechanischen Laden von Sprengbohrlöchern vorhanden sind.

8.1 Aufbauten und Laderaum

8.1.1 Die Aufbauten der Fahrzeuge müssen aus unbrennbaren oder schwer entflammbaren Stoffen bestehen. Für den Wagenkasten oder die Ladepritsche darf Holz verwendet werden. In diesem Fall müssen die Wände und der Boden von außen mit Eisenblech beschlagen sein.

8.1.2 Besitzt das Fahrzeug als Laderaum für die Sprengmittel einen allseitig geschlossenen, dichtschießenden Wagenkasten, so muß ein Teil des Wagenkastens gegen den übrigen Laderaum für die sprengkräftigen Zündmittel abgetrennt sein.

8.1.3 Besitzt das Fahrzeug keinen allseitig geschlossenen Wagenkasten, so müssen wenigstens zwei Behälter für die getrennte Unterbringung der Sprengstoffe und sprengkräftigen Zündmittel zur Verfügung stehen.

8.2 Sprengmittelbehälter

8.2.1 Die Sprengmittelbehälter müssen aus Stahlblech bestehen und gegen die im Betriebe auftretenden Beanspruchungen genügend widerstandsfähig sein. Sie müssen dicht schließen und gegen Verschieben oder Herabfallen gesichert sein.

- 8.2.2 Die für die Sprengmittel bestimmten Laderäume oder Behälter müssen abschließbar sein; die Verschlüsse dürfen sich während der Fahrt nicht von selbst öffnen können.
- 8.2.3 Werden die bis Schichtende nicht verbrauchten Sprengmittel nicht in ein Sprengstofflager eingeliefert oder bleibt das mit Sprengmitteln beladene Fahrzeug während der Schicht zeitweilig unbeaufsichtigt, müssen die Sprengmittelbehälter mit dem Fahrzeug fest verbunden sein; zum Verschließen der Sprengmittelladeräume oder -behälter müssen Sicherheitsschlösser vorhanden sein.
- 8.2.4 Der für die sprengkräftigen Zündmittel bestimmte Laderaum oder Behälter muß innen vollständig mit schwer entflammaren Polsterstoffen¹⁵⁾ ausgekleidet sein. Er ist gegen den übrigen Laderaum durch Stahlplatten von wenigstens 3 mm Stärke und eine wenigstens 10 cm starke Glaswolle- oder Sandschicht oder statt dessen durch wenigstens 10 mm starke Stahlplatten abzuschirmen. Abweichend hiervon ist die zur Sohle weisende Bodenfläche des für die sprengkräftigen Zündmittel bestimmten Laderaumes oder Behälters nur aus 3 mm starkem Stahlblech anzufertigen.
- 8.2.5 Für das Aufbewahren der Anzündlitze muß ein besonderer Behälter aus Leichtmetall oder verzinktem Eisenblech vorgesehen sein. Dieser Behälter darf in dem für die sprengkräftigen Zündmittel bestimmten Behälter oder Laderaum mitgeführt werden, wenn dafür ein besonderes Fach zur Verfügung steht.
- 8.2.6 Die für die Sprengmittel bestimmten Laderäume oder Behälter sind auf dem Fahrzeug so anzuordnen oder abzuschirmen, daß eine Erwärmung der Sprengmittel über Umgebungstemperatur nicht möglich ist.
- 8.2.7 Für sprengkräftige Zündmittel bestimmte Laderäume oder Behälter sind in einem solchen Abstand zu elektrischen Anlagen anzuordnen, daß eine Zündung durch Streuströme ausgeschlossen ist.
- 8.3 **Blaulicht, Fahrzeugschild**
Die Sprengfahrzeuge müssen mit einer von allen Seiten sichtbaren Kennleuchte für blaues Blinklicht (Rundumlicht) ausgerüstet sein, für die eine Bauartgenehmigung nach § 22 a StVZO erteilt ist.
Die nach Nr. 1.2 erforderliche Fahrzeugbeschriftung muß zusätzlich folgende Angaben enthalten:
Zulässige Sprengstoffmenge kg
Zulässige Zünderzahl Stück
Umgang mit offenem Feuer jeder Art und Rauchen verboten
- 8.4 **Sonderbestimmungen für das Befördern nichtpatronierter Sprengstoffe**
- 8.4.1 Die Ladefläche muß dicht und fugenlos sein.
Motor, Kompressor, Auspuff und andere heiß werdende Teile müssen gegenüber dem Wagenkasten so angeordnet oder abgeschirmt sein, daß kein Sprengstoff

¹⁵⁾ Prüfung der Entflammbarkeit nach DIN 75200 oder ISO 3795

- darauf fallen kann. Die Oberflächentemperatur der Abschirmung darf 120 °C nicht überschreiten
- 8.4.2 Die Ansaugstutzen für Motor und Kompressor sind gegen das Eindringen von Sprengstoff durch Filter zu schützen. Es genügen kraftfahrzeugübliche Filter, jedoch keine Zyklone.
- 8.5 **Feuerlöschgeräte und -einrichtungen**
Abweichend von Nr. 1.4.3.1 müssen Sprengfahrzeuge mit mindestens zwei zugelassenen Handfeuerlöschern mit mindestens 10 kg Löschmittelinhalt und abweichend von Nr. 1.4.3.2 mit einer vom Oberbergamt zugelassenen bordfesten Löscheinrichtung für zwei Löschangriffe für den Motorraum ausgerüstet sein. Hinsichtlich der Anforderungen an das Löschmittel gelten die Bestimmungen der Nrn. 1.4.3.1 und 1.4.3.2.
Bei manueller Auslösung der bordfesten Löscheinrichtung ist ein Bedienungshinweis nach Nr. 1.4.3.2 anzubringen.
9. **Zusätzliche Bestimmungen für die Bauart und Ausrüstung von Tankfahrzeugen**
Begriffsbestimmung
Als Tankfahrzeuge gelten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die der Beförderung von brennbaren Flüssigkeiten der Gefährklasse A III dienen.
- 9.1 **Bauart und Ausrüstung**
Die Transportbehälter müssen den Bau- und Ausrüstungsvorschriften der Technischen Regel 211 für brennbare Flüssigkeiten entsprechen. Darüber hinaus oder abweichend gilt folgendes:
- 9.1.1 **Größe der Behälter**
Aufsetztanks dürfen keinen größeren Rauminhalt als 6200 l haben. Sind mehrere Aufsetztanks für ein Fahrzeug vorgesehen, darf ihr Gesamtrauminhalt 6200 l nicht übersteigen.
- 9.1.2 **Sicherung gegen Flüssigkeitsbewegungen in den Tanks**
Aufsetztanks sowie mit einem Fahrzeug fest verbundene Tanks sind so zu unterteilen, daß ein Einzelraum keinen größeren Rauminhalt als 3100 l hat.
- 9.2 **Fahrzeugbeschriftung**
Zusätzlich zu der nach Nr. 1.2 erforderlichen Fahrzeugbeschriftung müssen an beiden Seiten des Transportbehälters Art der Flüssigkeit und zulässige Menge deutlich sichtbar angegeben sein.
- 9.3 **Warnleuchte**
Die Tankfahrzeuge müssen mit einer von allen Seiten sichtbaren Kennleuchte für gelbes Blinklicht (Rundumlicht) ausgerüstet sein, für die eine Bauartzulassung nach § 22 a StVZO erteilt ist.

- 9.4 Unterfahrschutz**
Tankfahrzeuge müssen an Ihrer Rückseite mit einem Unterfahrschutz ausgerüstet sein¹⁶⁾.
- 9.5 Brandschutz**
Im Hinblick auf den Transportbehälter gelten die Bestimmungen über die räumliche Anordnung (Nr. 1.4.1.1), den Einfüllstutzen (Nr. 1.4.2.3), die Tankverschlüsse und Tankentlüftungen (Nr. 1.4.2.4), das elektrische Bordnetz (Nr. 6.1.5) und die Fremdstromeinrichtungen (Nr. 6.2.3) sinngemäß.
Durch konstruktive Maßnahmen ist ferner sicherzustellen, daß der Behälterinhalt bei einem Schaden am Transportbehälter zur Fahrbahn abfließen kann, ohne mit heißen Fahrzeugteilen in Berührung zu kommen.
- 9.6 Feuerlöschgeräte und -einrichtungen**
Abweichend von Nr. 1.4.3.2 müssen Tankfahrzeuge mit mindestens zwei zugelassenen Handfeuerlöschern mit mindestens 10 kg Löschmittelinhalt und zusätzlich mit einer vom Oberbergamt zugelassenen bordfesten Löscheinrichtung für zwei Löschangriffe für den Motorraum ausgerüstet sein.
Hinsichtlich der Anforderungen an das Löschmittel gelten die Bestimmungen der Nrn. 1.4.3.1 und 1.4.3.2.
Bei manueller Auslösung der bordfesten Löschanlage ist ein Bedienungshinweis nach Nr. 1.4.3.2 anzubringen.

¹⁶⁾ Die Anforderungen werden in sinngemäßer Anwendung des § 32 b Abs. 2 StVZO festgelegt.

**Richtlinien für den Betrieb von Fahrzeugen
und zugehörigen Einrichtungen in nicht durch
Grubengas gefährdeten Grubenbauen
(Fahrzeugbetriebsrichtlinien)**

Herausgegeben vom Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld

Vierte, neu bearbeitete Auflage
1981

Herausgegeben:
Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld, den 12. August 1981
- 10.2 - 3/81 - B III a 5.1.2 -

Erste Auflage 1964
Zweite Auflage 1968
Dritte Auflage 1974

Bezugsnachweis:
Kaliverein e.V.
Postfach 3266
3000 Hannover 1

Inhaltsverzeichnis

1. Geltungsbereich, Betriebspläne, Inbetriebnahme
2. Fahrstrecken
3. Bewetterung
4. Vorfahrtregelung, Verkehrszeichen und Signalanlagen
5. Kreuzungen und Streckeneinmündungen, Befahren von Gleisanlagen
6. Vorfahrtregelung für Ladefahrzeuge im Einsatz, Aufenthalt von Personen im Ladebereich
7. Anhängerbetrieb, Abschleppen, Lastentransport
8. Befördern oder Mitführen von Sprengmitteln
9. Betriebsstoffe
10. Fahrzeugwartung und -Instandhaltung
11. Fahrzeugreinigung
12. Überwachung
13. Durchführung des Betriebes, Beschäftigte, Fahrer
14. Betriebsbuch

Anlage 1
Muster einer Bescheinigung über die Untersuchung eines Fahrzeuges gemäß Nr. 12.2 der Fahrzeugbetriebsrichtlinien

Anlage 2
Muster einer Bescheinigung über die Untersuchung der Abgase eines Verbrennungsmotors gemäß Nr. A. 2/12.2 der Fahrzeugbauvorschriften/der Fahrzeugbetriebsrichtlinien.

Anlage 3
Musterdienstanweisung

Richtlinien
des Oberbergamts in Clausthal-Zellerfeld
für den Betrieb von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen
in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen
vom 12. August 1981 – 10.2 – 3/81 – B IIIa 5.1.2 –
(Fahrzeugbetriebsrichtlinien)

- 1. Geltungsbereich, Betriebspläne, Inbetriebnahme**
- 1.1 Geltungsbereich**
Diese Richtlinien gelten für den Betrieb von nicht an Schienen gebundenen Fahrzeugen unter Tage in nicht durch Grubengas gefährdeten Grubenbauen.
- 1.2 Betriebspläne**
In den dem Bergamt für den Fahrzeugbetrieb vorzulegenden Betriebsplänen sind die eingesetzten Fahrzeuge und ihre Bauartzulassung aufzuführen und die zu befahrenden Grubenbaue und ihre Profile, die vorgesehenen Verkehrszeichen, die Bewetterung der Fahrstrecken, die zu verwendenden Betriebsstoffe, ihre Beförderung und Lagerung sowie das Tanken und die Räume für die Fahrzeuge und ihre Wartung zu beschreiben.
Bei der Beschaffung weiterer Fahrzeuge einer bereits eingesetzten Fahrzeugbauart genügt eine Anzeige beim Bergamt unter Angabe der Bauartzulassung.
- 1.3 Inbetriebnahme von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen**
Im Rahmen der Bauartzulassung wird für das Erstfahrzeug einer Bauartreihe ein Bauartuntersuchungsverfahren durchgeführt (Nr. A.2.2 der Fahrzeugbauvorschriften).
Für den Einsatz weiterer Fahrzeuge einer bereits zugelassenen Bauart prüft das Bergamt aufgrund der Anzeige nach Nr. 1.2 die Übereinstimmung des Fahrzeuges mit der Bauartzulassung (Nr. A.2.3 der Fahrzeugbauvorschriften).
- 1.4 CO-Prüfung**
Sowohl im Rahmen der Bauartuntersuchung als auch beim Einsatz weiterer Fahrzeuge einer zugelassenen Bauart ist für das Einzelfahrzeug der CO-Gehalt¹⁾ der unverdünnten Abgase im „Oberen Leerlauf“²⁾ nach einer wissenschaftlich anerkannten Methode durch den Technischen Überwachungsverein oder eine andere vom Oberbergamt benannte Stelle zu bestimmen. Gleichzeitig ist im „Oberen Leerlauf“ der Rußwert (Schwärzungszahl) nach der Bosch-Filterpumpenmethode zu bestimmen. Die ermittelten Werte sind mit den bei der Motorbauartuntersuchung ermittelten Werten zu vergleichen.

¹⁾ Die Entnahme der Abgasprobe kann durch einen Sachverständigen des Technischen Überwachungsvereins oder durch eine andere vom Oberbergamt benannte Stelle oder Person erfolgen.

²⁾ „Oberer Leerlauf“ ist die ohne Last erreichbare höchste Motordrehzahl; sie wird bei der Bauartuntersuchung des Motors festgestellt.

- 1.5 **Untersuchung der zum Fahrzeugbetrieb gehörenden Anlagen**
Zum Fahrzeugbetrieb gehörende Tankanlagen, Umfüll- und Zapfeinrichtungen sind unabhängig von der Abnahme durch das Bergamt durch einen Sachverständigen des Technischen Überwachungs-Vereins oder einen anderen vom Oberbergamt anerkannten unabhängigen Sachverständigen vor Inbetriebnahme zu untersuchen.
- 1.6 **Abnahme und Betriebschein**
Der Betrieb der Fahrzeuge und der zum Fahrzeugbetrieb gehörenden Einrichtungen darf erst aufgenommen werden, nachdem das Bergamt einen Betriebschein ausgestellt hat. Dies gilt auch für Änderungen und Erweiterungen.
2. **Fahrstrecken**
- 2.1 Grubenbaue, in denen keine Fahrzeuge mit Dieselmotoren verkehren sollen, sind entsprechend zu kennzeichnen. Dies gilt nicht für Grubenbaue, die von solchen Fahrzeugen nicht erreicht werden können.
- 2.2 In Grubenbauen mit gleislosem Fahrzeugverkehr muß die freie Höhe über dem Fahrzeug und über den auf dem Fahrzeug Sitzenden ausreichend sein. Die Fahrstrecke muß um 1 m breiter sein als die größte Breite der dort verkehrenden Fahrzeuge.
- 2.3 Die Oberfläche der Fahrbahn muß überall einen Kraftschlußbeiwert von mindestens 0,4 aufweisen.
- 2.4 Bei Gegenverkehr sind Ausweichstellen vorzusehen, die ein gefahrloses Begegnen der Fahrzeuge gestatten.
- 2.5 Wettertüren müssen auf ausreichende Entfernung erkennbar sein.
- 2.6 In Fahrstrecken mit mehr als 15 % Gefälle auf einer Länge von mehr als 30 m muß das Gefälle in Prozent angegeben sein, sofern nicht alle Fahrzeuge – außer den nur für söhligem Betrieb zugelassenen – für das größte Gefälle zugelassen sind.
3. **Bewetterung**
- 3.1 Die Wetterzufuhr eines Grubenbaues muß mindestens der Summe der Frischwetterströme³⁾ entsprechen, die das Oberbergamt für die darin verkehrenden Fahrzeuge mit Dieselmotoren in der Bauartzulassung festgesetzt hat. Soweit nicht in der Bauartzulassung etwas anderes festgesetzt ist, sind 3,4 m³/min Frischwetter je kW installierter Leistung zuzuführen. Stehen keine oder nicht genügend Frischwetter zur Verfügung, ist die Vorbelastung der Wetter an Dieselabgasen zu berücksichtigen und der Wetterstrom soweit zu erhöhen, daß alle im Abgas enthaltenen Schadstoffe bis unter den jeweiligen MAK-Wert verdünnt werden.

³⁾ Als Frischwetter im Sinne dieser Vorschrift gelten Wetter ohne Vorbelastung durch Dieselabgase.

- 3.2 Die Wetterströme der einzelnen Grubenbaue sind vor dem ersten Einsatz von Fahrzeugen und später mindestens halbjährlich sowie nach jeder Änderung der Wetterführung zu messen. Die Ergebnisse sind in das Betriebsbuch (Nr. 14) einzutragen.
4. **Vorfahrtregelung, Verkehrszeichen und Signalanlagen**
- 4.1 **Vorfahrt**
Bei starkem Kreuzungsverkehr ist die Vorfahrt durch Verkehrszeichen zu regeln, bei unzureichender Streckeneinsicht ist eine Lichtzeichenanlage vorzusehen. Bei der Vorfahrtregelung ist in der Regel der Strecke die Vorfahrt einzuräumen, in welcher der stärkere Verkehr herrscht. Hiervon kann abgewichen werden, wenn besondere betriebliche Verhältnisse dies erfordern (z. B. Sicht, Gefälle). Bei geringem Kreuzungsverkehr kann auf eine Regelung durch Verkehrszeichen verzichtet werden, wenn eine ausreichende Streckeneinsicht vorhanden ist. Das von rechts kommende Fahrzeug hat die Vorfahrt.
- 4.2 **Verkehrszeichen und Lichtzeichenanlagen**
- 4.2.1 Verkehrszeichen und Lichtzeichenanlagen sollen den Vorschriften der Straßenverkehrsordnung entsprechen.
- 4.2.2 Verkehrszeichen oder Lichtzeichen sind so anzubringen, daß die Fahrzeugführer rechtzeitig vor der Kreuzung halten können.
- 4.2.3 Bei Lichtzeichenanlagen darf der Ausfall einer Glühlampe nicht unbemerkt bleiben (z. B. Reihenschaltung aller Glühlampen einer Kreuzung oder Glühfadenüberwachung).
5. **Kreuzungen und Streckeneinmündungen im gleislosen Fahrzeugverkehr, Befahren von Gleisanlagen**
- 5.1 Kreuzungen und Streckeneinmündungen sind für den Verkehr mit gleislosen Fahrzeugen so anzulegen, daß die jeweils zu kreuzende oder einmündende Strecke vom Fahrersitz aus auf ausreichende Erstreckung eingesehen werden kann.
- 5.2 Die Streckeneinsicht ist ausreichend, wenn der Fahrer von seinem Sitz aus eine Streckenlänge von mindestens 12 m einsehen kann.
- 5.3 Ausreichende Streckeneinsicht kann durch entsprechende Ausbildung der Kreuzung und Einmündung oder durch technische Hilfsmittel, z. B. Spiegel, erreicht werden. Sie kann auch durch Beschränkung der Geschwindigkeit auf Schrittgeschwindigkeit mittels Verkehrszeichen oder aufgrund einer allgemeinen Beschränkung der Geschwindigkeit auf Schrittgeschwindigkeit für gleislose Fahrzeuge erreicht werden.
- 5.4 Kreuzungen mit Gleisanlagen sollen nicht höhengleich angelegt werden. Wenn dies nicht möglich ist, hat der Gleisverkehr die Vorfahrt. Dies ist durch Verkehrszeichen (Lichtzeichenanlagen, Vorfahrtsschilder) zu regeln. Für die Anbringung der Verkehrszeichen gilt Nr. 4.2.2 sinngemäß.

- 5.5 Lichtzeichenanlagen sind bei starkem Gleisverkehr oder unzureichender Streckeneinsicht⁴⁾ vorzusehen. Die Streckeneinsicht ist unzureichend, wenn die vom Lokomotivführer einzusehende Streckenlänge bis zur Kreuzung nicht dem Anhalteweg seines Zuges entspricht. Unter Anhalteweg des Zuges ist der unter Betriebsbedingungen ermittelte Bremsweg aus größter zulässiger Geschwindigkeit bei größter zulässiger Anhängelast zuzüglich eines Sicherheitszuschlages zu werten. Dieser Zuschlag beträgt das Doppelte der Zuggeschwindigkeit (km/h) in Metern, z. B. bei 14 km/h $2 \times 14 = 28$ m. Bei Geschwindigkeitsbeschränkungen für den Zugverkehr ist der Anhalteweg unter Zugrundelegung der herabgesetzten Geschwindigkeit zu ermitteln.
- 5.6 Bei erforderlichem Umsetzen von Fahrzeugen auf Gleisen muß der Gleisverkehr in diesem Bereich gesperrt werden.
6. **Vorfahrtregelung für Ladefahrzeuge im Einsatz, Aufenthalt von Personen im Ladebereich**
- 6.1 **Vorfahrtregelungen für Ladefahrzeuge**
Soweit Ladefahrzeuge im Einsatz vorfahrtberechtigte Strecken kreuzen oder befahren müssen, hat die zuständige verantwortliche Person dafür Sorge zu tragen, daß den Ladefahrzeugen unabhängig von der sonst an diesen Stellen geltenden Verkehrsregelung die Vorfahrt eingeräumt und dies durch geeignete Hilfsmittel (z. B. Absperrseile, Schilder) eindeutig angezeigt wird.
- 6.2 **Aufenthalt von Personen im Ladebereich**
- 6.2.1 **Abgrenzung des Ladebereichs**
Als Ladebereich gilt der Bereich, der von einem Ladefahrzeug zwischen aufzunehmendem Haufwerk und Entladestelle regelmäßig durchfahren werden muß.
Der **e n g e r e** Ladebereich umfaßt den Teil eines Abbaues oder Streckenvortriebs, in dem der Lader das Haufwerk aufnimmt, einschließlich des Bereichs, der ggf. bei einer Füllung der Ladeschaukel in mehreren Hüben während dieses Füllvorganges durchfahren werden muß.
Der **w e i t e r e** Ladebereich umfaßt den Bereich zwischen Lade- und Entladestelle, der während des Förderbetriebs regelmäßig von dem Ladegerät befahren wird.
- 6.2.2 **Aufenthalt von Personen im Ladebereich**
Im **e n g e r e n** Ladebereich dürfen sich Personen nicht aufhalten. Ausnahmen sind nur zur Durchführung von Kontrollarbeiten am Ladegerät zulässig. Die Personen müssen sich mit dem Fahrer des Ladegerätes abgesprochen haben, zwischen ihnen und dem Laderfahrer muß ständiger Sichtkontakt gewährleistet sein. Im **w e i t e r e n** Ladebereich dürfen Personen nur beschäftigt werden, wenn sie einerseits bei ihrer Tätigkeit durch den Ladebetrieb nicht gefährdet oder behindert werden und wenn andererseits ihre Tätigkeit den Ladebetrieb nicht gefährdet. Über eine Beschäftigung von Personen im **w e i t e r e n** Ladebereich entscheidet die zuständige verantwortliche Person. Diese hat den Fahrer des Ladegerätes über die Arbeiten im weiteren Ladebereich zu unterrichten.

⁴⁾ Dies gilt nicht für ständig oder vorübergehend stillgelegte Gleisstrecken.

7. **Anhängerbetrieb, Abschleppen, Lastentransport, Hubarbeitsbühnen**

7.1 **Anhängerbetrieb**

7.1.1 **Anhänger mit Bremse**

Für den Betrieb mit bremsbaren Anhängern ist dem Bergamt ein Betriebsplan für den geplanten Zug einzureichen. Diesem Betriebsplan ist eine Stellungnahme des Technischen Überwachungsvereins zu dem Betrieb bei dem vorgesehenen Gefälle beizufügen.

Die Fahrer des Zuges müssen besonders eingewiesen sein.

7.1.2 **Anhängerbetrieb ohne eigene Bremse des Anhängers**

Ein Anhängerbetrieb darf nur durchgeführt werden, wenn das Zugfahrzeug Allradantrieb hat und vom Motor eine solche Bremskraft auf die Räder übertragen werden kann. Die Betriebsbremse des Zugfahrzeuges muß den gesamten Zug bei dem vorgesehenen Gefälle mit mindestens 10 % abbremsen können. Für die Berechnung der Betriebsbremse des Zugfahrzeuges darf keine größere Abbremsung als 40 % der jeweiligen tatsächlichen Achsgewichte angenommen werden. Für die Feststellbremse gilt Nr. 4.3 der Fahrzeugbauvorschriften, bezogen auf den gesamten Zug. Für die Verbindung Zugfahrzeug – Anhänger gilt Nr. B.1.6 der Fahrzeugbauvorschriften.

7.2 **Abschleppen liegengebliebener Fahrzeuge**

Das Abschleppen liegengebliebener Fahrzeuge gilt nicht als Anhängerbetrieb. Die im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen sind eigenverantwortlich von der zuständigen verantwortlichen Person zu treffen.

7.3 **Transport schwerer Lasten im Gefälle**

Für den Transport schwerer Lasten sind möglichst Spezialfahrzeuge zu verwenden. Transporteinrichtungen mit Kufen oder Schlitten, die bei den zu befahrenden Gefällen selbsthemmend sind, können verwendet werden.

Transportkombinationen Zugfahrzeug – Transportanhänger – zweites Zugfahrzeug als Bremsfahrzeug bedürfen der betriebsplanmäßigen Zulassung. Dem Betriebsplan ist eine Stellungnahme des Technischen Überwachungsvereins beizufügen.

7.4 **Neigungsanzeiger**

Fahrzeuge, deren Standsicherheit von der Fahrzeugneigung abhängt, z. B. beim Antrieb von Hubarbeitsbühnen, müssen mit einem Neigungsanzeiger ausgerüstet sein.

7.5 **Hubarbeitsbühnen**

An Hubarbeitsbühnen muß die zulässige Belastung in dauerhafter Schrift angegeben sein.

8. **Befördern oder Mitführen von Sprengmitteln**

8.1 **Allgemeines**

Sprengmittel dürfen mit Fahrzeugen, die nicht als Sprengfahrzeuge zugelassen sind, in der Versandpackung oder in Tragebehältern befördert oder mitgeführt werden, wenn die Fahrzeuge folgenden Anforderungen genügen:

8.2 Aufbauten und Laderaum

8.2.1 Die Aufbauten von Fahrzeugen müssen aus unbrennbaren oder schwer entflamm-
baren Stoffen bestehen. Für den Wagenkasten oder die Ladepritsche darf Holz
verwendet werden. In diesem Fall müssen die Wände und der Boden von außen
mit Eisenblech beschlagen sein. Die Sprengmittel müssen gegen Verschieben
oder Herabfallen gesichert sein.

8.2.2 Die für die Sprengmittel bestimmten Laderäume oder Behälter sind auf dem
Fahrzeug so anzuordnen oder abzuschirmen, daß eine Erwärmung der Spreng-
mittel über Umgebungstemperatur nicht möglich ist.

8.2.3 Für sprengkräftige Zündmittel bestimmte Laderäume oder Behälter sind in einem
solchen Abstand zu elektrischen Anlagen anzuordnen, daß eine Zündung durch
Streuströme ausgeschlossen werden kann.

8.3 Befördern oder Mitführen von Zündmitteln

Sprengkräftige Zündmittel müssen getrennt von anderen Sprengmitteln befördert
oder mitgeführt werden. Als Trennung genügt die Unterbringung in besonderen
Fächern oder Behältern.

In der Schaufel von Ladefahrzeugen dürfen sprengkräftige Zündmittel nicht
befördert oder mitgeführt werden. Mit Gabelstaplern dürfen sprengkräftige
Zündmittel nur in der Versandpackung befördert werden.

8.4 Befördern oder Mitführen nichtpatronierter Sprengstoffe

8.4.1 Die Ladefläche muß dicht und fugenlos sein. Motor, Kompressor, Auspuff und
andere heiß werdende Teile müssen gegenüber dem Wagenkasten so angeordnet
oder abgeschirmt sein, daß kein Sprengstoff darauf fallen kann. Die Oberflächen-
temperatur der Abschirmung darf 120°C nicht überschreiten.

8.4.2 Die Ansaugstutzen für Motor und Kompressor sind gegen das Eindringen von
Sprengstoff durch Filter zu schützen. Es genügen kraftfahrzeugübliche Filter,
jedoch keine Zyklone.

8.5 Feuerlöschgeräte bei der Sprengmittelbeförderung

8.5.1 Die Fahrzeuge müssen mit zwei zugelassenen Feuerlöschern mit je 10 kg
Löschmittelinhalt ausgerüstet sein. Das Löschmittel muß für die Brandklassen A,
B und C sowie für elektrische Spannungen bis 1000 Volt zugelassen sein.

8.5.2 Die Fahrzeuge, die mehr als 500 kg Sprengstoff befördern, müssen mit einer
bordfesten Löscheinrichtung für den Motorraum ausgerüstet sein (Nr. 8.5
Fahrzeugbauvorschriften). Dies gilt nicht für Gabelstapler sowie ähnliche
Fahrzeuge mit Lastaufnahmeeinrichtungen. Die Löschmittel sollen möglichst für
die Brandklassen A, B, C, sie müssen mindestens für die Brandklassen B und C
sowie für elektrische Spannungen bis 1000 Volt zugelassen sein. Die Löschdüsen
sind so anzuordnen, daß das Löschmittel alle brandgefährdeten Teile des
Motorraums erreicht.

9. Betriebsstoffe (Kraftstoff, Schmieröl, Hydrauliköl)

9.1 Anforderungen an Betriebsstoffe

9.1.1 Als Kraftstoff darf nur Dieselöl verwendet werden, das folgenden Anforderungen
genügt:

Flammpunkt:	über 55°C	(Prüfung nach DIN 51755)
Schwefelgehalt:	unter 0,3 %	(Prüfung nach EN 41 oder DIN 51400 Teile 1 und 2 oder Teil 6)
Cetanzahl:	über 45	
Wassergehalt:	max. 500 mg/kg	(Prüfung nach DIN 51777 Teil 1 oder 2 nach Karl Fischer)

Zusatzmittel zum Kraftstoff bedürfen der Zulassung durch das Oberbergamt.

9.1.2 Hydrauliköle müssen einen Flammpunkt von mehr als 200°C aufweisen⁹⁾.

9.2 Befördern von Betriebsstoffen

9.2.1 Betriebsstoffe dürfen nur in hierfür besonders gekennzeichneten widerstands-
fähigen und schwer entflammaren Behältern befördert und gelagert werden.
Tragbare Behälter dürfen höchstens 20 l Inhalt haben.

9.2.2 Alle Öffnungen der Behälter müssen außer beim Tanken oder Umfüllen
ordnungsgemäß ge- oder verschlossen sein. Öffnungen zum Druckausgleich sind
zulässig.

9.2.3 Die Behälterverschlüsse müssen gegen unbeabsichtigtes Öffnen oder Lösen
gesichert sein.

9.2.4 In Strecken dürfen Betriebsstoffe nicht zusammen mit Sprengmitteln oder
anderen brennbaren oder sperrigen Gegenständen und nicht während der
regelmäßigen Personenbeförderung befördert werden.

9.3 Lagern und Aufbewahren von Betriebsstoffen

9.3.1 Lagern von Betriebsstoffen

9.3.1.1 Mehr als 60 l Betriebsstoffe dürfen nur in besonderen Räumen gelagert werden,
die außer den Vorschriften der Nrn. 10.1.1 und 10.1.4 folgenden Bedingungen
genügen müssen:

9.3.1.2 In den Räumen und bis zu 10 m Entfernung von den Zugängen dürfen sich außer
den Betriebsstoffen keine brennbaren Stoffe befinden.

9.3.1.3 Die Räume müssen durchgehend bewettert werden.
Bei Lagermengen von über 500 l Betriebsstoffen dürfen die Abwetter belegten
Bauen nicht zugeführt werden.

9.3.1.4 Nahe am Boden der Räume müssen Öffnungen vorhanden sein, welche den
Abzug etwa sich ansammelnder Gase gewährleisten.

⁹⁾ Vgl. § 15 ABVO

- 9.3.1.5 Die Räume müssen eine Auffanggrube haben, die der zugelassenen Lagermenge entspricht. Eine Auffanggrube kann fehlen, wenn Doppelwandtanks mit Leckanzeige verwendet werden.
- 9.3.1.6 Alle Zugänge und Öffnungen der Räume müssen von außen durch feuerbeständige Türen, Klappen oder ähnliche Einrichtungen leicht und dicht geschlossen werden können. Die Zugangstüren dürfen nur nach außen hin geöffnet werden können.
- 9.3.1.7 Die Räume gelten als feuergefährdete Grubenräume⁶⁾. An den Zugängen sind entsprechende Hinweise anzubringen.
- 9.3.2 Aufbewahren kleiner Betriebsstoffmengen (Kleintanke)
- 9.3.2.1 Abweichend von den Bestimmungen der Nr. 9.3.1 können Kleintanke unter folgenden Voraussetzungen betriebsplanmäßig zugelassen werden:
- 9.3.2.2 Eine vom Unternehmer beauftragte verantwortliche Person hat den Platz für die Aufstellung der Kleintanke zu bestimmen. Die Plätze gelten als feuergefährdete Grubenbaue⁶⁾.
Es dürfen aufbewahrt werden:
- Betriebsstoffe für eine Schicht, höchstens jedoch 60 l in tragbaren Behältern, wenn die Behälter unter Verschluss gehalten werden.
 - Betriebsstoffmengen bis 500 l außerhalb der Verkehrswege von Fahrzeugen möglichst in Streckenstummeln oder höhergesetzten Nischen in besonderen Behältern. Die Behälter müssen von einem schwer entflammaren Hüllbehälter umgeben sein, der den Inhalt des Betriebsstoffbehälters aufnehmen kann, oder doppelwandig mit Leckanzeige ausgeführt sein.
Die Behälter müssen die Aufschrift „Achtung feuergefährlich“ tragen.
- 9.3.2.3 Bis zu 10 m Entfernung von Kleintanken dürfen sich außer den Betriebsstoffen keine brennbaren Stoffe befinden. Werkstätten, Wartungsplätze und dergleichen müssen räumlich getrennt oder mindestens 10 m entfernt sein.
- 9.3.2.4 Die Aufstellorte der Kleintanke müssen durchgehend bewertet werden.
- 9.3.2.5 Im Umkreis von mindestens 10 m um Kleintanke muß feste elektrische Beleuchtung Nr. 10.1.5 entsprechen.
- 9.3.2.6 Am Aufstellungsort muß ein zugelassener Handfeuerlöscher mit einem Löschmittelvorrat von mindestens 10 kg vorhanden sein. Das Löschmittel muß für die Brandklassen A, B und C sowie für elektrische Spannungen bis 1000 V zugelassen sein.
- 9.3.3 Betriebsstoff-Versorgungseinheiten⁷⁾.
Abweichend von der Nr. 9.3.1 können Betriebsstoff-Versorgungseinheiten mit mehr als 500 l Inhalt unter folgenden Bedingungen betriebsplanmäßig zugelassen werden:

⁶⁾ Vgl. § 37 Abs. 2 ABVO

⁷⁾ Siehe nächste Seite

- 9.3.3.1 Der Aufstellungsort muß durchgehend bewertet sein. Die Abwetter dürfen keine ständig belegten Betriebspunkte berühren. Der Wetterstrom muß so bemessen sein, daß sich beim Befüllen oder beim Tanken keine zündfähigen Gemische bilden können.
- 9.3.3.2 Die Betriebsstoffbehälter müssen so aufgestellt sein, daß sich etwa verschüttete Betriebsstoffe nicht unter ihnen sammeln können, sondern zur Seite abgeleitet werden (z. B. durchgehende Bodenplatte).
- 9.3.3.3 In einer Versorgungseinheit dürfen insgesamt nicht mehr als 5000 l Betriebsstoffe, davon höchstens 3000 l Dieselmotorkraftstoff, gelagert werden. Der Lagerbehälter für Dieselmotorkraftstoff muß doppelwandig mit Leckanzeigevorrichtung ausgeführt sein, sofern keine Auffanggrube vorhanden ist.
- 9.3.3.4 In einer Betriebsstoff-Versorgungseinheit müssen elektrische Einrichtungen mit Ausnahme der Förderpumpen getrennt von den Betriebsstoffbehältern aufgestellt werden. Die elektrischen Zuleitungen zu den Förderpumpen müssen in Schutzrohren geführt werden.
- 9.3.3.5 Am Aufstellungsort einer Betriebsstoff-Versorgungseinheit muß ein zugelassenes Feuerlöschgerät mit einem Löschmittelvorrat von mindestens 50 kg vorhanden sein. Das Löschmittel muß für die Brandklassen A, B und C und für elektrische Spannungen bis 1000 V zugelassen sein.
- 9.3.3.6 Am Aufstellungsort von Betriebsstoffen müssen Ölabsorptionsmittel vorhanden sein, um beim Tanken oder Ölwechsel ausgelaufenes Öl aufzunehmen.
- 9.3.3.7 Im übrigen gelten die Bestimmungen für Kleintanke (Nr. 9.3.2)
- 9.4 Umfüllen von Betriebsstoffen, Tanken und Ölwechsel
- 9.4.1 Das Umfüllen von Betriebsstoffen, Betanken von Fahrzeugen und Ölwechseln darf nur in Räumen, die den Anforderungen unter Nr. 9.3.1 genügen, sowie an Kleintankanlagen gemäß Nr. 9.3.2 und Betriebsstoff-Versorgungseinheiten gemäß Nr. 9.3.3 erfolgen.
- 9.4.2 Außerhalb von in Nr. 9.4.1 genannten Räumen und Anlagen darf das Tanken und der Ölwechsel nur an Plätzen erfolgen, an denen keine Brandgefahr besteht. Das Betanken darf an solchen Plätzen nur aus tragbaren Behältern mit höchstens 20 l Inhalt oder aus Tankfahrzeugen (gleislos oder schienengebunden) erfolgen. Als Beleuchtung muß geschlossenes elektrisches Geleucht verwendet werden.
- 9.4.3 Vorrichtungen zum Umfüllen, Tanken und Ölwechsel müssen so beschaffen sein, daß ein Verschütten der Betriebsstoffe verhütet wird.
- 9.4.4 Beim Betanken der Fahrzeuge aus nicht tragbaren Behältern sind Zapfpistolen mit hydraulisch-mechanischer Überfüllsicherung, mindestens aber selbstschließende Zapfpistolen zu verwenden, deren Bauart zugelassen ist. Beim Tanken aus tragbaren Behältern muß ein Trichter oder eine Tülle benutzt werden.

⁷⁾ Als Betriebsstoff-Versorgungseinheiten gelten Einrichtungen, die der Versorgung von Fahrzeugen mit Kraftstoff, Motoröl, Hydrauliköl und Schmierstoffen dienen. Sie gehen über Kleintankanlagen hinaus, können aber wegen ihrer von Zeit zu Zeit erforderlichen Ortsverlegung nicht mit Lagerräumen gleichgesetzt werden.

- 9.5 Altöl ist in geschlossenen, bruchsicheren und nichtbrennbaren Behältern zu sammeln und entsprechend dem Gesetz über Maßnahmen zur Sicherung der Altölbeseitigung abzuliefern.
10. **Fahrzeugwartung und -Instandhaltung**
Fahrzeuge dürfen planmäßig nur in besonderen Räumen und an vom Unternehmer bestimmten Wartungsplätzen gewartet oder ausgebessert werden. Außerhalb solcher Räume oder Plätze darf die Wartung oder das Ausbessern unter Einsatz eines Wartungsfahrzeuges auch am Einsatzort des Fahrzeuges oder in dessen Nähe durchgeführt werden.
- 10.1 **Anforderungen an die Räume**
Räume zum Warten, Ausbessern und Reinigen der Fahrzeuge müssen folgenden Anforderungen genügen:
- 10.1.1 An den Zugängen sind Hinweise anzubringen, daß diese Räume durch Unbefugte nicht betreten werden dürfen.
- 10.1.2 In den Räumen und bis zu 10 m Entfernung von den Zugängen dürfen sich keine brennbaren Stoffe befinden, soweit sie nicht für die Fahrzeuge und die auszuführenden Arbeiten benötigt werden. Betriebsstofflager müssen räumlich getrennt oder mindestens 10 m entfernt sein.
- 10.1.3 Gebrauchtes Putzmaterial ist in nicht brennbaren Behältern mit Deckeln zu sammeln. Die Behälter sind entsprechend kenntlich zu machen.
- 10.1.4 In den Räumen oder in unmittelbarer Nähe müssen zugelassene Feuerlöschgeräte mit mindestens 50 kg Gesamtlöschmittelinhalt vorhanden sein. Das Löschmittel muß für die Brandklassen A, B und C sowie für elektrische Spannungen bis 1000 Volt zugelassen sein.
- 10.1.5 Die Räume dürfen nur elektrisch beleuchtet werden. Als Leuchten sind nur gegen Staubablagerungen und Strahlwasser geschützte Bauarten (Schutzart IP 54 nach DIN 40050) und gedichteter Leitungseinführung, bei mechanischer Gefährdung außerdem mit einem Schutzkorb oder -gitter, zulässig.
- 10.1.6 Bei Leerlauf der Motoren bis höchstens $\frac{1}{3}$ der festgesetzten Leistung genügt es, wenn mindestens die Hälfte des in der Bauartzulassung festgelegten Frischwetterstroms zur Verfügung steht.
- 10.2 **Arbeitsgruben und Unterfluranlagen**
- 10.2.1 Arbeitsgruben und Unterfluranlagen müssen so gebaut sein, daß sie jederzeit leicht und gefahrlos betreten und bei Gefahr schnell verlassen werden können. Damit bei Gefahr (z. B. Brand) Arbeitsgruben und Unterfluranlagen schnell verlassen werden können, müssen diese mindestens 2 Treppen aufweisen. Bei Arbeitsgruben sollen die Treppen jeweils an den Enden der Grube liegen. Bei Unterfluranlagen sollen die Treppen außerhalb der Arbeitsöffnungen so angeordnet sein, daß sie durch Fahrzeuge nicht verstellt werden können. In Arbeitsgruben und Unterfluranlagen kann an Stelle einer der Treppen ein anderer Notausgang treten.

12.6.2 Das Reinigungsverfahren ist der Art und dem Grad der Verschmutzung anzupassen (Abblasen mit Druckluft, Reinigung mit Druckwasser, Entfernen von Öl- und Fettverschmutzungen auf mechanischem Wege oder mit Kaltreinigern, Dampfstrahlreinigung). Die Reinigung muß sich insbesondere auf die schwer zugänglichen Stellen, wie Getriebe, Achsen, Bremsen usw., erstrecken.

13. Durchführung des Betriebes, Beschäftigte, Fahrer

13.1 Allgemeines

13.1.1 Der Unternehmer hat für die ordnungsgemäße Durchführung des Fahrbetriebes, für die Einhaltung der Betriebspläne sowie für die Bestellung der im Fahrzeugbetrieb beschäftigten Personen zu sorgen. Er kann diese Aufgaben einer anderen verantwortlichen Person im Sinne der einschlägigen Paragraphen des Berggesetzes übertragen.

13.1.2 Für die ordnungsgemäße Wartung und Durchführung von Instandsetzungsarbeiten ist eine fachkundige Person zu bestellen. Mit dem selbständigen Warten der Fahrzeuge und mit der Beförderung und dem Umfüllen von Betriebsstoffen dürfen nur zuverlässige Personen beauftragt werden, die für ihren Aufgabenbereich die erforderliche Fachkunde besitzen.

13.1.3 Den beim Fahrbetrieb beschäftigten Personen ist gegen Empfangsbescheinigung eine vom Bergamt bestätigte Dienstanweisung¹⁹⁾ auszuhändigen. Für diese Dienstanweisung ist vom Oberbergamt ein besonderes Muster herausgegeben (Anlage 3).

13.2 Anforderungen an die Fahrzeugführer

13.2.1 Die Fahrzeugführer müssen das 20. Lebensjahr, die Fahrer beim Sprengstofftransport das 21. Lebensjahr vollendet haben. Als Fahrzeugführer können mit Zustimmung des Unternehmers auch Personen beschäftigt werden, die das 18. Lebensjahr vollendet haben. Diese sind dem Bergamt namhaft zu machen.

13.2.2 Die Fahrzeugführer müssen vor dem erstmaligen Einsatz mindestens einen Monat unter Tage beschäftigt gewesen sein. Fahrer von Bohrwagen, Lade- und Beraubefahrzeugen dürfen im Zusammenhang mit ihrer Tätigkeit erst als Ortsälteste eingesetzt werden, wenn sie für diesen Aufgabenbereich, insbesondere auf dem Gebiet des Beraubens, die erforderliche Ausbildung erhalten haben.

13.2.3 Ladefahrzeuge dürfen nur von Fahrern gefahren werden, bei denen nach ärztlichem Zeugnis keine Bedenken hiergegen bestehen.

13.2.4 Fahrer von beladenen Sprengmitteltransportfahrzeugen müssen die Befugnis zum Sprengstoffausgeber oder Sprengberechtigung haben. Fahrer von beladenen Sprengfahrzeugen müssen Sprengberechtigung haben.

¹⁹⁾ Ggf. mit der Ergänzung für den Betrieb von Sprengfahrzeugen

13.2.5 Fahrer von Mannschaftstransportfahrzeugen sind für die Personenbeförderung besonders zu unterweisen.

13.3 Ausbilden der Fahrzeugführer

13.3.1 Theoretische Unterweisung

13.3.1.1 Es wird vorausgesetzt, daß die zukünftigen Fahrzeugführer mindestens entsprechend den Richtlinien des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld für Neubergleute bereits unterwiesen worden sind.

13.3.1.2 Jedes als Fahrzeugführer vorgesehene Belegschaftsmitglied muß zusätzlich in mindestens 4 Doppelstunden, davon 2 durch eine Fachkraft für Arbeitssicherheit, über folgende Gebiete theoretisch unterwiesen werden:

Wetterführung,
Sprengmitteltransport,
Erkennen von Versagern,
Erkennen von Stein- oder Salzfallgefahr,
Personenbeförderung,
Rollochsicherung,
Bremsverhalten der Fahrzeuge in Gefällestrucken,
Brandverhütung und -bekämpfung beim Einsatz von Fahrzeugen sowie Eigenschaften und Gefahren der Betriebsstoffe und Verhalten bei Ausbruch eines Brandes.

13.3.1.3 Jedes als Fahrzeugführer vorgesehene Belegschaftsmitglied muß während der Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Fahrzeugen in ausreichendem Umfange durch einen geeigneten Fachmann theoretisch über den technischen Aufbau der Fahrzeuge unterwiesen werden.

13.3.2 Praktische Ausbildung

13.3.2.1 Die als Fahrzeugführer vorgesehenen Belegschaftsmitglieder müssen eine praktische Ausbildung für die jeweilige Fahrzeugbauart unter Aufsicht einer geeigneten verantwortlichen Person¹⁹⁾ ableisten, die mindestens 10 Fahrstunden betragen muß.

13.3.2.2 Als Fahrzeugführer vorgesehene Personen müssen in der Handhabung der Feuerlöscher praktisch unterwiesen und mit der Handhabung der bordfesten Löscheinrichtung vertraut sein.

13.4 Bestellung der Fahrzeugführer

13.4.1 Der Ausbildungsleiter oder die mit der Aufsicht über die Ausbildung beauftragte verantwortliche Person hat die ordnungsgemäße Ausbildung gemäß Nr. 13.3 zu bescheinigen und sich von der besonderen Befähigung zur Tätigkeit als Ortsältester oder zum Sprengmitteltransport oder zum Führen eines Sprengfahrzeuges zu überzeugen. Erst danach darf die Bestellung als Fahrzeugführer (Nr. 13.1) mit der Eintragung in das Betriebsbuch (Nr. 14.1.2) erfolgen. Der Fahrer hat den Empfang einer Dienstanweisung schriftlich zu bestätigen.

13.4.2 Abweichend von Nr. 13.3 und Nr. 13.4.1 dürfen Angehörige von Lieferfirmen der Fahrzeuge zu Einweisungs- und Erprobungszwecken vorübergehend Fahrzeuge führen, wenn sie ausreichende Erfahrungen im Führen von Fahrzeugen besitzen.

13.4.3 Die Fahrer sind hinsichtlich der theoretischen und praktischen Brandbekämpfungen (Nr. 13.3.1.2 und Nr. 13.3.2.2) erneut in angemessenen, mindestens jedoch jährlichen Zeitabständen, über sonstige Besonderheiten im gleislosen Fahrzeugbetrieb unverzüglich zu unterweisen.

14. Betriebsbuch

14.1 Für den gleislosen Fahrzeugbetrieb ist ein Betriebsbuch anzulegen. In das Betriebsbuch (ggf. mit Beiheft) sind u. a. aufzunehmen:

14.1.1 Liste der eingesetzten Fahrzeuge mit Angabe der Bauartzulassung (Nr. 1.2), Betriebspläne (Nr. 1.2), Abnahme- und Betriebsscheine (Nr. 1.5 und Nr. 1.6).

14.1.2 Liste der Fahrzeugführer (Nr. 13.4.1).

14.1.3 Empfangsbescheinigungen für Dienstanweisungen (Nr. 13.4.1).

14.1.4 Angaben über Zeitpunkt und Ergebnis der Überwachungen gemäß Nrn. 12.1, 12.4 und 12.5 mit Unterschrift des Durchführenden.

14.1.5 Bescheinigungen der Sachverständigen zu Nrn. 1.4, 1.5 und 12.2.

14.1.6 Angaben über Zeitpunkt und Ergebnis der Wettermessungen (Nr. 3.2 und ggf. 11.2.1).

¹⁹⁾ Diese kann sich ggf. von einem als Ausbilder geeigneten Fahrer unterstützen lassen.

Muster-Dienstanweisung

**für die im gleislosen Fahrzeugbetrieb unter Tage beschäftigten
Personen (Nr. 13.1.3 der Fahrzeugbetriebsrichtlinien)**

Ausgabe 1981

Inhaltsverzeichnis

1. **Allgemeines**
- 1.1 **Fahrberechtigte**
- 1.2 **Inbetriebnahme und Verlassen der Fahrzeuge**
- 1.3 **Warten der Fahrzeuge, Feuerarbeiten**
- 1.4 **Schäden und Mängel**
2. **Fahrbetrieb und Vorfahrt**
3. **Besondere Vorfahrtsregeln**
(Ladefahrzeuge, Sprengmitteltransport, Zugverkehr)
4. **Umgang mit Betriebsstoffen**
(Kraftstoff, Schmieröle, Hydrauliköl)
5. **Personenbeförderung**
6. **Sonstiges, Besonderheiten des jeweiligen Betriebes, Sonderfahrzeuge**
7. **Betrieb von Sprengfahrzeugen**

1. **Allgemeines**
- 1.1 **Fahrberechtigte**
Gleislose Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren dürfen nur von hierzu Fahrerberechtigten geführt werden. Das gilt auch für Aufsichtspersonen. Das Fahren von Fahrzeugen ist den mit der Wartung beauftragten Personen zur Erprobung der betriebssicheren Fahrbereitschaft gestattet, wenn sie von der zuständigen Aufsichtsperson ausreichend unterwiesen sind.
- 1.2 **Inbetriebnahme und Verlassen der Fahrzeuge**
- 1.2.1 **Vor jeder Inbetriebnahme – In der Regel zu Schichtbeginn – muß sich der Fahrer von der Verkehrssicherheit (Beleuchtung, Bremsen, Lenkung, Signaleinrichtungen usw.) des Fahrzeuges überzeugen. Das gilt auch für das Schutzdach gegen Stein- oder Salzfall an Beraube- und Ladefahrzeugen. Fahrzeuge, die nicht verkehrssicher sind, dürfen nicht in Betrieb genommen werden. Treten solche Mängel während des Betriebes auf, hat der Fahrer das Fahrzeug stillzusetzen, wenn er die Mängel nicht selbst beseitigen kann.**
- 1.2.2 **Der Fahrer darf den Fahrersitz nur verlassen, wenn die Feststellbremse angezogen ist. Wenn im Bereich des Fahrzeuges gearbeitet wird, muß zusätzlich der Motor stillgesetzt sein. Dies gilt nicht bei Fernsteuerung. In Gefällstrecken ist das Fahrzeug zusätzlich gegen Abrollen zu sichern. Wenn der Fahrer das Fahrzeug unbeaufsichtigt läßt, muß er den Batterie-Hauptschalter ausschalten und ein Ingangsetzen durch Unbefugte zuverlässig verhindern. Fahrzeuge dürfen nur dann ohne Aufsicht belassen werden, wenn sie so aufgestellt sind, daß sie den Fahrbetrieb nicht gefährden.**
- 1.3 **Warten der Fahrzeuge, Feuerarbeiten**
- 1.3.1 **Fahrzeuge dürfen in Fahrzeugräben und den von einer Aufsichtsperson dazu bestimmten Plätzen gewartet oder ausgebessert werden. Einer derartigen Platzbestimmung bedarf es nicht, wenn die Wartung oder das Ausbessern unter Einsatz eines Wartungsfahrzeuges oder mit einfachen Hilfsmitteln am Einsatzort des Fahrzeuges oder in dessen Nähe durchgeführt werden. Ein Ingangsetzen der Fahrzeuge durch Unbefugte muß auch beim Warten und Ausbessern zuverlässig verhindert sein.**
- 1.3.2 **Feuerarbeiten (z. B. Schneid-, Schweiß- und Lötarbeiten) dürfen an den Fahrzeugen nur auf Anweisung einer fachkundigen Aufsichtsperson und nur an den dazu bestimmten Plätzen durchgeführt werden, und zwar in Fahrzeugräben mit allgemeiner Erlaubnis des Betriebsführers, außerhalb derselben jeweils mit Einzelerlaubnis des Betriebsführers. Hierbei sind die Richtlinien des Oberbergamtes für Feuerarbeiten vom 7. 10. 1968 – I 3643/68 – zu beachten.**
- 1.4 **Schäden und Mängel**
Die im Fahrzeugbetrieb beschäftigten Personen müssen Schäden und Mängel, welche sie an den Fahrzeugen und Einrichtungen des Fahrzeugbetriebes sowie in den Fahrstrecken und an der Wetterführung feststellen und nicht selbst beseitigen können, unverzüglich der nächsterreichbaren Aufsichtsperson oder dem zuständigen Fachpersonal melden.

2. **Fahrbetrieb und Vorfahrt**
- 2.1.1 **Die Fahrer müssen mit der den besonderen Verhältnissen unter Tage entsprechenden Vorsicht fahren und dürfen die für die jeweilige Fahrzeugbauart zugelassene Höchstgeschwindigkeit nicht überschreiten. Verkehrsschilder und Verkehrsregelungen sowie sonstige Betriebsvorschriften sind zu beachten. Betrieblich nicht notwendiger Leerlauf der Motoren ist unzulässig.**
- 2.1.2 **Der Fahrer hat im Brandfall sofort den Motor abzustellen und soll möglichst den Batterie-Hauptschalter ausschalten, bevor er den Brand zu löschen versucht.**
- 2.1.3 **Bei Fahrzeugen mit umschaltbaren Auspufföffnungen hat der Fahrer beim Wechsel der Fahrtrichtung die Auspufföffnung umzuschalten.**
- 2.2 **Während des Fahrens muß die Beleuchtung am Fahrzeug in Fahrtrichtung eingeschaltet sein. An Ladefahrzeugen dürfen beim Einsatz im abgesperrten Bereich die Scheinwerfer an der Vorder- und Rückseite gleichzeitig brennen. Rückfahrcheinwerfer dürfen nur während eines Wende- oder Umsetzvorganges eingeschaltet sein. Arbeitsscheinwerfer dürfen nur im Einsatz eingeschaltet sein. Bei Begegnungen von Fahrzeugen oder bei Entgegenkommen von Personen ist rechtzeitig abzublenden. Beim Transport von mehr als 500 kg Sprengstoff ist die blaue Warnlampe einzuschalten. Beim Transport von Betriebsstoffen in Tankfahrzeugen ist die gelbe Warnlampe einzuschalten.**
- 2.3 **Grubenbaue dürfen nicht befahren werden, wenn sie nicht mindestens 1,00 m breiter als die Breite der Fahrzeuge sind und nicht so hoch sind, daß ein Streifen des Fahrzeuges, des Fahrers oder der Mitfahrer an der Firste vermieden wird. Grubenbaue mit einem größeren Gefälle als dem, für welches das Fahrzeug zugelassen ist, dürfen nicht befahren werden.**
- 2.4 **Die Regeln der Straßenverkehrsordnung sind, soweit anwendbar, auch unter Tage zu beachten. Insbesondere ist unter Tage rechts zu fahren, soweit nicht der Unternehmer eine abweichende Regelung festgelegt hat. An Kreuzungen und Streckeneinmündungen hat die Vorfahrt, wer von rechts kommt. Dies gilt nicht, wenn die Vorfahrt durch Verkehrszeichen besonders geregelt ist.**
- 2.5 **An unübersichtlichen Stellen (z. B. Wettertüren, Abzweigstellen, Kreuzungen usw.) muß der Fahrer Hörsignale geben oder mit dem Scheinwerfer mehrmals auf- und abblenden. Das gleiche gilt bei Annähern an Personen oder beim Begegnen von Fahrzeugen.**
- 2.6.1 **Überholen von fahrenden gleislosen Fahrzeugen ist nicht zulässig. Langsam fahrende Fahrzeuge müssen Ausweichstellen anfahren und schnellere Fahrzeuge vorbeilassen.**
- 2.6.2 **Begegnen sich Fahrzeuge verschiedener Größe, so hat das kleinere Fahrzeug dem größeren nach Möglichkeit Platz zu machen. Befahrungsfahrzeuge, die wegen ihrer guten Sichtverhältnisse und ihrer Beweglichkeit leichter ausweichen können, haben größeren Fahrzeugen beim Begegnen stets die Strecke frei zu machen.**

- In geneigten Strecken hat das bergwärts fahrende Fahrzeug die Vorfahrt gegenüber dem abwärts fahrenden Fahrzeug.
- 2.7 Werden Lasten, insbesondere auch Sprengmittel, mit den Fahrzeugen befördert oder mitgeführt, so sind sie erforderlichenfalls gegen Verschleben oder Herabfallen zu sichern. Die Fahrzeuge dürfen nicht überladen werden.
- 2.8 Bei der maschinellen Beförderung von Sprengmitteln sind die hierfür geltenden besonderen Regelungen (vgl. Nr. 6) zu beachten.
- 2.9 In der Schaufel von Ladefahrzeugen dürfen sprengkräftige Zündmittel nicht befördert oder mitgeführt werden. Mit Gabelstaplern dürfen sprengkräftige Zündmittel nur in der Versandpackung befördert werden.
3. **Besondere Vorfahrtsregeln**
(Ladefahrzeuge, Sprengmitteltransport, Zugverkehr)
- 3.1 **Ladefahrzeuge im Einsatz**
Soweit Ladefahrzeuge im Einsatz vorfahrtberechtigte Strecken kreuzen oder befahren müssen, haben sich die Fahrer davon zu überzeugen, daß ihnen unabhängig von der sonst an diesen Stellen geltenden Verkehrsregelung die Vorfahrt eingeräumt und dies durch geeignete Hilfsmittel (z. B. Absperrseile, Schilder) eindeutig angezeigt worden ist.
- 3.2 **Verhalten bei Aufenthalt von Personen im Ladebereich**
- 3.2.1 **Abgrenzung des Ladebereiches**
Als Ladebereich gilt der Bereich, der von einem Ladefahrzeug zwischen aufzunehmendem Haufwerk und Entladestelle regelmäßig durchfahren werden muß.
- 3.2.2 **Der engere Ladebereich** umfaßt den Teil eines Abbaues oder Streckenvortriebs, in dem der Lader das Haufwerk aufnimmt, einschließlich des Bereichs, der ggf. bei einer Füllung der Ladeschaufel in mehreren Hüben während dieses Füllvorganges durchfahren werden muß.
- 3.2.3 **Der weitere Ladebereich** umfaßt den Bereich zwischen Lade- und Entladestelle, der während des Förderbetriebes regelmäßig von dem Ladegerät befahren wird.
- 3.2.4 Die Fahrer von Ladegeräten dürfen Ladearbeiten nur dann ausführen, wenn sich im **engeren** Ladebereich keine Personen aufhalten. Ist der Aufenthalt von Personen im engeren Ladebereich zur Durchführung von Kontrollarbeiten am Ladegerät erforderlich, haben sich diese Personen mit dem Fahrer des Ladegerätes abzusprechen und Sichtkontakt zum Fahrer zu halten. Geht dieser verloren, hat der Fahrer das Ladegerät stillzusetzen.
- 3.2.5 Die Fahrer von Ladegeräten dürfen den während des Förderbetriebes regelmäßig mit dem Ladegerät zu befahrenden **weiteren** Ladebereich zwischen Lade- und Entladestelle bei Aufenthalt von in diesem Bereich beschäftigten Personen nur

dann befahren, wenn sie über deren Tätigkeit durch die zuständige Aufsichtsperson unterrichtet wurden, diese Personen durch den Ladebetrieb nicht gefährdet werden und wenn andererseits die Tätigkeit dieser Personen den Ladebetrieb nicht gefährdet.

3.3 **Sprengmitteltransport- und Sprengfahrzeuge**

Bei Annäherung eines Fahrzeuges mit Sprengmitteln (bei über 500 kg Sprengstoff kenntlich an der blauen Signalleuchte) hat sich der Entgegekommende so zu verhalten, daß das Sprengmittelfahrzeug so wenig wie möglich behindert wird. In geneigten Strecken hat das Fahrzeug mit Sprengmitteln auch die Vorfahrt, wenn es abwärts fährt.

3.4 **Verhalten in Strecken mit Zugverkehr**

3.4.1 **Kreuzen von Gleisen**

An Kreuzungen von Gleisen mit Zugverkehr hat der Zug immer Vorfahrt. An durch mit Signalleuchten gesicherten Kreuzungen ist das Gleis ohne anzuhalten schnellstmöglich zu überqueren, wenn der Übergang nicht als gesperrt angezeigt wird.

3.4.2 **Befahren von Gleisen**

Soweit das Befahren von Gleisen, auf denen Zugverkehr umgeht, nicht zu vermeiden ist, sind die besonderen Regelungen zu beachten. Das Rangieren auf dem Gleiskörper ist verboten.

3.4.3 **Verhalten im Bereich von spannungsführendem Fahrdrabt**

Der Fahrer darf spannungsführenden Fahrdrabt nur unterfahren, wenn besondere Schutzmaßnahmen gegen Fahrdrabtberührung für Fahrer- und Mitfahrersitze getroffen sind. Andernfalls hat er sich davon zu überzeugen, daß der Fahrdrabt spannungslos ist.

Besteht die besondere Schutzmaßnahme gegen Fahrdrabtberührung nicht in einem isolierenden Schutzdach, so gilt folgendes:

Unter eingeschaltetem Fahrdrabt darf das Fahrzeug weder bestiegen und verlassen noch auf ihm überhaupt aufgestanden werden. Be- und Entladen ist hier nicht erlaubt. Das Mitführen langer, hochragender Gegenstände ist nicht gestattet.

4. **Betriebsstoffe (Kraftstoff, Schmieröle, Hydrauliköl)**

4.1 **Befördern von Betriebsstoffen**

4.1.1 Betriebsstoffe dürfen nur in hierzu bestimmten Behältern und nicht zusammen mit Sprengmitteln oder anderen brennbaren oder sperrigen Gegenständen befördert werden.

4.1.2 Behälter mit Betriebsstoffen müssen geschlossen sein. Behälter über 20 Liter Inhalt sind so zu verschließen, daß sie von Unbefugten nicht ohne Hilfsmittel

geöffnet werden können. Sie müssen nach dem Tanken außerhalb von Lagerräumen unverzüglich in einen Lagerraum zurückgebracht werden (außer Kleintanke).

- 4.1.3 Betriebsstoffe für eine Schicht, höchstens jedoch 60 Liter, dürfen in tragbaren Behältern (bis 20 Liter) an einem von einer Aufsichtsperson bestimmten Platz aufbewahrt werden, wenn diese unter Verschluss gehalten werden.
- 4.2 **Umfüllen von Betriebsstoffen und Tanken**
- 4.2.1 Das Umfüllen von Betriebsstoffen und das Tanken darf nur an den hierzu bestimmten Plätzen erfolgen.
- 4.2.2 Die Behälter dürfen nicht überfüllt werden. Etwa übergeflossener Betriebsstoff ist unverzüglich zu beseitigen.
- 4.2.3 Während des Tankens muß der Motor abgestellt sein. Unbefugte sind beim Tanken fernzuhalten. Falls besondere Vorrichtungen zum Tanken vorhanden sind, müssen diese benutzt werden (z. B. Verwendung von Zapfpistolen mit Überfüllsicherung, Benutzen eines Trichters oder einer Tülle beim Tanken aus tragbaren Behältern bis 20 Liter Inhalt).

5. **Personenbeförderung**

- 5.1 Bei der Personenbeförderung gilt zusätzlich folgendes:
- 5.1.1 Die Höchstzahl der Mitfahrenden richtet sich nach der Angabe auf dem Fahrzeugschild. Der Fahrer darf das Überschreiten dieser Zahl nicht dulden.
- 5.1.2 Das Ein- und Aussteigen während der Fahrt ist verboten.
- 5.1.3 Der Fahrer hat darauf zu achten, daß die beförderten Personen weder durch den Zustand der Strecke oder des Fahrzeugs noch durch seine Fahrweise gefährdet werden, notfalls hat er anzuhalten. Bemerkt er Mängel, die er nicht beseitigen kann, so hat er das Fahrzeug stillzusetzen.
- 5.1.4 Die für die Personenbeförderung jeweils zugelassene Höchstgeschwindigkeit darf nicht überschritten werden.
- 5.1.5 Bei der Personenbeförderung dürfen keine Gegenstände mitgeführt werden, welche die Fahrenden behindern oder gefährden. Die gleichzeitige Beförderung von Sprengmitteln oder Betriebsstoffen ist verboten.
- 5.1.6 Der Fahrer ist für die Aufrechterhaltung der Ordnung beim Ein- und Aussteigen verantwortlich, sofern nicht eine besondere Aufsichtsperson hierzu bestellt wird. Der Fahrer muß vor der Abfahrt Signal geben.
- 5.1.7 Der Fahrer hat den Mitfahrenden Hinweise für ihr Verhalten zu geben, soweit dies sicherheitlich erforderlich ist. Der Fahrer hat sofort anzuhalten, wenn er feststellt, daß die Mitfahrenden durch ihr Verhalten sich oder andere gefährden.
- 5.1.8 Das Fahrzeug darf nur mit Zustimmung des Fahrers oder der Aufsichtsperson bestiegen oder verlassen werden.

6. **Sonstiges, Besonderheiten des jeweiligen Betriebes, Sonderfahrzeuge**

Sofern aufgrund örtlicher Verhältnisse besondere Anweisungen bestehen, z. B. hinsichtlich des Fahrverkehrs in sonderbewetterten Betrieben, Sichern von Rollöchern, des Transportes von Sprengmitteln oder der Bauart einzelner Fahrzeuge, sind diese hier von dem betreffenden Betrieb anzufügen.

Dies gilt auch für

- das Verhalten bei Arbeiten im Knickgelenkbereich (Sicherungen)
- Arbeiten unter hydraulisch angehobenen Fahrzeugteilen (Sicherungen)
- die bestimmungsgemäße Verwendung der Laderschaufel (Sperrventile)
- die erforderlichen Abstützung von Fahrzeugen
- das Benutzen von Hubbühnen (zulässige Neigung, zulässige Belastung)
- das Abwärtsfahren von Wendeln bei bestimmten Fahrladertypen (Motoriell voraus)
- das Verhalten bei Leitungs- oder Schlauchbruch im Hydrauliksystem (Steuerhebel unverzüglich in Nullstellung bringen)

Ergänzung der Dienstanweisung für die beim Betrieb von Sprengfahrzeugen*) Beschäftigten

7. Betrieb von Sprengfahrzeugen

7.1 Allgemeines

- 7.1.1 Auf den Fahrzeugen dürfen nur die in der Bauartzulassung festgelegten Höchstmengen an Sprengstoffen und sprengkräftigen Zündmitteln in den dazu bestimmten Behältern befördert werden. Andere Gegenstände dürfen – abgesehen vom Sprengzubehör, durch das eine Detonation von Sprengmitteln nicht hervorgerufen werden kann – nur außerhalb der Sprengmittelbehälter und nur insoweit befördert werden, als sie dem Betrieb des Fahrzeuges oder der Sprengarbeit dienen.
- 7.1.2 Auf den Fahrzeugen und in ihrer Nähe ist der Umgang mit offenem Feuer jeder Art, das Rauchen und das Mitführen offenen Geleuchtetes verboten.
- 7.1.3 Solange sich Sprengmittel auf den Fahrzeugen befinden, dürfen die Fahrzeuge nicht unbeaufsichtigt bleiben.
- 7.1.4 Auf den Fahrzeugen dürfen nur Angehörige der Sprengkolonne und Aufsichtspersonen mitfahren, sofern entsprechende Sitze vorhanden sind.
- 7.1.5 Gerät ein Fahrzeug, das Sprengmittel enthält, in Brand und gelingt es nicht, das aufkommende Feuer alsbald zu löschen, so hat sich die Sprengkolonne unverzüglich in Sicherheit zu bringen und andere Personen zu warnen. Vor dem Verlassen des brennenden Fahrzeuges sollen möglichst die Sprengstoffbehälter geöffnet werden.

7.2 Benutzen und Warten der Sprengfahrzeuge

- 7.2.1 Solange sich Sprengmittel auf den Fahrzeugen befinden,
- dürfen diese nur zum Sprengmitteltransport und zur Durchführung der Sprengarbeit benutzt und Werkstätten nicht befahren werden,
 - dürfen nur Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten ausgeführt werden, die eine Gefährdung der Ladung ausschließen,
 - sind Feuerarbeiten verboten.
- 7.2.2 Ansammlungen losen Sprengstoffs auf den Fahrzeugen sind unverzüglich zu beseitigen. Fahrzeuge, auf denen nicht patronierte Sprengstoffe mitgeführt werden, sind an dafür geeigneter Stelle täglich wenigstens einmal von Sprengstoffresten zu reinigen.
- 7.2.3 Die Fahrzeuge nebst Zubehör sind von anhaftenden Öl- und Fettrückständen soweit wie möglich frei zu halten.

*) Als Sprengfahrzeuge gelten dabei gleislose Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die zur gleichzeitigen Beförderung von Sprengstoffen, Zündmitteln und Zündzubehör eingerichtet und auf denen Vorrichtungen zum mechanischen Laden von Sprengbohrlöchern vorhanden sind.

7.3 Handhabung der Sprengmittel

7.3.1 Jegliche Handhabung elektrischer Zünder auf den Fahrzeugen ist verboten. Dies gilt nicht für das Einlegen elektrischer Zünder in den Zündmittelbehälter und das Entnehmen. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Zünderdrähte nicht mit elektrischen Kabeln und Leitungen oder anderen elektrischen Einrichtungen des Fahrzeuges in Berührung kommen. Satz 1 findet keine Anwendung auf die mit den Fahrzeugen etwa verbundenen Arbeitsbühnen, die zum Laden der Bohrlöcher bestimmt sind.

7.4 Sonstiges

Sofern auf Grund örtlicher Verhältnisse besondere Regelungen für den Einsatz der Sprengfahrzeuge in einem Betriebsplan bestehen, sind diese hier von dem betreffenden Betrieb anzufügen.

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a) Steinkohle b) Graf Bismark c) Dortmund	21.09.63	Flüssigkeit Schachtwandung Schachtausbau	Funken	Schacht	Sachschaden	Feuerlöscher		5.59
2	a) Erz b) Meggen c) Dortmund	1963	Gasschläuche eines A-Schweiß- gerätes	glühendes Stahlstück	Bergebunker am Schacht	Sachschaden	Grubenlüfter auf max. Leistung Verdünnung der ab- ziehenden Brandgase mit Druckluft	einziehender Wetterstrom	5.59
3	a) Braunkohle b) Holzhausen c) Wiesbaden	17.02.63	Brand im alten Mann	Schleichwetter- ströme	Alter Mann		Grubenwehr	Wiederaufleben eines alten Brandherdes	5.56
4	a) Braunkohle b) Altenberg c) Wiesbaden	13.04.63	Öldampf-Luft- gemisch	elektr. Lichtbogen	Pumpenkammer		Grubenwehr	durchgehende Bewetterung der Kammer war durch zu hohen Wasserstand unterbrochen	5.56
5	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	05.06.63	Schleppkabel Hinterreifen	Überfahren des Schleppkabels	Abbau		Grubenwehr mit Trockenfeuerlöschern		5.56
6	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	08.09.63	Zimmerung	Kurzschluß in Stern-Dreieck- schaltung			Grubenwehr mußte nicht eingesetzt werden		5.56
7	a) Braunkohle b) Stallberg c) Wiesbaden	16.12.63			Verbindungsstrecke Tiefbau-Tagebau		Grubenwehr		5.56
8	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	1963	Gumischlauch- leitungen	Kriechströme in Verteilungskasten				Brandstelle lag in feuchtem Abwetterstrom einer Versatzstelle	5.57
9	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	1963	Zuleitung einer Bohrmaschine	Kurzschluß	Rolloch	kein Personen- schaden. Selbst- retter wurden ein- gesetzt	Abschalten der Stromversorgung		5.57

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	a) Kali b) Riedel c) Clausthal	08.01.63	Gummigurt	heißgelaufener Motor	Bandstrecke		Grubenwehr mit Trocken- und Schaum- feuerlöschern	Bunker war überfüllt Bandantrieb schaltete nicht ab	5.57
11	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	21.01.64			Revier West		Grubenwehr dämmte den gefährdeten Bereich ab	CO-haltige Wetter ließen auf einen verdeckten Brand schließen	5.56
12	a) Kali b) Hansa c) Clausthal	1964	Schachteinbauten		abgeworfener Fahrschacht	Sachschaden		bei Eintreffen der Grubenwehr war Brand erloschen	5.57
13	a) Kali b) Hansa c) Clausthal	1964	Papier, Pappe Verpackungsmate- rial	wahrscheinlich Zigarrettenkippe	Versatzraum	keine Schäden	Grubenwehr		5.57
14	a) Steinsalz b) Grosleben c) Clausthal	1964	Papier, Pappe	Schneidarbeiten	alter Abbau	keine Schäden	Grubenwehr mit Wasser		5.57
15	a) Steinkohle b) Carl-Alexander c) Dortmund	1965	Verzugsholz	Funken					5.59
16	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1965	Verzugsholz	Funken					5.59
17	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1965	Kohle	verschmutzter Gummigurt	Bandbelag		Luftschaumlöscher		5.59
18	a) Steinkohle b) Jacobi c) Dortmund	1965			Bandstrecke, Blind- schacht, darüber- liegende Sohle	2 Tote		durch die schnelle Ausbreitung des Brandes wurden zwei Hauer eingeschlossen	5.59
19	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	16.06.65	Streckenbrand	Streckenbruch	Hauptförderstollen				5.56

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	24.06.65	Brandgase	Verpuffung		2 Tote, 3 Schwer- verletzte		Unglück geschah bei Brandbekämpfungs- und Aufwärtigungsarbeiten von 19	5.56
21	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	1965	Verpackungsmate- rial	vermutlich Zigarettenkippe			mit feinem Salzstaub		5.57
22	a) Kali b) Siegfried-Giesen c) Clausthal	1965		vermutlich Zigarettenkippe	Material- und Gezäheraum		Grubenwehr mit Hand- feuerlöschern, Trockenlöscher, Kohlensäurelöscher und Wasser	es wurde ein generelles Rauchverbot erlassen	5.57
23	a) Steinkohle b) Sophia-Jakoba c) Dortmund	1966	Verzugsholz	Funkenflug	Brennkammer			fünf Tage später entstand an der gleichen Stelle ein weiterer Brand	5.59
24	a) Steinkohle b) Friedrich Thyssen c) Dortmund	1966	Fahrte, Holzbohlen Holzbühne	Schweißfunken Schweißperlen	Schacht		C-Rohre, Lüfter stillgesetzt		5.59
25	a) Braunkohle b) Weingrund c) Wiesbaden	06.03.66	Bandstrecke	wahrscheinlich Erdschluß	Hauptbandstrecke		Brandstelle mußte abgedämmt werden		5.56
26	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	03.08.66	Wicklung im Transformator	Windungsschluß			Grubenwehr	durch Kurzschluß kam es zu einem Strom- ausfall, auch Lüfter fiel aus	5.56
27	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	1966	Verpackungs- material	Schweißperlen	Versatzrolloch über Abbau		Grubenwehr mit Feuerlöschern und Wasser		5.57
28	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	1966	Azetylenflasche	undichte Stelle an den Armaturen		keine Personen- schäden		durch die Hitzeentwicklung kam eine Sauerstoffflasche zur Detonation	5.57
29	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	1966		Fahrdrahtanlage					5.57

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	a) Braunkohle b) Treue c) Clausthal	1966	Glimbrand	leichte Kohlenstaubverpuffung nach Sprengarbeit	Grundstrecke		Grubenwehr		5.57
31	a) Braunkohle b) Meißner c) Wiesbaden	04.03.67	Kohle	Selbstentzündung			Grubenwehr durch Abdämmen		5.56
32	a) Braunkohle b) Altenburg c) Wiesbaden	18.05.67	Kohle	Selbstentzündung			Brandstelle wurde abgedämmt		5.56
33	a) Braunkohle b) Altenberg c) Wiesbaden	22.06.67	Holzwohle Streckenausbau		Umfahrungsstrecke		Grubenwehr	zeitweilig waren fünf Bergleute durch den Brand abgeschnitten, die gesamte Belegschaft fuhr unter Verwendung der CO-Filter über den Frischwetterweg aus	5.56
34	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	10.07.67			abgeworfener Grubenbau		Grubenwehr	nach Löschen des Brandes wurde das Grubenfeld abgedämmt	5.56
35	a) Braunkohle b) Altenberg c) Wiesbaden	20.09.67	Feinkohle	herabgefallene elektrische Vorortleuchte	Abbaustrecke		Grubenwehr		5.56
36	a) Braunkohle b) Stolzenbach c) Wiesbaden	23.10.67	Streckenausbau	Fördergut festgesetzt, Antriebs-trommel lief weiter			Grubenwehr	Belegschaft fuhr komplett aus	5.56
37	a) - b) Niederrheinische Bergwerks AG c) Dortmund	28.05.67	Holz der Schacht-abdeckung	Brennarbeiten	Schacht	Sachschaden		Brand wurde durch CO-Schreiber bemerkt; Nach den Brennarbeiten wurde der Arbeitsbereich nicht kontrolliert	5.57
38	a) Steinkohle b) Sophia-Jakoba c) Dortmund	05.06.67	Gummigurt	Getriebeschaden (eine Antriebs-trommel lief nicht mit)	Abbaustrecke	Sachschaden	Handfeuerlöscher	kein offener Brand, da Gurt aus flammwidrigem Material; als Folge wurden alle Bänder mit Schlupfwächtern ausgerüstet	5.59

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39	a) - b) - c) Dortmund	1968	Gießharzmuffe	Erdschluß					5.59
40	a) - b) - c) Dortmund	1968	Gummschlauch	Erdschluß					5.59
41	a) - b) - c) Dortmund	1968	Gummschlauch	Beleuchtungswäch- ter					5.59
42	a) - b) - c) Dortmund	1968	hölzerner Streckenverzug	Leistungstrenn- schalter					5.59
43	a) - b) - c) Dortmund	1968	Leitungen, Kabel	Kurzschluß			97 Bergleute mußten die Filterselbstretter anlegen	Brand erlosch nach Ausfall der Stromver- sorgung der Grube	5.59
44	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1968	Kohlenklein	heißgelaufener Gummigurt	Grundstrecke, Abbau			Sohle war bis zum Untergurt gequollen	5.59
45	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1968	Holz, Kohlenklein	Teile des Brems- belages	Bandberg		Feuerlöscher, Wasser	Bandbremse durch häufiges Schalten heiß- gelaufen	5.59
46	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1968	Kohlenstaub	glühende Stahl- splitter der Bremscheibe	Bandberg			Bremsbeläge wurden geändert	5.59
47	a) Steinkohle b) Sophia-Jakoba c) Dortmund	1968	Decke des Gurtes Belag der Antriebs- trommel	blockiertes Band durch Schiefelauf	Gesteinsberg			kein offener Brand, da Gurt aus flamm- widrigen Material	5.59
48	a) Steinkohle b) Carl-Alexander c) Dortmund	1968	Hauptantrieb des Strebförderers	Kupplung heißge- laufen	Abbau		Handfeuerlöscher	Brand entstand, als man versuchte, die Kupplung mit Druckluft zu kühlen	5.59

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	a) Braunkohle b) Gahrenberg c) Wiesbaden	15.02.68			Kettenbahnstrecke		Grubenwehr durch Abdämmen	Bergamt wies die Grube an, eine kontrollierte Wetterführung einzurichten	5.56
50	a) Braunkohle b) Stozenbach c) Wiesbaden	21.02.68	Fördergurt	blockierter Gurt bei weiterlaufenden Antrieb					5.56
51	a) Braunkohle b) Stolzenbach c) Wiesbaden	16.07.68	Fördergurt	blockierter Gurt durch Überschüttung				Schlupfüberwachung war außer Funktion	5.56
52	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	30.06.68	Kerosin	Schweißperlen	Abteufschacht	kein Personenschaden, hoher Sachschaden	Feuerwehr mit Schwerschaum	gegen zwei Bergleute wurde ein Strafverfahren eingeleitet	5.57
53	a) Steinkohle b) Gneisenau-Schamhorst c) Dortmund	1970	Gummigurt Streckenverzug	verschmutzte Bandumkehre	Verbindungsquerschlag zwischen Gneisenau und Schamhorst		durch Abdämmen	die Werte des CO-Schreibers wurden nicht sorgfältig genug ausgewertet, sonst wäre der Brand früher entdeckt worden	5.59
54	a) Kali b) - c) Wiesbaden	11.03.70	Werkstattabfälle	Putzwolle, die bei Schweißarbeiten benutzt wurde			Grubenwehr	Brand im Abwetterstrom, Lüfter ausgefallen	5.56
55	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	21.03.70	Kohle	Selbstentzündung	unterhalb eines alten Schächtchens		Grubenwehr durch Abdämmen		5.56
56	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1971	Kohle	Selbstentzündung	Alter Mann		durch Druckausgleich Abdämmen	alle Ausrüstungsgegenstände konnten vor dem Abdämmen geraubt werden	5.59
57	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1971	Kohle	Selbstentzündung	abgedämmte alte Baue		zusätzliche Abdämmungsmaßnahmen blieben ohne Erfolg	Durch Schaffung einer Druckausgleichszone mit Lüfter und Wetterschleuse wurden die CO-Austritte vermindert	5.59

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
58	a) - b) - c) Dortmund	1971	Rollen eines Stahlseilfördergurtes	vermutlich durch Berühren des Fahrdrabtes	Rollen waren auf Förderwagen unter Fahrdrabt abgestellt		Grubenwehr		5.59
59	a) Erz b) - c) Dortmund	1971	Holzverzug	Brennarbeiten				nach Ablöschen des Brandes kam es in der nächsten Schicht zu einem Wiederaufleben	5.59
60	a) Steinsalz b) Borth c) Dortmund	1971	Putzwolle, Kunststoffteile, Hydraulikschläuche	Putzwolle entzündete sich durch Wärme der Kupplung					5.59
61	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1971	Getriebeöl	defektes Getriebe einer Blaser-satzmaschine					5.59
62	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1971	Kohlenklein	Reibung an Lüfterflügeln des Motors	Hilfsantrieb des Strebförderers				5.59
63	a) Steinkohle b) - c) Dortmund	1971	Kohlenstaub	Fahrbremse	Haspelkammer eines Blindschachtes			Bremsbelag entsprach nicht den bergbehördlichen Vorschriften	5.59
64	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	11.01.71	Feinkohle	elektrische Handleuchte	Stumelort einer Pfeilerstrecke		Wasser		5.56
65	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	04.04.71	Kohle	Vorort-Handlampe	Pfeilerstrecke		Grubenwehr mit Wasser		5.56
66	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	23.04.71	verdeckter Brand		Abbaustrecke		Zubruchwerfen der Strecke und Abdämmen		5.56
67	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	15.10.71	Kohlenstaub	Getriebe	Abbaustrecke		mit Handfeuerlöschern		5.56

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
68	a) Steinkohle b) Matthias Stinnes c) Dortmund	26.03.72	Kohlenklein Fördergurt, Holz- verzug, Holzpfel- ler	Reibung im Bereich der Übergabe - Kratzerförderer Gurtförderer	Förderstrecke eines Abbaues im Flöz Zollverein	Aufgabe des Abba- betriebes	Grubenwehr erst mit Handfeuerlöschern und C-Rohren, dann Ab- dämmen	Brand wurde durch CO-Meßgerät in der Grubenwarte entdeckt	5.59
69	a) Steinkohle b) Friedrich c) Dortmund	12.11.72	Kohlenklein, Holz Fördergurt	Reibungshitze	Abbaubetrieb als Unterwerksbau	Aufgabe des Abba- betriebes	Grubenwehr durch Ab- dämmen und Fluten	abfallende Bewetterung; Löscheversuche auf der Einziehseite ohne Erfolg, auf der Ausziehseite durch hohe Temperaturen und Rauch unmöglich	5.59
70	a) Steinkohle b) Niederberg c) Dortmund	1972	Fördergurt	Bandschief lauf			Grubenwehr mit Wasser	Band lief während des Wochenendes ohne Aufsicht; wurde durch CO-Schreiber bemerkt	5.59
71	a) Steinkohle b) Ewald c) Dortmund	1972	Fördergurt Reibungsbelag der Antriebstrammel	Bandschief lauf				kein Schlupfwächter vorhanden	5.59
72	a) Steinkohle b) Jacobi c) Dortmund	1972	Fördergurt	Bandschlupf			Wasser	Schlupfwächter war nach Reparatur nicht eingeschaltet worden	5.59
73	a) Steinkohle b) Anna c) Dortmund	1972	Schmierfett Schmieröl Kohlenstaub	Brennarbeiten	Füllort 610 m Sohle Franzschacht				5.59
74	a) Steinkohle b) Consolidation c) Dortmund	1972	Altholz Kohlenklein	Brennarbeiten	Verbindungsstrecke Schacht3-Schacht5		Wasser	einen Tag später wurde ein weiterer Brand am Füllort 6.Sohle, Schacht 3 entdeckt	5.59
75	a) Steinkohle b) Grimberg c) Dortmund	1972	Schmieröl	Heißlaufen eines Lagers					5.59
76	a) Steinkohle b) Haus Aden c) Dortmund	1972	Schmieröl Kohle	Reibung einer Kupplung an einer defekten Abdeck- haube					5.59

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
77	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	17.01.72	Kohle Holzausbau		Pfeilerstrecke		Grubenwehr mit Löschen und Fluten		5.56
78	a) - b) - c) Wiesbaden	01.09.72	PU-Schaum	ungenügende Ab- fuhr der Reak- tionswärme	Rolloch		Grubenwehr mit Handfeuerlöschern	die Lösversuche waren erfolglos. Das Feuer brannte unter Aufsicht aus.	5.56
79	a) Erz b) Meggen c) Dortmund	1973	Erz, Holz	Selbstentzündung durch markasit- haltige Partien	Restpfeiler				5.59
80	a) Steinkohle b) Sachsen c) Dortmund	1973	Kohle	Selbstentzündung	Vorrichtungsbaue im Flöt 18/19		Wasser. Abdichtung mit unbrennbaren Baustoffen	es kam im Flöz 18/19 zu 10 Bränden durch Selbstentzündung	5.59
81	a) Steinkohle b) Friedrich Thyssen c) Dortmund	01.11.73	Fördergurt, anderes brennbares Material		Abbaustrecke		Grubenwehr konnte den Gurtbrand an sich nicht löschen	Teile des Gurtes entsprachen nicht der DIN 22 103(schwer entflammbar)	5.59
82	a) Erz b) Lüderich c) Dortmund	1973	Holzpfeiler Papier	wahrscheinlich durch Rauchen	Überhauen		Grubenwehr mit Wasser		5.59
83	a) Kali b) - c) Clausthal	31.03.73	Förderband	Schweißperlen	Bandberg	Rohsalzförderband zerstört. vier Verletzte	Grubenwehr		5.57
84	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	01.04.73	Gummigurt Holzbühnen	Feuerarbeiten	Schachtnähe	vier Verletzte elektr. Anlagen und Maschinen	Grubenwehr		5.57
85	a) Steinkohle b) Sachsen	1974	Kohle	Selbstentzündung				13 Brände infolge Selbstentzündung (vgl. 80)	5.59
86	a) Braunkohle b) - c) Wiesbaden	15.10.74		Erwärmung eines Pumpenmotors			Feuerlöscher		5.56

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
87	a) Kali b) Siegfried-Gießen c) Clausthal	1974	Wicklung eines 5 kW-Motors	schadhafter Ruhestromauslöser			Feuerlöscher		5.57
88	a) Steinkohle b) Haus Aden c) Dortmund	1975	Kohle	Selbstentzündung durch Schleichwetter	Abbau		mit Chlorkalziumlösung und Paste abgepreßt und gelöscht		5.59
89	a) Steinkohle b) Osterfeld c) Dortmund	Dez. 1974 (1975 erw)	Kohle	Selbstentzündung	Abbaustrecke		Stickstoff	flüssig angelieferter Stickstoff wurde über Tage verdampft und durch Leitungen nach unter Tage geführt	5.59
90	a) Steinkohle b) Schlegel u. Eiser c) Dortmund	Apr. 1975	Kohle	Selbstentzündung	abgeworfener Abbaubetrieb		Abdämmen ohne Erfolg Stickstoff		5.59
91	a) Steinkohle b) Radbach c) Dortmund	12.10.75	Kohle	Selbstentzündung	Abbau		Stickstoffaufgabe bis Ende des Jahres; Umkehren der Wetterführung	Brand wurde durch CO-Schreiber festgestellt	5.59
92	a) Steinkohle b) Rheinland c) Dortmund	1975	Kohle	Selbstentzündung durch Abbindewärme von Zement	Aufhauen		Nachdichten der Abschlusdämme des Aufhauens und verpressen	Aufhauen war mit Kohle-Zementgemisch verfüllt worden	5.59
93	a) Steinkohle b) Löhberg c) Dortmund	1975	Pfeilerholz	Funkenflug nach Berührung von Metallteilen mit dem Fahrdrabt	Fahrdrabtahnstrecke			zwei Brände innerhalb von drei Tagen	5.59
94	a) Steinkohle b) Zollverein c) Dortmund	1975	Holz	Schweißarbeiten	Schacht		Grubenwehr	Brand wurde durch CO-Schreiber entdeckt	5.59
95	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	11.06.75	Betriebsabfälle	vermutlich Zigarettenkippe			Grubenwehr mit Wasser und Trockenlöschern		5.56

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
96	a) Braunkohle b) Stolzenbach c) Wiesbaden	1975	Elektromotor	vermutlich Windungsschluß im Rotor des Schleifringläufemotors	Hauptpumpenkammer		Grubenwehr		5.56
97	a) Braunkohle b) Stolzenbach c) Wiesbaden	1975	Elektromotor	Überhitzung, da Lüfter defekt	Abbau		Grubenwehr mit Wasser		5.56
98	a) Steinkohle b) Friedrich Thyssen c) Dortmund	03.05.76	Hochspannungsschalter. Ständerwicklung	Versagen des Motorschalters			Grubenwehr	Benutzung von Atemschutzgeräten war erforderlich	5.59
99	a) Steinkohle b) Erin c) Dortmund	07.01.76	Kohle	Selbstentzündung	Anlaufaufhauen	Strebausrüstung mußte aufgegeben werden	Grubenwehr mit Einpressen von Wasser und Luftschaum ohne Erfolg. Abdichtung mit Harnstoff-Formaldehyd-Schaum ebenso. Stickstoffaufgabe bedingt erfolgreich.		5.59
100	a) Steinkohle b) Lohberg c) Dortmund	15.07.76	Kohle	Selbstentzündung	Alter Mann		Stickstoff	Strebausrüstung konnte geraubt werden	5.59
101	a) Steinkohle b) Auguste-Viktoria c) Dortmund	19.10.76	Holzausbau		Strebmundloch eines abgeworfenen Strebes		Abdämmen. Einleiten von Stickstoff	Stickstoffzufuhr konnte am 15.11.76 eingestellt werden.	5.59
102	a) Kali b) - c) Clausthal	1976	Gummschlauchleitung	vermutlich durch schadhafte Isolierung			Brand erlosch von		5.57
103	a) Steinkohle b) Consolidation c) Dortmund	18.10.76	Kohle, Holzpfleiler	Selbstentzündung	Alter Mann	1 Verletzter	Grubenwehr mit Abdämmen und Stickstoff	auf der Frischwetterseite wurde ein Zusatzlüfter eingesetzt. Infolge von Methan-Abflamungen kam es zu einem kurzfristigen Wetterstillstand.	5.59

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
104	a) Steinkohle b) Hugo c) Dortmund	25.12.76	Blindschacht Holzpfleiler Gummigurt		Blindschacht Teilstort		Grubenwehr durch Abdämmen und Stickstoff	Alarmauslösung durch Grubenwarte infolge hohen Wasserverbrauchs und CO-Schreiber (im abgedämmten Brandfeld kam es zu Explosionen)	5.59
105	a) Steinkohle b) Radbach c) Dortmund	1977	Kohle		Gurttörderstrecke	1 Verletzter		der Verletzte wollte den Brand von der Abwetterseite her ohne Filterselbstretter löschen.	5.59
106	a) Steinkohle b) Radbach c) Dortmund	20.01.77	Kunststoffisolierungen		Stellwerksraum		mit Pulverlöschern		5.59
107	a) Steinkohle b) Ibbenbüren c) Dortmund	19.01.77	Holzeinstrich, Bohlenabdeckungen, Isolierungen	Brenn- und Schweißarbeiten	Schacht		Feuerlöscher		5.59
108	a) Steinkohle b) Zollverein c) Dortmund	29.06.77	Isolierungen, Abdeckungen	defekter Koppelschalter					5.59
109	a) Steinkohle b) Consolidation c) Dortmund	17.08.77	Kohlenstaub, Keilriemen	defektes Lüfterlager an einer Entstaubungsanlage	Schachtbereich				5.59
410	a) Steinkohle b) Walsum c) Dortmund	21.11.77	Öl, Isolierungen, Gurttörderer	Lagerschaden an einem Schraubenverdichter			mit BuT-Feuerlöschern		5.59
111	a) Erz b) Sachtleben c) Dortmund	27.09.77	Papier, Abfälle	wahrscheinlich offenes Feuer und Rauchen	Querschlag				5.59
112	a) Steinkohle b) Ewald c) Dortmund	04.10.77	Kohlenstaub, Isolierungen		Schacht		mit Schachtbrause, C-Rohr, Sprühstrahlrohr		5.59

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
113	a) Steinkohle b) Schlegel und Eisen c) Dortmund	27.10.77	Fördergurt, Holzpfleiler, Holzverbolzung, Kohlenstaub, Holzschellen	Glimmbrand	Förderberg	7 Tote	Abdämmen und Stickstoff	20 m ³ /min CH ₄ im Wetterstrom, Lüfter wurden zurückgefahren, deshalb mußten wichtige Kennwerte zeitaufwendig neu ermittelt werden. Fördergurt erwies sich bei anschließender Prüfung als nicht flammwidrig.	5.59
114	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	31.10.77	Keilriemen	Brechwalze kam zum Stillstand Motor lief weiter	Bunkeranlage		Handfeuerlöscher G12		5.57
115	a) Erz b) Rammelsberg c) Clausthal	12.04.77	Holzausbau	Schweißarbeiten	Abbau		Grubenwehr		5.57
116	a) Steinkohle b) Heinrich Robert c) Dortmund	1978	Kunststoffmaterial	Schweißarbeiten	Schacht		BuT Pulverlöscher		5.59
117	a) Steinkohle b) Königsborn c) Dortmund	14.03.78	Schraubenverdichter	Lagerschaden			BuT Feuerlöscher		5.59
118	a) Steinkohle b) Hugo c) Dortmund	28.04.78	Gertriebeöl	Lagerschaden			BuT Feuerlöscher		5.59
119	a) Steinkohle b) Unser Fritz c) Dortmund	03.05.78	Hochdruckkolbenpumpe	Lagerschaden			BuT Feuerlöscher		5.59
120	a) Steinkohle b) Hugo c) Dortmund	21.09.78	Streckenfirste	wahrscheinlich Zünden einer Gasansammlung beim Rauben	ehemalige Abbaustrecke		BuT Pulverlöscher		5.59
121	a) Steinkohle b) Hugo c) Dortmund	08.12.78	Holzpfleiler	wahrscheinlich Selbstentzündung	Raubstrecke		Wasser, Preßschaum Abdämmen		5.59

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
122	a) - b) Asse c) Clausthal	20.02.78	Isoschaum	Brennarbeiten	Schacht		Grubenwehr mit Lauge		5.57
123	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	15.02.78	mit Öl- und Fett- rückständen behaftetes Alt- material		ehemaliger Abbau		Grubenwehr mit Abdämmen und Fluten		5.56
124	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	31.08.78	Kohle	Selbstentzündung	Materialstollen		Stöße und Firste wurden mit Holz vertäfelt, die Hohlräume ausgestoift und die Kohle mit Dämmen abgedrückt.		5.56
125	a) Kali b) Neuhof-Ellers c) Wiesbaden	01.09.78	Altreifen	vermutlich Brandstiftung	abgeworfener Abbau		Grubenwehr mit Feuerlöschern, Löschschaum und Lauge	einsetzender Firstfall erschwerte die Löscharbeiten	5.56
126	a) Steinkohle b) Münster Achenbach c) Dortmund	11.11.79	Kabelmuffe Teile des Strecken- ausbaues	mangelhafte Muffenisolierung			tragbare BuT Pulverlöcher		5.59
127	a) Steinkohle b) Consolidation c) Dortmund	17.10.79	Kohlenstaub		Hauptbunker am Schacht 3		Wasser		5.59
128	a) Steinkohle b) Minister Achenbach c) Dortmund	14.04.79	Kohle	Selbstentzündung			Abdämmen	nach Schließen der Branddämme kam es im Brandfeld zu einer Brandgasexplosion	5.59
129	a) Kali b) Salzdettfurth c) Clausthal	März 1979	Gummigurt	wahrscheinlich durch heißgelau- fene Unterbandrolle	550 m - Schle		Pulverlöcher	Schiefelaufwächter hatte das Band abgeschaltet	5.57

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
130	a) Kali b) Hettorf c) Wiesbaden	02.10.79	Wicklungsisolierung	schadhafte Verbindung innerhalb der Niederspannungswicklung eines Transformators			Feuerlöscher		5.56
131	a) Steinkohle b) Radbach c) Dortmund	03.12.80	Gemisch aus Hydrauliköl und Kohle, Schläuche (E-Lokomotive)	Schwingelemente des Widerstandsgehäuses defekt, dadurch wurde eine Anschlußleitung beschädigt			Pulverlöscher Wasser		5.59
132	a) Steinkohle b) Sophia-Jakoba c) Dortmund	12.09.80	Schmieröl, Ölkohle Kunststoffschläuche, Kunststofflutte	Kolbenverdichter durch Ölmangel heißgelaufen			Brand verlöschte nach Abschalten des Motorsteuergerätes	Temperaturwächter sprachen an, schalteten den Antrieb aber nicht ab.	5.59
133	a) Steinkohle b) Osterfeld c) Dortmund	09.04.80	Schalldämpferteile	Metallschutzgitter war mit Flügelrad des Lüfters in Berührung gekommen			nach Abschalten des Lüfters verlöschte der Brand		5.59
134	a) Braunkohle b) Hirschberg c) Wiesbaden	11.09.80	Kohle	Selbstentzündung	Friedrichstollen		Abdämmen		5.56
135	a) Erz b) Meppen c) Dortmund	Juni '81	Erz	Selbstentzündung	aufgegebener Abbau		Grubenwehr durch Abdämmen mit Spritzbeton	SO ₂ -haltige Brandschwaden wurden gezielt abgesaugt und dem Ausziehstrom über Lutten beigemischt	5.59
136	a) Erz b) Meppen c) Dortmund	01.12.81	Filtersack eines Absauggerätes	brennende Pyritteilchen			Außerbetriebnahme und Ablöschen des Absauggerätes mit Wasser	drei Bergleute benutzten den Filtersack als Selbstretter	5.59
137	a) Steinkohle b) Minister Achenbach c) Dortmund	10.11.81	Schalholz		Raubbetrieb		Grubenwehr mit Wasser		5.59

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Brandgegenstand	Brandursache	örtliche Gegebenheiten	Brandauswirkungen	Löschangriff	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
138	a) Steinkohle b) Gneisenau c) Dortmund	01.06.81	offenes Feuer im Streb	falsche Verarbeitung von Polyuretharharzen (Selbstentzündung von Kohlenestern)	Abbau	der gesamte Abbaubereich(auch Ausrüstung) mußte aufgegeben werden	Grubenwehr durch Abdämmen und Stickstoff		5.59
139	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	Jan.1981	Glimm- und Schwelbrand	Schneid- und Brennarbeiten	Versatzbunker		Grubenwehr		5.57
140	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	27.01.81	Gurmgürt				Grubenwehr		5.56
141	a) Kali b) Wintershall c) Wiesbaden	19.03.81	Kupplung	Lagerschaden			Feuerlöscher Pk 10		5.56
142	a) Braunkohle b) Stolzenbach c) Wiesbaden	10.12.81	Wicklung	Pumpenschaden	Hauptsumpf		Grubenwehr		5.56

Beispielrechnung eines Fahrzeugbrandes

1. Aufgabenstellung

In einer Strecke mit der Länge $l = 100 \text{ m}$, der Sohlenbreite $b = 5 \text{ m}$ und einer Höhe $h = 3 \text{ m}$ leckt der Kraftstoffbehälter eines Fahrladers. Der Lader besitzt eine 4-m^3 -Schaufel, einen 350-l -Kraftstofftank sowie $18.00 - 25$ Reifen, z. B. EIMCO 915C LHD oder GHH LF-7.3. Nach einem Kurzschluß in der elektrischen Anlage fängt die Kraftstofffläche Feuer. Die Wettertemperatur vor dem Brandausbruch t_0 betrage 30°C . Die Wettergeschwindigkeit sei 1 m/s entsprechend einem Wetterstrom $\dot{V}_{\text{Wetter}} = 54000 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Gebirgstemperatur betrage 30°C .

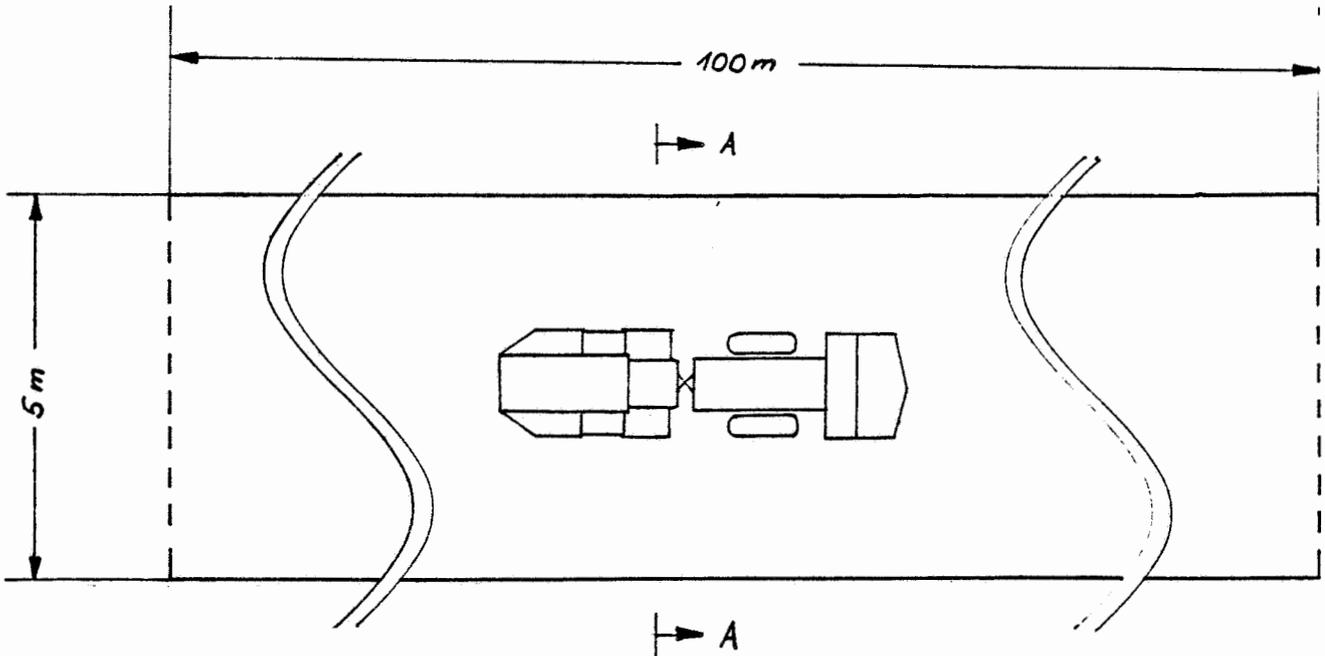


Abb. 6.2 - 1 Streckengrundriß bei dem unterstellten Fahrzeugbrand

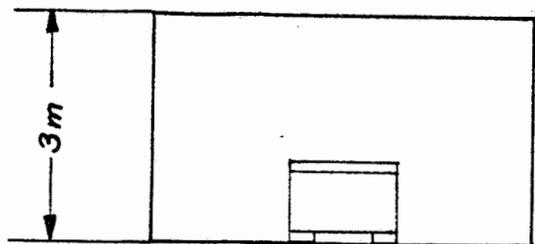


Abb. 6.2 - 2 Position des LHD-Fahrzeuges in der Strecke
Schnitt A - A

2. Berechnungsgrundlagen2.1 Brandparameter

Der Abbrandmassenstrom \dot{m}_{Br} berechnet sich nach BASCHKIRZEW zu ^{*)}:

$$\dot{m}_{Br} = v_{ab} \cdot A_{Br} \quad (1)$$

mit

v_{ab} = spezifische Abbrandgeschwindigkeit

A_{Br} = brennbare Oberfläche

Unter spezifischer Abbrandgeschwindigkeit versteht man die Menge brennbaren Stoffes, die auf einer bestimmten Fläche in der Zeiteinheit unter Berücksichtigung der Brandtemperatur, des Feuchtigkeitsgehalts des brennbaren Stoffes, der zur Verbrennung vorhandenen Luftmenge usw. vollständig verbrennt.

Die tabellarische Abbrandgeschwindigkeit wird experimentell ermittelt.

Aus der tabellarischen Abbrandgeschwindigkeit v_{abTab} wird die reale Abbrandgeschwindigkeit v_{ab} berechnet:

$$v_{ab} = 6,25 \cdot n_{\ddot{o}} \cdot v_{abTab} \quad (2)$$

mit

$n_{\ddot{o}}$ = Öffnungsverhältnis

6,25 = Korrekturfaktor

Das Öffnungsverhältnis $n_{\ddot{o}}$ wird als das Verhältnis der Summe aller Flächen der im Brandraum vorhandenen Öffnungen zur Grundfläche des Brandraumes bezeichnet.

Für einen großen Teil der zu berechnenden Räume beträgt das Öffnungsverhältnis $n_{\ddot{o}} = 0,16$ (6.149, S.95 f).

Die mittlere Abbrandgeschwindigkeit v_{abm} für den Fall, daß Stoffe mit unterschiedlicher Abbrandgeschwindigkeit brennen, ergibt sich zu:

$$v_{abm} = \frac{m_1 \cdot v_{ab1} + m_2 \cdot v_{ab2} + \dots + m_n \cdot v_{abn}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3)$$

*) Soweit nicht anders vermerkt, bezieht sich der folgende Rechengang auf XXXXXXXXXX (6.10, S. 102 ff).

Die spezifische Abbrandgeschwindigkeit wird im Laufe eines Brandes schwanken, da die Oberfläche des Brennstoffs und der verfügbare Sauerstoff (Wetterstrom) in den meisten Fällen nicht konstant sein wird (6.24, S. 254; 6.103, S. 19ff).

Die Brandbelastung berechnet sich nach einem Vorschlag von [REDACTED] (6.24, S. 253):

$$B_{\text{Both}} = \sum (m_{\text{Br, spez.}} \cdot H_u) \quad (4)$$

mit

$m_{\text{Br, spez}}$ = je m Grubenbau vorhandene Brennstoffmasse

H_u = Brennwert

Bei einem realen Brand wird nur ein Teil des Brennstoffs zu CO_2 verbrennen und ein weiterer nur zu CO . Nach einem Vorschlag von [REDACTED] kann der Anteil an unverbrannten oder unvollständig verbrannten Brennstoffbestandteilen wie folgt berücksichtigt werden (6.218, S.12):

$$B_{\text{Wess}} = \sum (k \cdot m_{\text{Br}} \cdot H_u) \quad (5)$$

mit

k = Koeffizient der nicht verbrannten Anteile

m_{Br} = Brennstoffmasse

Die maximale Brenndauer τ_{max} unter der Voraussetzung einer konstanten spezifischen Abbrandgeschwindigkeit berechnet sich zu:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{m_{\text{Br}}}{v_{\text{ab}} \cdot A_{\text{Br}}} \quad (6)$$

oder durch Einsetzen von (1):

$$\tau_{\text{max}} = \frac{m_{\text{Br}}}{\dot{m}_{\text{Br}}} \quad (7)$$

2.2 Wärmeübergang

Die Oberfläche des Wärmeübergangs A berechnet sich als die Summe der Oberflächen des Brandraums A_i :

$$A = \sum A_i \quad (8)$$

Für den konvektiven Wärmeübergang muß eine charakteristische Abmessung l_k gefunden werden.

Für Rechteckstrecken gilt:

$$l_k = \sqrt{b \cdot h} \quad (9)$$

mit

b = Streckenbreite

h = Streckenhöhe

Für Ringausbau ("Rohre") kann der Durchmesser der Strecke als kennzeichnende Größe angenommen werden (6.225, S. 353).

Für die folgenden Betrachtungen wird angenommen, daß die spezifische Abbrandgeschwindigkeit bis zum Zeitpunkt τ_0 konstant bleibt.

Die Temperatur t_F an der Oberfläche (Firste) des Brandraumes zum Zeitpunkt τ_0 berechnet sich wie folgt (vgl. 6.149, S. 106):

$$t_F = 0,2 \cdot (t_{\tau_0} - t_0) + 0,00065 \cdot (t_{\tau_0} - t_0)^2 + t_0 \quad (10)$$

mit

t_0 = mittlere Raumtemperatur vor Brandausbruch

t_{τ_0} = mittlere Raumtemperatur τ_0 Minuten nach Brandausbruch

Für die Ermittlung der Wärmeübergangszahl α schlägt WINTER folgenden Rechengang vor (6.225, S. 352):

- a) Ermittlung der Re- und Pr-Zahl mittels Nomogrammen
- b) Nachprüfung, ob die Kenngrößen in den Gültigkeitsbereich fallen

c) Nomographische Ermittlung der Nu-Zahl

d) Berechnung von α nach

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{l_k} \quad (11)$$

mit

Re = Reynolds-Zahl

Pr = Prandtl-Zahl (siehe 6.225, S. 353)

Nu = Nusselt-Zahl

λ = Wärmeleitfähigkeit

l_k = kennzeichnende Größe des Wärmeübergangs

Zur abschätzenden Berechnung der Wärmeübergangszahl geben

und andere Autoren Näherungsgleichungen an.

2.3 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit λ wird durch den Wärmestrom \dot{Q} definiert, der stündlich durch einen Körper von gleichmäßigem Querschnitt A bei einem Abstand der betrachteten Querschnittflächen d und einem Temperaturunterschied Δt hindurchgeht (6.225, S. 342 f.):

$$\lambda = \frac{\dot{Q} \cdot d}{A \cdot \Delta t} \quad (12)$$

Im praktischen Gebrauch wird λ für die mittlere Temperatur t_m aus Tabellen entnommen:

$$t_m = \frac{t_{r_0} + t_F}{2} \quad (13)$$

2.4 Nusselt-Zahl

Die Nusselt-Zahl Nu wird berechnet nach:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l_k}{\lambda} \quad (14)$$

2.5 Luft- und Rauchgasvolumen

Der Luftaustausch erhöht sich bei einer Raumtemperatur t_{r_0} in der Zeiteinheit n mal:

$$n = 2,4 - 5,67 \cdot (t_{r_0} - t_G) \cdot 10^{-4} \quad (15)$$

mit

t_G = Außentemperatur, Gebirgstemperatur

Der Luftvolumenstrom \dot{V}_L beträgt dann:

$$\dot{V}_L = \dot{V}_W + n \cdot V_{\text{Raum}} \cdot \frac{\rho_{Rt_{r_0}}}{\rho_{Rt_0}} \quad (16)$$

mit

\dot{V}_W = normaler Luftvolumenstrom, Wetterdurchsatz

V_{Raum} = Brandraumvolumen

$\rho_{Rt_{r_0}}$ = Dichte der Rauchgase bei t_{r_0}

ρ_{Rt_0} = Dichte der Rauchgase bei t_0

Das vorhandene Luftvolumen V_{Wirk} bezogen auf die Masseneinheit Brennstoff errechnet sich aus:

$$V_{\text{Wirk}} = \frac{\dot{V}_L}{\dot{m}_{\text{Br}}} \quad (17)$$

Die Luftüberschusszahl λ_{Luft} berechnet sich aus:

$$\lambda_{\text{Luft}} = \frac{V_{\text{Wirk}}}{L_{\text{min}}} \quad (18)$$

mit

L_{min} = spezifischer Mindestluftbedarf

Das Volumen der Verbrennungsprodukte V_{Rauch} wird unter Berücksichtigung der Luftüberschusszahl berechnet:

$$V_{\text{Rauch}} = V_{\text{Rmin}} + L_{\text{min}} \cdot (\lambda_{\text{Luft}} - 1) \quad (19)$$

mit

V_{Rmin} = Mindestrauchvolumen

2.6 Mittlere Raumtemperatur

die adiabatische Verbrennungstemperatur T_a findet man nach der Beziehung (vgl. 6.225, S. 297 ff):

$$T_a = \frac{k \cdot H_u}{V_{\text{Rauch}} \cdot c_p} + 273 \quad (20)$$

mit

k = Faktor für die Vollständigkeit der Verbrennung
(nach WESSELOW: $k = 0,75 \dots 0,99$) (6.218, S.12)

H_u = Brennwert

c_p = spezifische Wärmekapazität

Der Schwärzegrad ϵ gibt an, wieviel ein bestrahlter Körper von der Gesamtstrahlung absorbiert. Er wird berechnet nach:

$$\epsilon = \frac{1}{1 + 2,2 \cdot \tau_0 \cdot 10^{-3}} \quad (21)$$

Die mittlere Raumtemperatur nach τ_0 Minuten berechnet sich zu:

$$\tau_{0,m} = \Theta \cdot T_a \quad (22)$$

mit der mittleren dimensionslosen Raumtemperatur:

$$\Theta = \frac{0,7 \cdot Bo^{0,17}}{Nu^{0,01}} \quad (23)$$

und der Boltzmann-Zahl Bo :

$$Bo = \frac{k \cdot \dot{m}_{\text{Br}} \cdot V_{\text{Rauch}} \cdot c_p}{c_S \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon \cdot A \cdot T_a^3} \quad (24)$$

dabei ist die Strahlungskonstante des schwarzen Körpers c_S :

$$c_S = 20,8 \text{ kJ m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{K}^{-4}$$

2.7 Abschätzung der Temperatur zu einem beliebigen Zeitpunkt in beliebiger Entfernung vom Brandherd

Die Temperatur T_{τ} nach τ Minuten beträgt:

$$T_{\tau} = T_{\tau_{0,m}} \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^{0,001 \cdot \dot{m}_{Br}} \quad (25)$$

Die Temperatur $T_{\tau_{xy}}$ in x m Entfernung vom Brandherd und y m Höhe beträgt nach τ Minuten:

$$T_{\tau_{xy}} = T_{\tau} \cdot \left(0,8 + 0,2 \frac{y}{y_0} \right) \cdot \left(1,33 - \frac{x}{x_0 + 2x} \right) \quad (26)$$

mit

y_0 = halbe Höhe des Brandraumes

x_0 = halbe Entfernung des Brandherdes von der Brandraumbegrenzung

Nach [REDACTED] errechnet sich $T_{\tau_{xy}}$ in erster Näherung wie folgt (6.24, 6.77, 6.187):

$$T_{\tau_{xy}} = T_G + (T_{\tau} - T_G) e^{-s \cdot x} \quad (27)$$

mit dem Abklingkoeffizienten s : (27)

$$s = \frac{\alpha \cdot U}{\dot{m}_{Wetter} \cdot c_p} \quad (28)$$

mit

\dot{m}_{Wetter} = Massenstrom der Brandwetter

U = Streckenumfang

[REDACTED] führen dazu aus (6.77, S. 65):

...infolge der zeitweiligen Wechselwirkung kann i. a. nicht mit einem ... konstanten Faktor s gerechnet werden... Die Temperaturen ...werden ... schnell steigen... Dabei wird ... s ... von 1 ... bis 0,015 fallen.

3. Berechnung des angenommenen Fahrzeugbrandes3.1 Brandparameter

Es wird angenommen, der ausgelaufene Dieselkraftstoff bedeckt in etwa die Fahrzeuggrundfläche:

$$\begin{aligned} A_{\text{Diesel}} &= 9 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ m}^2 \\ A_{\text{Reifen}} &= 4 \cdot 6 = 24 \text{ m}^2 \\ A_{\text{Br}} &= 46,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{Diesel}} &= 350 \text{ l} \cdot 0,85 \text{ kg/l} = 297,5 \text{ kg} \\ m_{\text{Reifen}} &= 4 \text{ Reifen} \cdot 350 \text{ kg} = 1.400 \text{ kg} \\ m_{\text{Br}} &= 1.697,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aus Tabelle 1 erhält man die physikalischen Parameter der Brennstoffe:

$$\begin{aligned} H_{\text{u Diesel}} &= 42.500 \text{ kJ/kg} \\ H_{\text{u Reifen}} &= 42.000 \text{ kJ/kg} \\ H_{\text{u}} &= (H_{\text{u Diesel}} \cdot m_{\text{Diesel}} + H_{\text{u Reifen}} \cdot m_{\text{Reifen}}) / m_{\text{Br}} \\ H_{\text{u}} &= 42.090 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{min Diesel}} &= 10,63 \text{ m}^3/\text{kg} \\ L_{\text{min Reifen}} &= 10,63 \text{ m}^3/\text{kg} \\ L_{\text{min}} &= 10,63 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{R Diesel}} &= 11,27 \text{ m}^3/\text{kg} \\ V_{\text{R Reifen}} &= 10,58 \text{ m}^3/\text{kg} \\ V_{\text{R}} &= 10,70 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{abTab Diesel}} &= 150 \text{ kg/m}^2\text{h} \\ v_{\text{abTab Reifen}} &= 40 \text{ kg/m}^2\text{h} \\ v_{\text{abTab}} &= 60 \text{ kg/m}^2\text{h} \end{aligned}$$

Berechnung der realen Abbrandgeschwindigkeit nach (2):

$$v_{\text{ab}} = 6,25 \cdot 0,16 \cdot 60 = 60 \text{ kg/m}^2\text{h}$$

Brennstoff	Heizwert H_u <kJ/kg>	Mindest- luftbedarf L_{min} <m ³ /kg>	Rauchgas- volumen V_R <m ³ /kg>	Abbrand- geschw. v_{abTab} <kg/m ² h>	Verbrenn.- faktor k <->
Dieselmotoren	42500	10.63	11.27	150	0.9
Reifen	42000	10.63	10.58	40	0.75...0.9
Gurtband nach DIN 22118	25000	6.53	6.98	32	0.75...0.9
DIN 22103	33000	8.46	8.66	32	0.75...0.9
Elektr. Kabel Kunststoffe	29000	7.50	7.81	20	0.75
Grubenholz	17500	4.72	5.37	54	0.9

Tab.6.2- 1: Brennstoffparameter

Quellen: Baschkirzew, Both, Hamilton, Wesselow

Berechnung des Abbrandmassenstromes nach (1):

$$\begin{aligned}\dot{m}_{Br} &= 60 \cdot 46,5 \\ \dot{m}_{Br} &= 2.790 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

Berechnung der maximalen Branddauer nach (7):

$$\begin{aligned}\tau_{\max} &= 1.697,5/2.790 \\ \tau_{\max} &= 0,6 \text{ h}\end{aligned}$$

3.2 Wärmeübergang

Oberfläche des Wärmeübergangs nach (8):

$$\begin{aligned}A &= A_{\text{Sohle}} + A_{\text{Firste}} + A_{\text{Stöße}} \\ A &= 100 \cdot 5 + 100 \cdot 5 + 2 \cdot (3 \cdot 100) \\ A &= 1.600 \text{ m}^2\end{aligned}$$

lineare Größe nach (9):

$$\begin{aligned}l_k &= \sqrt{3 \cdot 5} \\ l_k &= 3,87 \text{ m}\end{aligned}$$

im weiteren muß iterativ gerechnet werden, bis die Annahme der mittleren Raumtemperatur t_{r_0} mit der berechneten mittleren Raumtemperatur $T_{r_0,m}$ (im Abschnitt 3.6) ausreichend übereinstimmt.

Die mittlere Raumtemperatur t_{r_0} wird mit 420 °C angenommen.

Berechnung der Temperatur an der Firste t_F nach (10):

$$\begin{aligned}t_F &= 0,2 \cdot (420 - 30) + 0,00065 \cdot (420 - 30)^2 + 30 \\ t_F &= 207 \text{ °C}\end{aligned}$$

Wärmeübergangszahl α nach KAPPELMEYER (6.104):

$$\begin{aligned}\alpha &= 8,2 + 29,4 \cdot v_{\text{Wetter}} \\ \alpha &= 8,2 + 29,4 \cdot 1 \\ \alpha &= 37,6 \text{ kJ/m}^2\text{hK} \\ \alpha &= 10,4 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

3.3 WärmeleitfähigkeitMittlere Temperatur t_m nach (13):

$$t_m = \frac{420 + 207}{2}$$

$$t_m = 314 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bestimmung von λ aus Tabelle 2:

$$\lambda = 4.95 \cdot 10^{-2} \text{ W/mK}$$

Temperatur $^\circ\text{C}$	Wärmeleitfähigkeit 10^{-2} W/mK	Dichte kg/m^3
0	2,28	1,295
100	3,12	0,950
200	4,00	0,748
300	4,83	0,617
400	5,68	0,525
500	6,54	0,457
600	7,40	0,405
700	8,25	0,363
800	9,13	0,330
900	9,98	0,301
1.000	10,90	0,275
1.100	11,75	0,257
1.200	12,62	0,240

Tab. 6.2-2: Rauchgasparameter;
Zusammensetzung der Rauchgase:
13 % CO_2 , 11 % H_2O , 76 % N_2
Quelle: BASCHKIRZEW

3.4 Nusselt-Zahl

Berechnung der Nusselt-Zahl nach (14):

$$\text{Nu} = \frac{10,4 \cdot 3,87}{4,95 \cdot 10^{-2}}$$

$$\text{Nu} = 813$$

3.5 Luft- und Rauchgasvolumen

Erhöhung des Wetterstroms je Stunde nach (15):

$$n = 2,4 - 5,67 \cdot (420 - 30) \cdot 10^{-4}$$

$$\underline{n = 2,18 \text{ 1/h}}$$

Wetterstrom zum Zeitpunkt τ_0 nach (16):

$$\dot{V}_L = 54.000 + 2,18 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \frac{0,511}{1,19}$$

$$\underline{\dot{V}_L = 55.400 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Die Dichte der Rauchgase bei den entsprechenden Temperaturen findet man durch Interpolation aus Tabelle 2.

Spezifischer Luftvorrat nach (17):

$$V_{\text{Wirk}} = 55.400 / 2.790$$

$$\underline{V_{\text{Wirk}} = 19,86 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

Luftüberschußzahl nach (18):

$$\lambda_{\text{Luft}} = 19,86 / 10,63$$

$$\underline{\lambda_{\text{Luft}} = 1,87}$$

Rauchgasvolumen nach (19):

$$V_{\text{Rauch}} = 10,7 + 10,63 \cdot (1,87 - 1)$$

$$\underline{V_{\text{Rauch}} = 19,95 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

3.6. Berechnung der mittleren Raumtemperatur

Berechnung der adiabatischen Verbrennungstemperatur nach (20):

$$T_a = \frac{k \cdot H_u}{V_{\text{Rauch}} \cdot c_p}$$

Der Koeffizient für die unverbrannten Anteile wird mit 0,9 angenommen (vgl. 6.218, S. 12 ff).

$$T_a = \frac{0,9 \cdot 42.090}{19,95 \cdot 1,48} + 273$$

$$T_a = 1.556 \text{ K}$$

Die spezifische Wärmekapazität c_p von 1,48 kJ/m³K findet man aus Abbildung 3. Dazu wird iterativ ein T_a gewählt, bis der berechnete Wert ausreichend mit dem gewählten übereinstimmt.

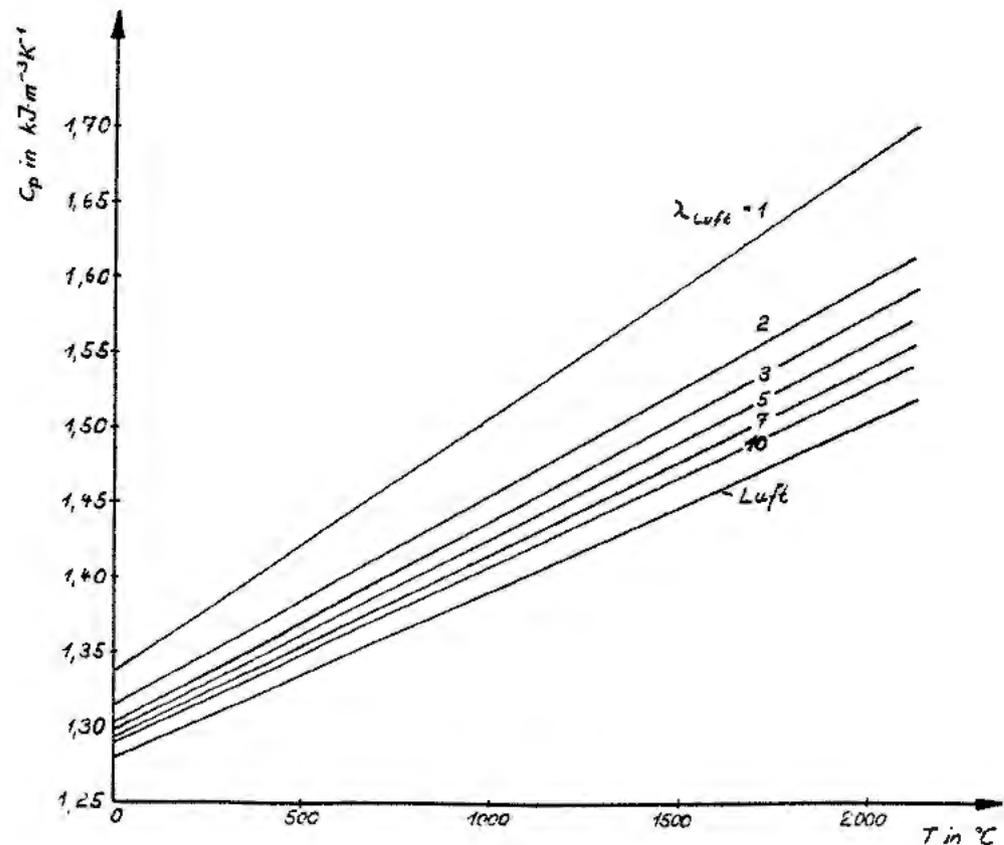


Abb. 6.2-3: Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität der Verbrennungsprodukte von der Temperatur und der Luftüberschußzahl (nach [redacted])

Schwärzegrad nach (21):

$$\mathcal{E} = \frac{1}{1 + 2,2 \cdot 420 \cdot 10^{-3}}$$

$$\underline{\mathcal{E} = 0,520}$$

Boltzmann-Zahl nach (24):

$$Bo = \frac{0,9 \cdot 2.790 \cdot 19,95 \cdot 1,48}{20,8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,52 \cdot 1.600 \cdot 1.556^3}$$

$$\underline{Bo = 0,114}$$

Dimensionslose mittlere Raumtemperatur nach (23):

$$\Theta = \frac{0,7 \cdot 0,114^{0,17}}{813^{0,01}}$$

$$\underline{\Theta = 0,453}$$

Berechnen der mittleren Raumtemperatur nach (22):

$$T_{\tau_{0,m}} = 0,453 \cdot 1.556$$

$$T_{\tau_{0,m}} = 705 \text{ K}$$

$$t_{\tau_0} = 705 - 273$$

$$\underline{t_{\tau_0} = 432 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

3.7 Räumlicher und zeitlicher Temperaturverlauf

$$y_0 = 3/2 = 1,5 \text{ m}$$

$$\underline{y_0 = 1,5 \text{ m}}$$

$$x_0 = (100 - 9)/4$$

$$\underline{x_0 = 22,75 \text{ m}}$$

Der Zeitpunkt τ_0 wird auf $2/3\tau_{\max}$ geschätzt:

$$\tau_0 = \frac{2}{3} \cdot 0,6$$

$$\tau_0 = 0,4 \text{ h}$$

$$\underline{\tau_0 = 24 \text{ min}}$$

Einige Werte für eine Höhe $y = 1,5 \text{ m}$ über dem Brandherd sind in Tabelle 6.2-3 zusammengestellt. Die graphische Auswertung von Tabelle 6.2-3 ist in Abb. 6.6 dargestellt.

$x < m >$ \ t	0.1	0.5	1	3	5	10	15	20	25	min
0	675	743	775	828	853	890	912	927	940	K
1	654	721	751	803	828	863	884	899	911	K
2	637	702	731	781	805	840	860	875	887	K
5	597	658	686	733	755	788	807	821	832	K
10	556	613	639	682	703	733	751	764	775	K
20	513	565	589	629	649	676	693	705	715	K
30	491	541	564	602	621	647	663	675	684	K
40	477	526	548	585	604	629	645	656	665	K
50	468	516	538	574	592	617	632	643	652	K

Tab.6.2-3: Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit und der Entfernung vom Brandherd in einer Höhe von 1.50 m

Tab. 6.2-4: Verwendete Indizes

<u>Bezeichnung</u>	<u>Definition</u>
a	adiabatisch
Br	Brennstoff, Brandherd
F	Firste
G	Gebirge
L, Luft	Luft
m	mittel
min	mindest, Minimum
R, Rauch	Rauch
W, Wetter	Wetter
wirk	wirksam
o	vor Brandausbruch
τ	zur Zeit τ

Tab. 6.2-5: Verwendete Bezeichnungen

Bezeichnung	Dimension	Definition
A	m^2	Fläche
b	m	Breite
Bo	-	Boltzmann- Zahl
c_p	$\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$	spez. Wärmekapazität
C_S	$\text{kJ}/\text{m}^2\text{hK}^4$	Strahlungskonstante des schwarzen Körpers
h	m	Höhe
H_u	kJ/kg	unterer Heizwert, Brennwert
k	-	Faktor für die Unvollständigkeit der Verbrennung
l	m	Länge
l_k	m	kennzeichnende Größe für den Wärmeübergang
L_{\min}	m^3/kg	spez. Mindestluftbedarf
m	kg	Masse
\dot{m}	$\text{kg}/\text{s}, \text{kg}/\text{h}$	Massenstrom
n	1/h	Luftaustauschzahl
$n_{\ddot{o}}$	-	Öffnungsverhältnis
Nu	-	Nusselt- Zahl
Pr	-	Prandtl- Zahl
Re	-	Reynolds- Zahl
s	-	Abklingkoeffizient
t	$^{\circ}\text{C}$	Temperatur
T	K	Temperatur
U	m	Umfang
v	m/s	Geschwindigkeit
v_{ab}	$\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$	spez. Abbrandgeschwindigkeit
V	m^3 (m^3/kg)	(spez.) Volumen
\dot{V}	m^3/h	Volumenstrom
x	m	Entfernung vom Brandherd
y	m	Höhe über dem Brandherd
α	$\text{kJ}/\text{m}^2\text{hK}$	Wärmeübergangszahl

Anl. 6.3 : Brände an Untertage-Dieselfahrzeugen in der
Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1981

Anl. 6.3 Blatt 1

lfd. Nr.	a) b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeugart	Brandursache	Brandgut	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8
1	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	1965	Translader	unbekannt, vermutlich Diesel beim Tanken auf heiße Maschinenteile	Diesel, Hydraulik- öl, Reifen, Teile des Fahrzeuges	Fahrer hatte getankt und Fahr- zeug verlassen. Löschen ohne Erfolg, keine bordfeste Anlage	6.137
2	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	1965	Wagner-Lader ST5	Brennarbeiten	Öl/Salzstaubge- misch, Hydraulik- schläuche, Fahrzeugteile	Löschen ohne Erfolg, keine bordfeste Anlage	6.137
3	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	12.04.66	Scoop-tram	defekte Dieselkraft- stoffleitung, Diesel tropft auf Auspuff	Dieselöl, gesamtes Fahrzeug	Salzfall	6.136
4	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	10.06.69	Translader	Öl (defekte Hydrau- likleitung) auf Bremse	Hydrauliköl, Dieselöl, Hinter- radreifen, Fahr- zeugteile	Löserfall. Zuschnelle Brandaus- breitung, daher keine weiteren Löschversuche. Keine bordfeste Anlage, nicht abgedeckte Schei- benbremse. <u>Nicht mehr zulässig.</u>	6.137
5	a) Kali b) - c) Wiesbaden	1969	Scoop-tram	Kurzschluß durch mech- anische Beschädigung des Anlasserkabels	Kabel	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.136

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeugart	Brandursache	Brandgut	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8
6	a) Kali b) - c) Wiesbaden	1969	Scoop-tram	Kurzschluß durch mechanische Beschädigung des Anlasserkabels	Kabel	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.136
7	a) Steinsalz b) Friedrichshall c) Clausthal	1973	Schopf-Fahrlader L 110	Hydrauliköl als Ölnebel auf Auspuff	Hydrauliköl	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.137
8	a) Kali b) - c) Clausthal	03.10.73	Schaufellader	Hydrauliköl aus Gummileitung	Hydrauliköl	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.137
9	a) Erz b) Konrad c) -	1973	Scopp-tram STB	Dieselöl auf Auspuff defekte Einspritzpumpe	Dieselöl	Sachschaden am Gerät	mündlich
10	a) Salz b) - c) Clausthal	25.03.74	Sprengfahrzeug	heißgelaufene Bremse zündete Salzstaub-Ölgemisch(angezogene Handbremse)	Salzstaub-Ölgemisch	mit Handfeuerlöscher erfolgreich gelöscht	6.137
11	a) Kali b) Niedersachsen c) Clausthal	18.09.74	Ladefahrzeug GH ST 5 A	Kurzschluß im Anlasser-Anschlußkabel	Lecköl und Salzstaub im Ölwannebereich	bordfeste Anlage hat versagt. mit Salzstaub gelöscht	6.137

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeugart	Brandursache	Brandgut	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8
12	a) Steinkohle b) Friedrich- Heinrich c) Dortmund	15.09.75	Dieselskatze	Motorgehäuse von Pleuelstange durch- schlagen	Motoröl	bordfeste Löschanlage defekt extern gelöscht	6.139
13	a) Kali b) Bergmannsseggen- Hugo c) Clausthal	25.03.77	Bohrwagen Hausherr	Kurzschluß in elek- trischer Leitung	Reifen. Tank, Motor. Sitze	bordfeste Löschanlage defekt nicht erfolgreich gelöscht	6.137
14	a) Kali b) Friedrichshall c) Wiesbaden	29.04.77	Befahrungsfahr- zeug W-Diesel	Kurzschluß	vorderer Fahr- zeugteil	keine bordfeste Löschanlage	6.136
15	a) Steinkohle b) Königsborn c) Dortmund	19.08.77	Dieselskatze	nicht geklärt. verm. Schlagwetterschutz der Auspuffanlage	Kunststoff- schläuche	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.139
16	a) Erz b) Meggen c) Dortmund	19.04.78	Bohrwagen Tamrock	nicht geklärt verm. Kurzschluß o. Rauchen	Kunststoff- schläuche, Hy- drauliköl, Reifen	keine bordfeste Löschanlage	6.139
17	a) Kali b) Friedrichshall c) Clausthal	22.06.78	Schaufellader GH ST 8	Ölleitung gebrochen, da Bremsluftkompressor heißgelaufen	Motoröl	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.137

Anl. 6.3 : Brände an Untertage-Dieselfahrzeugen in der
Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1981

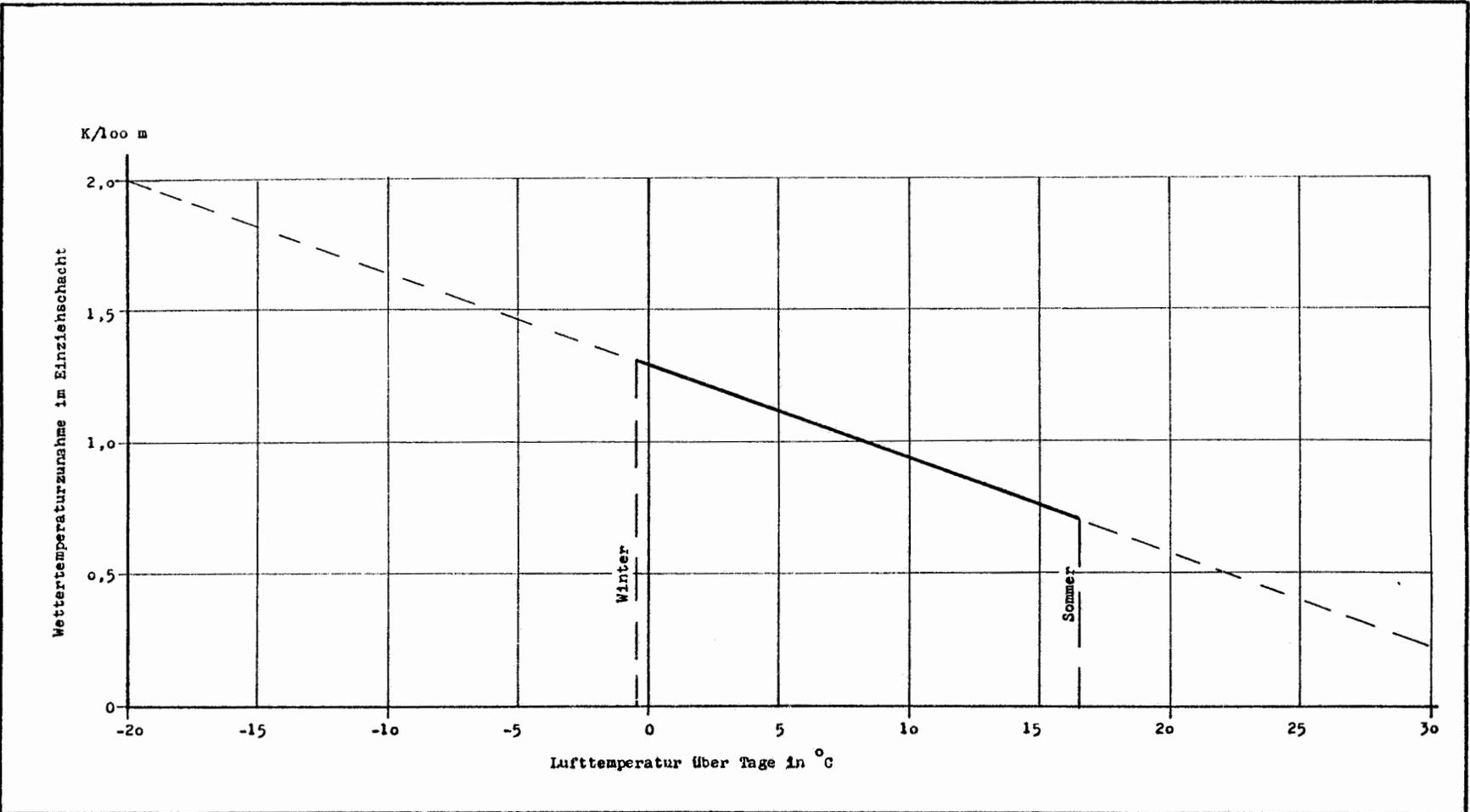
Anl. 6.3 Blatt 4

lfd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeugart	Brandursache	Brandgut	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8
18	a) Steinsalz b) Riedel c) Clausthal	29.08.78	Muldenkipper GH V 40	Bremse heißgefahren	Reifen vorne links; Öl auf heiße Bremse	Dehnschlauchbremse konstruktiv geändert	6.137
19	a) Steinkohle b) Radbod c) Dortmund	11.10.78	Dieselskatze	ungeklärt; Auspuffan- lage defekt	Feinkohle in Fahrstrecke	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.139
20	a) Steinkohle b) Sophia-Jakoba c) Dortmund	08.08.79	Diesellok	Kraftstoffleitung defekt; Dieselöl auf Bremse	Diesel; Kabel; Schläuche	durch bordfeste Löschanlage erfolgreich gelöscht	6.139
21	a) Kali b) Siegfried-Gießen c) Clausthal	11.07.80	Sprengfahrzeug	Reibung Chassis-Hin- terrad	Donarit-Spreng- stoffpatronen	bordfeste Löschanlage; Brand von allein erloschen	6.137
22	a) Kali b) Hattorf c) Wiesbaden	12.12.80	Tankfahrzeug	Dieselöl aus nicht vollst. verschlossenem Tankbehälter auf Auspuff	Dieselöl; Fahrer- sitz; Führerhaus	keine bordfeste Löschanlage; Brand extern gelöscht	6.136
23	a) Kali b) Sigmundshall c) Clausthal	Apr. '81	Sprengfahrzeug	defekter Auspuff	Öl-Salzmischung; Hydrauliköl; Fahrerhaus; Motor- raum.	bordfeste Löschanlage erfolglos; Fahrzeug ausgebrannt	6.137

Anl. 6.3 : Brände an Untertage-Dieselfahrzeugen in der
Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1981

Anl. 6.3 Blatt 5

Ifd. Nr.	a) Bergbauzweig b) Bergwerk c) Bergamtsbezirk	Datum	Fahrzeugart	Brandursache	Brandgut	Bemerkungen	Quelle
1	2	3	4	5	6	7	8
24	a) Erz b) Meggen c) Dortmund	12.10.81	Bohrwagen Tamrock	Lichtbogen : Anlasser metallamierter Hydraulikschlauch	Hydrauliköl 80 l	keine bordfeste Anlage; Brand gelöscht	6.139
25	a) Kali b) Bergmannsseggen- Hugo c) Clausthal	Okt. '81	Bohrwagen Hausherr	Kurzschluß an Kabel	1 Reifen; Kabel; Leitungen	keine bordfeste Löschanlage; löschen erfolglos; Fahrzeug teilweise ausgebrannt; Branddamm	6.137
26	a) Steinsalz b) Niedersachsen- Riedel c) Clausthal	Dez. '81	Fahrlader	Kurzschluß	Glimmbrand im Fahrerstand	keine bordfeste Löschanlage; Brand gelöscht	6.137
27	a) Steinkohle b) Heinrich-Robert c) Dortmund	29.04.82	Diesellok	Fahren mit fester Brems	Kohlenstaub auf Bremsbacken	bordfeste Löschanlage; Brand gelöscht	6.139
28	a) Steinkohle b) Nordstern c) Dortmund	13.08.82	Diesellok	Fahren mit fester Brems	Kohlenstaub; Dieselöl	bordfeste Löschanlage hatte nicht angesprochen; Brand extern erfolgreich gelöscht	6.139

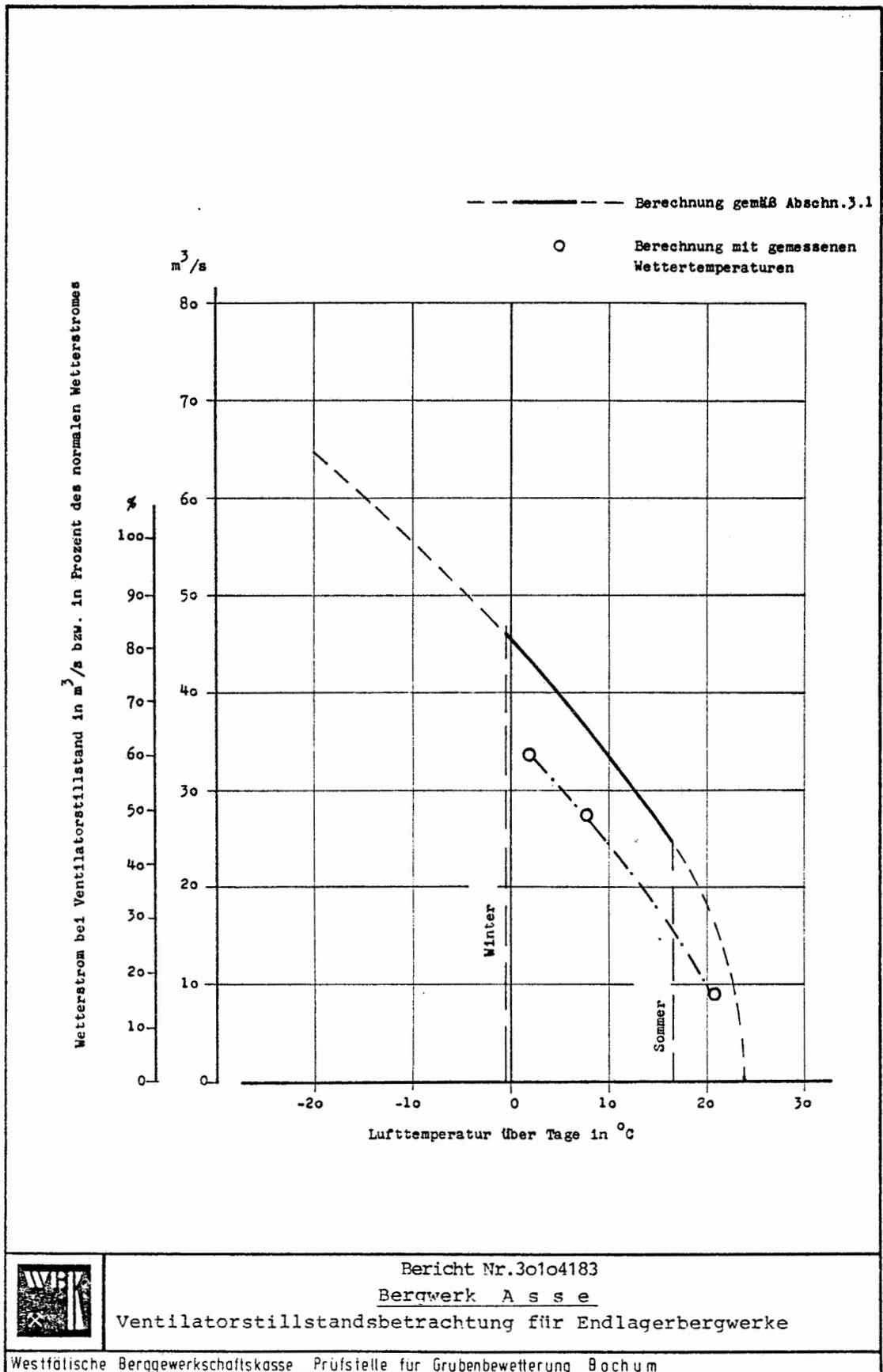


Bericht Nr.30104183

Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke
Für Ventilatorstillstandsberechnungen angenommene Wettertemperaturen

Westfälische Berggewerkschaftskasse Prüfstelle für Grubenbewetterung Bochum

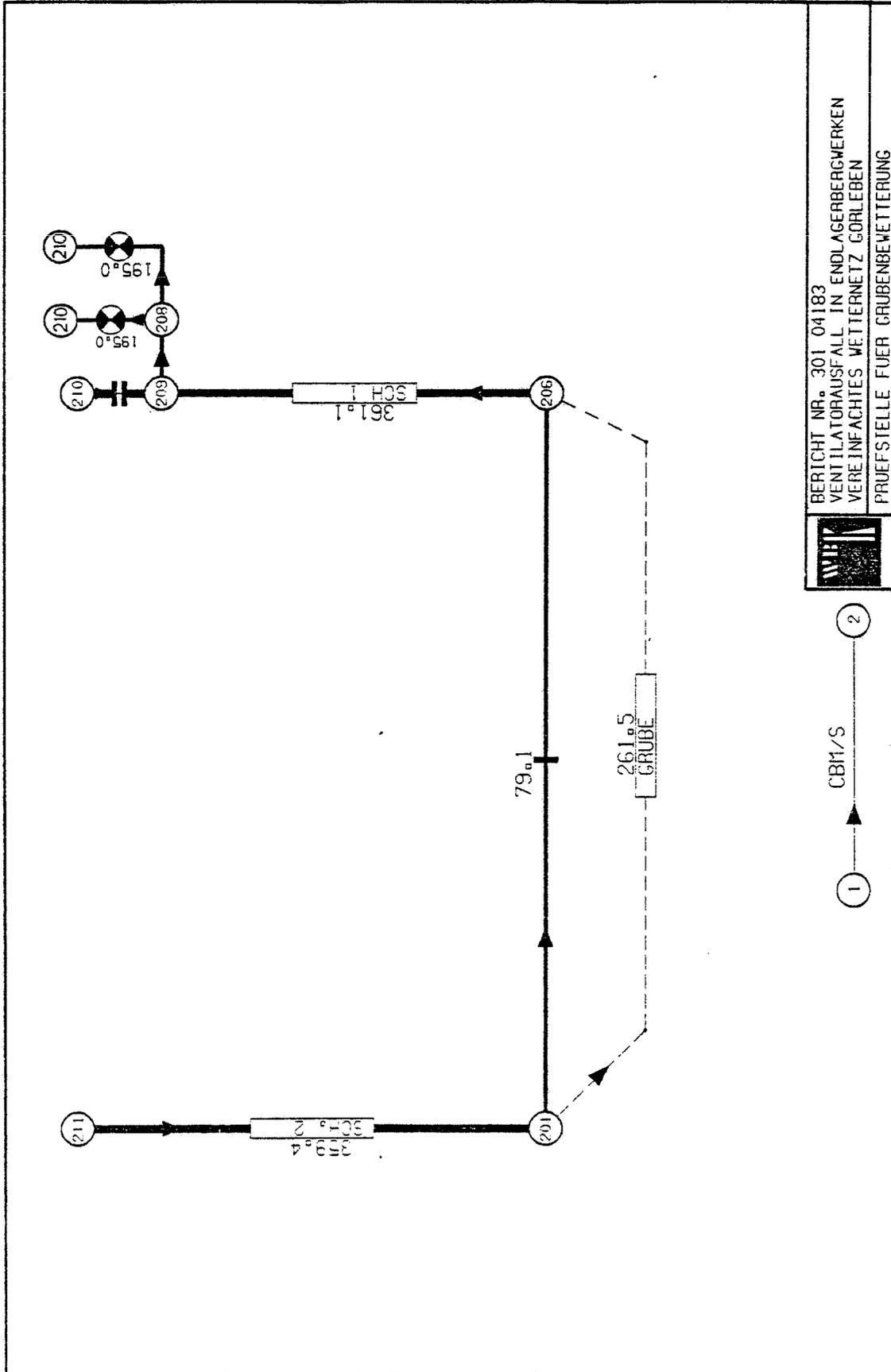
Anlage 8.1 : Angenommene Wettertemperaturen für Ventilatorstillstandsberechnungen



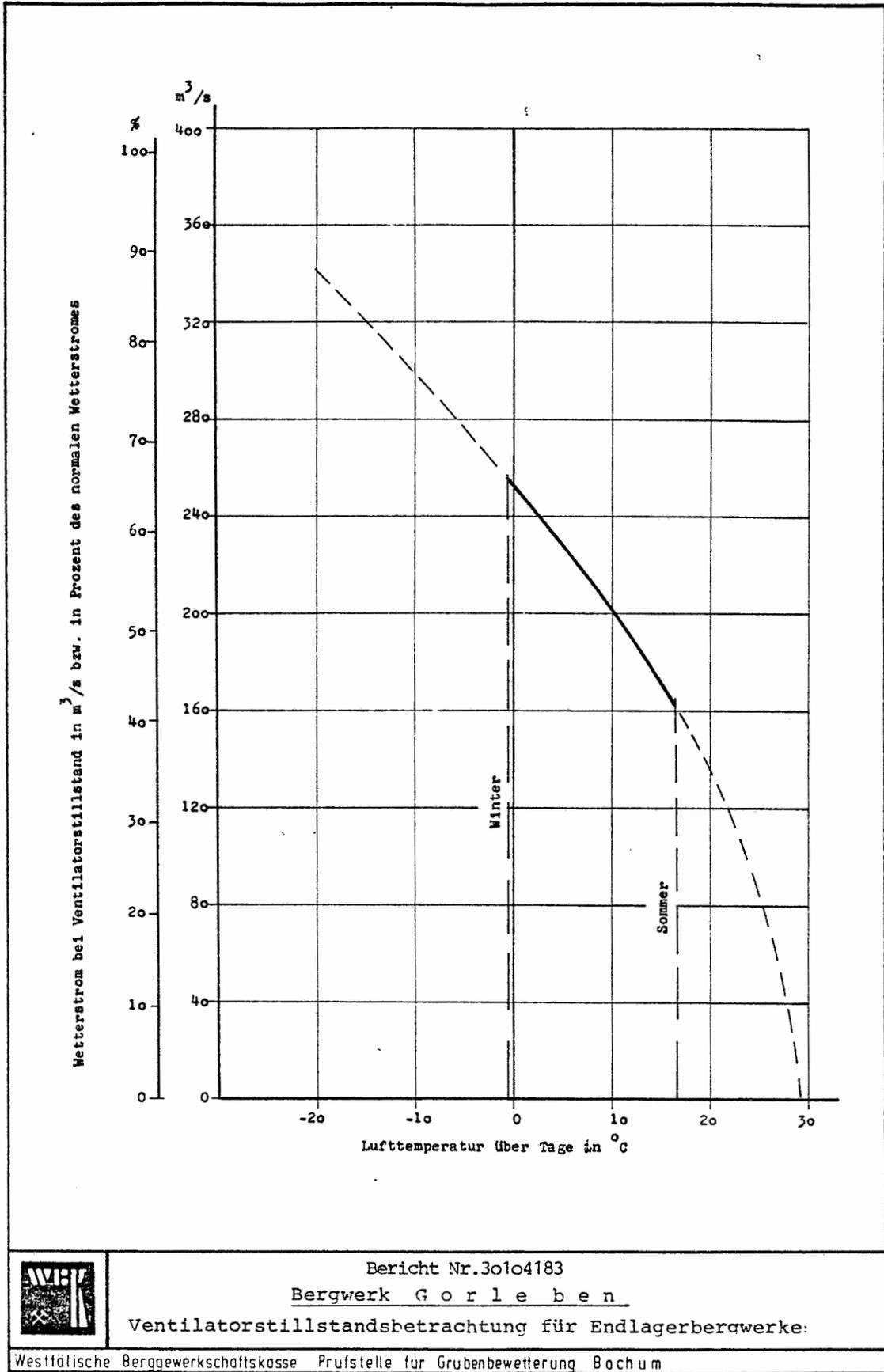
Bericht Nr. 30104183
Bergwerk A s s e
 Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke

Westfälische Berggewerkschaftskasse Prüfstelle für Grubenbewetterung Bochum

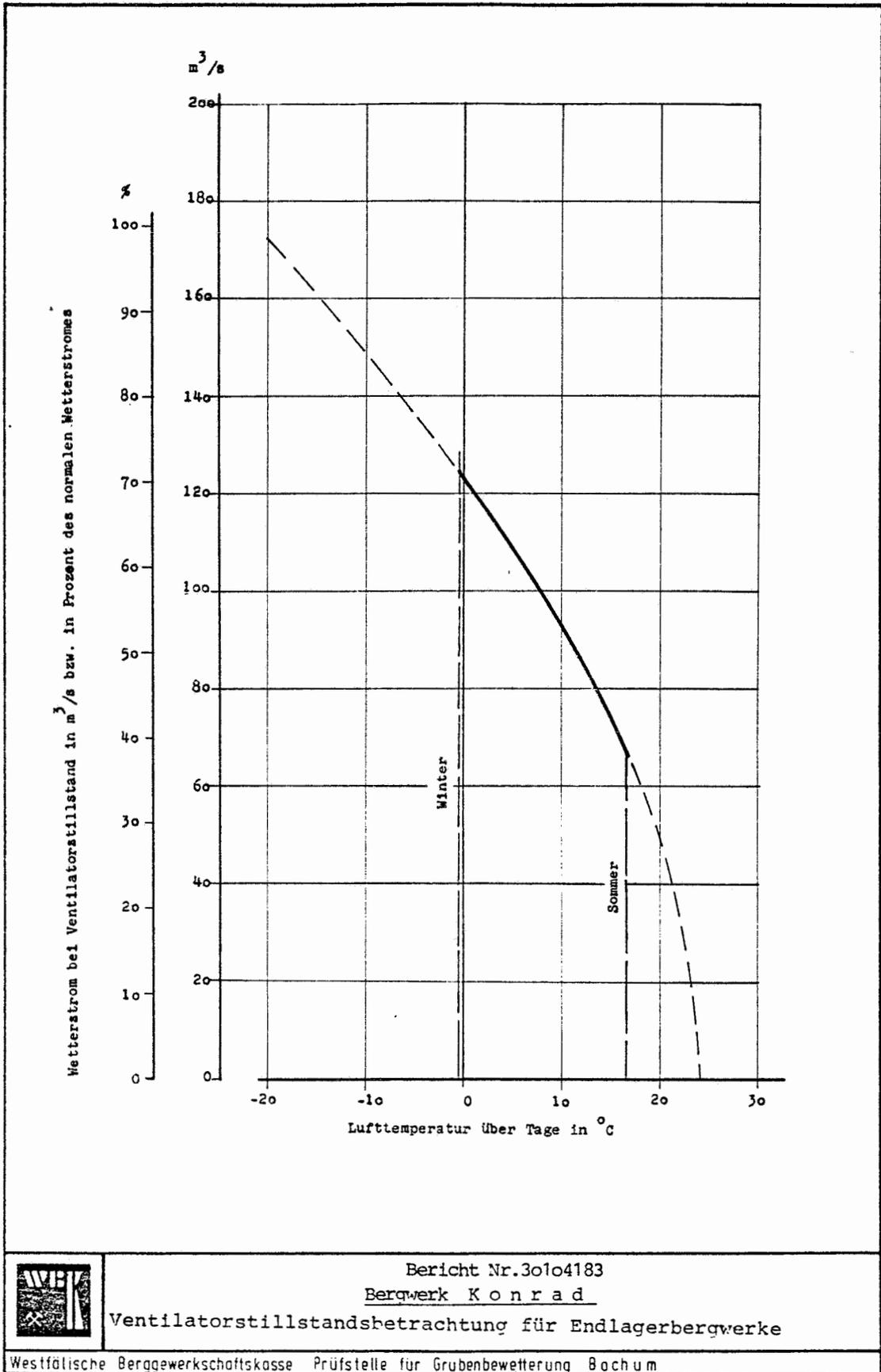
Anlage 8.3 : Wetterstromangaben bei Stillstand des Hauptventilators des Bergwerks Asse



Anlage 8.4 : Vereinfachte Darstellung des Wernetzes des Bergwerks Gorleben



Anlage 8.5 : Wetterstromangaben bei Stillstand des Hauptgrubenlüfters des Bergwerks Gorleben



Anlage 8.7 : Wetterstromangaben bei Stillstand des Hauptventilators des Bergwerks Konrad

Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb
von Sprengmittellagern unter Tage des Nicht-
steinkohlenbergbaus.

(auszugsweise)

Anmerkung : Die Richtlinien gelten wortgleich
im Oberbergamtsbereich Clausthal-
Zellerfeld.

Richtlinien
für die Errichtung und den Betrieb
von Sprengmittellagern unter Tage
des Nichtsteinkohlenbergbaus
vom 22. 12. 1976
mit
Rundverfügung
des Landesoberbergamts Nordrhein-Westfalen
vom 22. 12. 1976 / Geschäftszeichen 17.15-2-1



Zu beziehen von
Hermann Bellmann, Buchdruckerei und Verlag, Dortmund
unter der Verlagsnummer 65

Richtlinien
für die Errichtung und den Betrieb von Sprengmittellagern unter Tage
des Nichtsteinkohlenbergbaus
vom 22. 12. 1976
(Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen
- Geschäftszeichen 17.15-2-1)

Gliederung	Seite
1. Allgemeines	11
1.1. Geltungsbereich	11
1.2. Begriffsbestimmungen	11
2. Lage	11
2.1. Allgemeine Anforderungen an den Aufbewahrungsort	11
2.2. Bewetterung und Klimaeinflüsse	12
2.3. Schutz- und Sicherheitsabstände	12
2.4. Schutz vor gefährbringender elektrischer Energie	13
3. Aufbau	13
3.1. Betretbare Lager	13
3.1.1. Allgemeine Anforderungen	13
3.1.2. Raumbedarf	13
3.1.3. Einkammerlager	13
3.1.4. Mehrkammerlager	13
3.1.5. Besondere Lagerausführungen	14
3.1.6. Zündmittelaufbewahrung	14
3.1.7. Explosionssicherheit	14
3.2. Nicht betretbare Lager	14
3.2.1. Nischenlager	15
3.2.2. Freistehende Schranklager	15
4. Einrichtung	15
5. Aufschriften	17
	9

65 / Bg 2

	Seite
6. Betriebsvorschriften	17
6.1. Allgemeines	17
6.2. Betreten des Lagers	17
6.3. Lagerung	18
6.4. Ausgabe	19
6.5. Arbeiten im Lager	20
6.6. Unterweisung und Dienstanweisung	20
6.7. Überwachung	20
7. Übergangsbestimmungen	21
 Anlagenverzeichnis	
1 Schutz- und Sicherheitsabstände (Nr. 2.3, Nr. 3.1 und Nr. 3.2 der Richtlinien)	23
2 Sicherheitsabstände zum Schutz vor gefährbringender elektrischer Energie (Nr. 2.4 der Richtlinien)	29
3 Bauliche Anforderungen an Lager (Nr. 3.1, Nr. 3.2 und Nr. 4 der Richtlinien)	31
4 Zulässige Höchstlagerzeiten für Sprengmittel (Nr. 6.3.7 der Richtlinien)	43

1. Allgemeines

1.1. Geltungsbereich

Diese Richtlinien gelten für die Aufbewahrung von Sprengstoffen, sprengkräftigen Zündmitteln und, soweit notwendig, von nichtsprengkräftigen Zündmitteln und Sprengzubehör in Lagern unter Tage des Nichtsteinkohlenbergbaus.

1.2. Begriffsbestimmungen

1.1.1. Lager im Sinne dieser Richtlinien ist jeder Ort, an dem die unter Nr. 1.1 genannten Sprengmittel aufbewahrt werden, ausgenommen solche Stellen

1. an denen sich die Sprengmittel im Arbeitsgang befinden,
2. die sich bei oder in der Nähe der Arbeitsstelle befinden, wenn die Sprengmittel in der für den Fortgang der Arbeit erforderlichen Menge bereitgehalten werden,
3. und an denen die Sprengmittel im Rahmen des Umgangs vorübergehend abgestellt werden.

1.2.2. **Betretbare Lager** (Beispiele siehe Anlage 3) sind Lager, in denen Sprengmittel in einer oder mehreren Kammern aufbewahrt werden. Hierzu gehören auch besondere Lagerausführungen (z. B. Silo- und Containertager), sowie Lager nach Nr. 1.2.3 mit betretbarem Vorraum.

1.2.3. **Nicht betretbare Lager** (Beispiele siehe Anlage 3) sind Lager, in denen die Sprengmittel in Nischen im Gebirge oder in freistehenden Stahlschränken aufbewahrt werden.

1.2.4. **Schutzabstände (Fernbereich)** sind die zur Öffentlichkeit einzuhaltenen Abstände.

1.2.5. **Sicherheitsabstände (Nahbereich)** sind die innerhalb des Betriebes einzuhaltenen Abstände.

2. Lage

2.1. Allgemeine Anforderungen an den Aufbewahrungsort

2.1.1. Bei der Errichtung eines Lagers ist darauf zu achten, daß im Falle eines Brandes oder einer Explosion mindestens ein Ausgang zur Tagesoberfläche befahrbar bleibt und eine Gefährdung belegter Grubenbaue vermieden wird.

2.1.2. Mehrere Lager oder Lagerkammern müssen so angeordnet sein, daß sich ein Brand oder eine Explosion von einem Lager oder einer Kammer auf andere nicht übertragen kann.

- 2.1.3. Lager sollen an möglichst standfesten, trockenen Stellen des Gebirges angelegt werden. Sie müssen darüberhinaus gegen das Eindringen von Wasser geschützt liegen.
- 2.1.4. Die Zugänge müssen sicher begehbar, die Zufahrten sicher befahrbar sein.
- 2.2. Bewetterung und Klimaeinflüsse
- 2.2.1. Die Lager sind an den ausziehenden Wetterstrom anzuschließen. Dabei ist für den Wetterausziehweg ein größerer Querschnitt als für den Wettereinzugsweg anzustreben. Der Anschluß muß so erfolgen, daß im Brand- oder Explosionsfall möglichst wenig Schwaden in belegte Grubenbaue gelangen können. Bei Gruben mit natürlicher Wetterführung ist von der vorherrschenden Wetterrichtung auszugehen.
- 2.2.2. Bei Lagern mit einer Höchstlagermenge bis zu 500 kg, bei ausschließlicher Aufbewahrung von ANC-Sprengstoffen bis 1000 kg Lagermenge oder bei ausschließlicher Zündmittelaufbewahrung kann von Nr. 2.2.1 abgewichen werden, wenn aufgrund der örtlichen Verhältnisse (z. B. große Wetterströme, weite Aufangräume) mit einer ausreichenden Verdünnung etwaiger Explosions- oder Brandschwaden bis zum Erreichen belegter Grubenbaue zu rechnen ist und der nächstgelegene Ausgang zur Tagesoberfläche mit Hilfe vorhandener Fluchtgeräte erreicht werden kann.
- 2.2.3. Betretbare Lager müssen, sofern sie nicht durchgehend bewettert werden, durch Sonderlüfter oder gleichwertige Einrichtungen (z. B. Stoßlütten) bewettert werden; Austauschbewetterung ist bis zu 5 m Entfernung vom durchgehenden Wetterstrom zulässig.
- 2.2.4. Mehrkammerlager müssen durchgehend bewettert werden. Für die Bewetterung der einzelnen Kammern gilt Nr. 2.2.3 entsprechend.
- 2.2.5. Lager sollen so angelegt und bewettert werden, daß in ihnen die Temperatur 40° C, bei der Lagerung von Wettersprengstoffen 30° C, nicht überschreitet. Zur Kontrolle muß ein Thermometer vorhanden sein.
- 2.3. Schutz- und Sicherheitsabstände
- Bei Lagern, deren Überdeckung oder sonstiger Abstand bis zur Tagesoberfläche weniger als 50 m beträgt und die, vom Lagerzugang durch die Strecken gemessen näher als 100 m an Tagesöffnungen mit mindestens 60 gon Neigung oder näher als 400 m an Tagesöffnungen geringerer Neigung als 60 gon liegen, sind zu Wohngebäuden, zu anderen schutzbedürftigen Anlagen und zu öffentlichen Verkehrswegen Schutzabstände, sowie zu überlagerten Lagern für explosionsgefährliche Stoffe und erforder-

lichenfalls zu Betriebsgebäuden Sicherheitsabstände zu berücksichtigen (siehe Anlage 1).

2.4. Schutz vor gefahrbringender elektrischer Energie

- 2.4.1. Lager, in denen elektrische Zünder aufbewahrt werden, dürfen nicht im Einwirkungsbereich gefahrbringender Hochfrequenzenergien oder gefahrbringender Ströme elektrischer Anlagen und elektromagnetischer Felder errichtet werden (Sicherheitsabstände siehe Anlage 2).
- 2.4.2. Bei der Einrichtung der Lager ist darauf zu achten, daß keine Verschleppung von Blitzenergie zu den Zündmitteln möglich ist.

3. Aufbau

3.1. Betretbare Lager

3.1.1. Allgemeine Anforderungen

Betretbare Lager müssen in Vorraum und eine oder mehrere Kammern entsprechend der zulässigen Höchstlagermenge unterteilt sein. Der Vorraum muß für die Aufbewahrung der Sprengmitteltragebehälter ausgelegt sein. Ein zusätzlicher Ausgaberaum ist erforderlich, wenn an zahlreiche Sprengberechtigte ausgegeben wird.

3.1.2. Raumbedarf

Bei der Festlegung des Lageraufbaus ist ein Mindestabstand von 0,30 m zwischen Lagerwand und Sprengstoff zu berücksichtigen. Es ist so viel Lagerraum zu schaffen, daß die Belegungsichte den Wert von 185 kg Sprengstoff/m³ Kammervolumen nicht überschreitet; ist dies ausnahmsweise nicht möglich, darf die Belegungsichte bis zu 270 kg/m³ betragen.

3.1.3. Einkammerlager

Der Lagerraum darf nur entweder zur Sprengstoff- oder zur Zündmittelaufbewahrung verwendet werden. Bei gemeinsamer Aufbewahrung von Sprengstoffen und Zündmitteln in einem Einkammerlager muß ein Vorraum mit einer verschließbaren Zündernische vorhanden sein (siehe Nr. 3.1.6).

3.1.4. Mehrkammerlager

Lager für Sprengstoffmengen über 5000 kg müssen durch Bergfesten in Kammern mit jeweils höchstens 5000 kg Lagermenge unterteilt werden. Die Kammern müssen alle am selben Stoß angeordnet sein. Die Stärke der Bergfesten zwischen den Kammern ist nach der Beziehung $E [m] = K \cdot L^{1/2} [kg]$ zu bemessen. Bei Belegungsichten bis zu 185 kg/m³ beträgt der K-Faktor 0,37, bei Belegungsichten bis zu 270 kg/m³ (siehe Nr. 3.1.2) ist er proportional zur Belegungsichte zu erhöhen (bei 270 kg/m³ $K = 0,54$).

Bei Belegungsdichten bis zu 100 kg/m³ darf er auf 0,30 verringert werden (siehe Anlage 1).

Die Kammern müssen rechtwinklig zum Vorraum angeordnet werden.

3.1.5. Besondere Lagerausführungen

Abweichend von Nr. 3.1.4 Satz 1 können andere Lagerausführungen gewählt werden, wenn diese wegen der Eigenschaften der aufzubewahrenden Sprengmittel oder aufgrund der Lage im Grubengebäude (z. B. geringe Entfernung zur Ausziehhöfning) sicherheitlich vertretbar sind. Dies gilt insbesondere für die Lagerung von ANC-Sprengstoffen (Zulassungsgruppe PAC) in Silo- und Containerlagern. In Silo- und Containerkammern dürfen außer ANC-Sprengstoffen keine anderen Sprengstoffe aufbewahrt werden.

3.1.6. Zündmittelaufbewahrung

Sprengkapseln, sprengkräftige elektrische Zünder und Sprengverzögerer bis zu insgesamt 5000 Stück dürfen in einer Zünderkammer eingelassen werden, die in die Seitenwand des Vorraums eingelassen ist, darüber hinausgehende Mengen in einer besonderen Zünderkammer.

3.1.7. Explosionssicherheit

Für die Stärke der Bergfesten zu befahrbaren Grubenbauen außerhalb des Lagers gilt die Beziehung der Nr. 3.1.4 Satz 3 sinngemäß. Die zu belegten und regelmäßig befahrenen Grubenbauen führenden Eingangswege und sonstigen Verbindungen zum Lager müssen eine gebrochene Linienführung besitzen. Gegenüber jeder Kammer und an den Knickpunkten von Eingangswegen und sonstigen Verbindungen zum Lager muß für den Explosionsfall eine der Energievernichtung dienende Sackgasse (Explosionspuffer) vorhanden sein, deren Tiefe mindestens der Breite des Grubenbaues und deren Querschnitt mindestens dem des Grubenbaues entspricht (Beispiele siehe Anlage 3). Abweichungen hiervon können bei Lagermengen bis 1000 kg oder bei besonderen Lagerausführungen zugelassen werden, wenn die Voraussetzungen der Nr. 2.1.1 auf andere Weise erfüllt sind.

3.2. Nicht betretbare Lager

Nicht betretbare Lager (Beispiele siehe Anlage 3) können entweder als Nischen im Gebirge oder als freistehende Stahlschränke an solchen Stellen errichtet werden, an denen sie durch betriebliche Vorgänge – wie z. B. entgleisende Fördermittel – nicht gefährdet werden können. Nicht betretbare Lager sind nur zulässig bis zu Lagermengen von 500 kg Sprengstoff (einschließlich

Sprengstoffgewicht der Sprengschnur) und von insgesamt 1000 Stück Sprengkapseln, sprengkräftigen elektrischen Zündern und Sprengverzögerern. Bei alleiniger Aufbewahrung von ANC-Sprengstoffen darf die Lagermenge bis zu 1000 kg, bei abschließlicher Zündmittelaufbewahrung bis zu 2000 Stück betragen.

Sofern Sprengstoffe und Zündmittel gemeinsam aufbewahrt werden, muß für die Zündmittel ein besonderes Fach vorhanden sein.

3.2.1. Nischenlager

Nischenlager müssen, wenn sie nicht aus einem in den Stoß eingelassenen vorgefertigten Stahlschrank bestehen, mit einer Stahlblechtür versehen sein, die in einen allseitig fest im Gebirge verankerten Rahmen eingesetzt ist.

3.2.2. Freistehende Schranklager

Freistehende Schranklager dürfen nur in Seitenstrecken, Blindörtern und dergleichen so aufgestellt werden, daß sie von betrieblichen Vorgängen unbeeinflusst sind. Erforderlichenfalls sind sie zu verankern.

4. Einrichtung

4.1. Die betretbaren Räume eines Lagers müssen so groß sein, daß ein gefahrloser und ungehinderter Umgang mit den Sprengmitteln möglich ist. Die lichte Höhe dieser Räume soll mindestens 2,20 m betragen.

4.2. Lager dürfen nur in standfester und unbrennbarer Ausführung errichtet werden. Dies gilt auch für Eingangswege und sonstige Verbindungen zum Lager bis zu 50 m Entfernung. Dieser Abstand kann bei Wettergeschwindigkeiten unter 1 m/s verringert werden, wenn außerhalb des unbrennbaren Bereiches keine Brände möglich sind, die auf das Lager übergreifen können.

4.3. Die Eingangswege müssen hinsichtlich Querschnitt und Streckenführung einen ungehinderten Transport der Sprengmittel gewährleisten.

4.4. Der Boden muß eine dichte, ebene und glatte Oberfläche haben und sich leicht reinigen lassen.

4.5. Bei der Aufbewahrung von Sprengstoffen und sprengkräftigen Zündmitteln in einem Lager muß durch die Bauweise eine Detonationsübertragung von den empfindlicheren Zündmitteln auf Sprengschnur und Sprengstoffe ausgeschlossen sein (Beispiele siehe Anlage 3).

4.6. Die Bauweise des Lagers muß einen Schutz gegen das Eindringen von Wasser, ungeachtet der Standortvoraussetzungen nach Nr. 2.1.3, bieten.

- 4.7. Am Lager müssen je nach Größe des Lagers Feuerlöscher geeigneter Bauart (BuT) in ausreichender Anzahl vorhanden sein. In Silolagern mit mehr als 5000 kg Lagerinhalt müssen darüber hinaus besondere Wasserlöschrichtungen vorhanden sein (siehe Anlage 3).
- 4.8. In nicht betretbare Sprengmittellager dürfen elektrische Anlagen nicht eingebaut werden.
Die Verwendung elektrischer Betriebsmittel in betretbaren Sprengmittellagern ist auf das für einen gesicherten Betrieb notwendige Ausmaß zu beschränken. Die Betriebsmittel müssen so ausgeführt und errichtet sein, daß durch sie keine Zündgefahren entstehen können. Im übrigen gelten die Vorschriften der Bergverordnung des Landesoberbergamts Nordrhein-Westfalen für elektrische Anlagen (BVOE). Darüber hinaus müssen elektrische Anlagen und Betriebsmittel den für Sprengmittellager geltenden Bestimmungen für das Errichten elektrischer Anlagen in bergbaulichen Betrieben unter Tage (VDE 0118) und der Anlage 3 entsprechen.
- 4.9. Zum Lager gehörige Einrichtungen zum Aufbewahren und Bewegen der Sprengmittel müssen so beschaffen sein, daß gefährliche Beanspruchungen der Sprengmittel ausgeschlossen sind. Sie müssen gut zugänglich und gefahrlos zu handhaben sein. Erforderlichenfalls sind Einrichtungen vorzusehen, die ein Entnehmen in der Reihenfolge der Anlieferung gestatten.
- 4.10. Abstellplätze für Sprengfahrzeuge und Transportmittel innerhalb des Lagers sind nur im Vorraum in sicherer Entfernung von den Lagerräumen so anzulegen, daß im Falle eines Brandes oder einer Explosion auf einem Fahrzeug eine Übertragung auf ein anderes nicht stattfinden kann. Bei Abstellplätzen für Sprengfahrzeuge und Transportmittel im Vorraum eines Lagers muß der Boden der Abstellplätze so eingerichtet sein, daß auslaufende brennbare Flüssigkeiten nicht in die Lagerräume gelangen können.
- 4.11. Lager müssen durch die Bauweise gegen Einbruch geschützt sein. Eingangswegen und sonstige Verbindungen zum Lager müssen entsprechend gesicherte Türen oder fest eingebaute Gitter haben. Die Zündernischen und -kammern müssen mit vollen Türen abgesichert sein. Die Türen müssen nach außen aufschlagen. Die Ausführung im einzelnen hängt von der Art des Lagers ab und richtet sich nach Anlage 3.
- 4.12. Sämtliche Türen, die der Sicherung der Sprengmittel dienen, müssen mit mindestens einem Sicherheitsschloß versehen sein.

- Sicherheitsschlösser müssen die in Nr. 4.11 genannten Schutzziele aufgrund ihrer Ausführung und der Art ihres Einbaus erfüllen (siehe Anlage 3).
Durch Einbau von Einbruchmeldeanlagen können bauliche Sicherheitsmaßnahmen gegen Einbruch ergänzt oder ersetzt werden, jedoch nur, soweit ein gleichwertiger Schutz gegen Einbruch gewährleistet ist.
- 4.13. Lager, bei denen infolge ihrer Lage zu Tagesöffnungen die Gefahr besteht, daß Unbefugte zum Lager gelangen können, sind hinsichtlich der Einbruchsicherungen nach den Richtlinien für übertägige Sprengmittellager zu behandeln.
- 5. Aufschriften**
- 5.1. Bei jedem Lager sind an den Außentüren folgende Hinweise anzubringen:
- 5.1.1. das Gefahrensymbol nach Anlage IV der 2. DV Sprengstoffgesetz;
- 5.1.2. das Verbot des Rauchens sowie des Umgangs mit offenem Licht und Feuer;
- 5.1.3. das Verbot des Zutritts für Unbefugte.
- 5.2. Auf den Türen der Kammern und Zündernischen, bei nicht betretbaren Lagern auf der Innenseite der Außentür, sind deutlich lesbare und dauerhafte Aufschriften, aus denen Art und Höchstmengen der zu lagernden Sprengstoffe und sprengkräftigen Zündmittel hervorgehen, anzubringen.
- 5.3. Bei unter Nr. 4.13 fallenden Lagern sind die Aufschriften nach Nr. 5.1 und 5.2 auf der Innenseite der Außentür anzubringen.
- 6. Betriebsvorschriften**
- 6.1. Allgemeines
Für den Betrieb von Lagern gelten die einschlägigen Vorschriften der Bergverordnungen. Soweit dort keine ins einzelne gehenden Regelungen getroffen sind, richtet sich der Betrieb von Lagern nach Nr. 6.2 bis 6.5.
- 6.2. Betreten des Lagers
- 6.2.1. Nur der Erlaubnisinhaber und dessen Beauftragte dürfen das Lager betreten.
- 6.2.2. Jedes Lager muß, solange es Sprengmittel enthält und sich niemand darin aufhält, zuverlässig verschlossen sein.
- 6.2.3. Es dürfen nur so viele Schlüssel (Schlüsselsätze bei mehr als einem Schloß) ausgegeben werden, wie es für den Betrieb des

- Lagers unbedingt notwendig ist. Mehr als zwei Schlüssel (Schlüsselsätze) sind nur dann zulässig, wenn sich die Schlüsselübergabe von einem zum nächsten Benutzer nicht ermöglichen läßt.
- 6.2.4. Schlüssel sind so aufzubewahren, daß sie Unbefugten nicht zugänglich sind (z. B. durch ständiges Mitführen oder durch Aufbewahren in einem sicheren Behältnis, das nur den Berechtigten zugänglich ist). Reserveschlüssel sollen in einem anderen sicheren Behältnis untergebracht werden.
- 6.3. Lagerung
- 6.3.1. Im Lager dürfen nur die in der Erlaubnis, Genehmigung oder Betriebsplanzulassung festgelegten Arten und Höchstmengen von Sprengstoffen und Zündmitteln sowie Sprengzubehör und Hilfsmittel aufbewahrt werden.
- 6.3.2. Nur solche Hilfsmittel wie Geräte, Werkzeuge und Materialien für die Aufbewahrung und Ausgabe der Sprengmittel dürfen im Lager vorhanden sein, die eine gefahrlose Handhabung zulassen (z. B. nichtfunkenreißende Werkzeuge bei der Aufbewahrung von Pulversprengstoffen).
- 6.3.3. Sprengstoffe, sprengkräftige Zündmittel, nichtsprengkräftige Zündmittel und Sprengzubehör sind voneinander getrennt aufzubewahren, soweit die Erlaubnis, Genehmigung oder Betriebsplanzulassung nichts anderes bestimmt. Sprengschnur ist stets von anderen sprengkräftigen Zündmitteln zu trennen; sie darf jedoch mit Sprengstoff zusammen aufbewahrt werden.
- 6.3.4. Unbrauchbare Sprengstoffe und Zündmittel sind als solche zu kennzeichnen und bis zu ihrer Rückgabe an den Hersteller oder bis zu ihrer Vernichtung gesondert und nach Arten getrennt aufzubewahren.
- 6.3.5. Die angelieferten Sprengstoffe und sprengkräftigen Zündmittel sind unverzüglich einzulagern, soweit sie nicht unmittelbar verwendet werden, und in das zum Lager gehörige Verzeichnis für explosionsgefährliche Stoffe einzutragen.
- 6.3.6. Sprengstoffe, Sprengkapseln, sprengkräftige elektrisch. Zünder, Sprengverzögerer und Anzünder für Pulverzündschnüre dürfen nur in der Versandpackung aufbewahrt werden, sofern nicht eine andere Art der Aufbewahrung (z. B. Silolagerung unpatronierten Sprengstoffs) zugelassen ist.
- Bei der Lagerung in der Verpackung ist sicherzustellen,
- daß der Sprengstoff in Kammern nicht unmittelbar an den Stößen (Wänden) und nicht bis zur Firste (Decke) gestapelt wird (Mindestabstand 0,30 m),
 - daß die Sprengmittel von sich aus ihre Lage nicht verändern können,

- daß bei der größten Stapelhöhe noch eine sichere Handhabung möglich ist und
 - daß die unteren Lagen durch Belastung nicht in einer die Sicherheit beeinträchtigenden Weise verformt werden.
- Eine möglichst gleichmäßige Belegung der Kammergrundflächen unter Berücksichtigung der erforderlichen Zugänglichkeit ist anzustreben.
- 6.3.7. Die Höchstlagerzeiten für Sprengstoffe und Zündmittel sind zu beachten (siehe Anlage 4).
- 6.3.8. Bei Betriebseinstellung und bei Betriebsunterbrechung, die die nach Nr. 6.3.7 zulässigen Lagerzeiten überschreiten, ist das Lager zu räumen. Der Verbleib der Sprengstoffe und sprengkräftigen Zündmittel ist im Verzeichnis für explosionsgefährliche Stoffe zu vermerken.
- 6.4. Ausgabe
- 6.4.1. Sprengmittel müssen in der Reihenfolge ihrer Anlieferung ausgegeben werden. Dies darf nur durch einen dem Bergamt namhaft gemachten Sprengmittelausgeber geschehen.¹⁾
- 6.4.2. Aus Gründen der eindeutigen Zuordnung der Sprengstoffe zum Empfänger sollen diese in der Regel nur in Verpackungseinheiten ausgegeben werden. Läßt sich die Ausgabe einzelner Patronen gleicher Numerierung nicht vermeiden, so sind die an verschiedene Empfänger ausgegebenen Patronen unterschiedlich zu kennzeichnen.
- Bei der Ausgabe unverpackten unpatronierten Sprengstoffs aus Silos und Containern ist die jeweilige Menge mit geeigneten Mitteln festzustellen.
- 6.4.3. Jede Entnahme bzw. Ausgabe und Wiedereinnahme von Sprengstoffen und sprengkräftigen Zündmitteln ist unverzüglich in das Verzeichnis für explosionsgefährliche Stoffe einzutragen. Die Übereinstimmung von Soll- und Istbestand ist nach den Vorschriften der 2. DV Sprengstoffgesetz regelmäßig zu prüfen. Bei Abweichungen ist der Erlaubnisinhaber oder dessen verantwortlicher Vertreter sofort zu verständigen. Das Verzeichnis ist so zu führen und aufzubewahren, daß unberechtigte Personen keinen Einblick in den Lagerbestand gewinnen können.
- 6.4.4. Sprengmittel mit wesentlichen Mängeln der Kennzeichnung, Verpackung oder Beschaffenheit dürfen nicht ausgegeben werden. Der Erlaubnisinhaber oder der zuständige Befähigungsschein-
- ¹⁾ In Nordrhein-Westfalen brauchen die Sprengmittelausgeber dem Bergamt nicht namhaft gemacht zu werden.

inhaber ist unverzüglich zu verständigen. Er hat die Benachrichtigung des Bergamtes zu veranlassen. Das gleiche gilt bei Abhandenkommen von Sprengmitteln.

- 6.4.5. Sprengstoffe und sprengkräftige Zündmittel, die in das Lager zurückgebracht und wegen baldigen Aufbrauchs nicht wieder durch Eintragung im Verzeichnis vereinnahmt werden, müssen im verschlossenen Behälter getrennt von den noch nicht ausgegebenen Sprengmitteln aufbewahrt werden (bei betretbaren Lagern im Vorraum oder in der dafür bestimmten Kammer). Für diese Sprengmittelbehälter müssen Reserveschlüssel vorhanden sein, die nur der zuständigen Aufsicht und dem Sprengmittelausgeber zugänglich sind. Nach zwei Wochen noch nicht abgeholte Sprengmittel sind wieder zu vereinnahmen und neu auszugeben.
- 6.5. Arbeiten im Lager
- 6.5.1. Leeres Verpackungsmaterial und Abfälle sind aus dem Lager zu entfernen. Mit Sprengmittelresten ist nach Anweisung der zuständigen Aufsicht zu verfahren.
- 6.5.2. Arbeiten, die nicht der Lagerung und Ausgabe der Sprengmittel dienen, wie das Fertigmachen von Schlagpatronen oder das Ausklopfen von Sprengkapseln, dürfen im Lager nicht vorgenommen werden.
- 6.5.3. Rauchen sowie der Umgang mit offenem Licht und Feuer sind im Lager verboten. Im Umkreis von 50 m um das Lager, durch die Grubenbaue gemessen, dürfen keine leicht entzündlichen Stoffe gelagert und keine Arbeiten ausgeführt werden, die in gefährlicher Weise auf die Sprengmittel einwirken können. Dies gilt nicht, wenn das Lager geleert und gereinigt ist.
- 6.5.4. Transportfahrzeuge dürfen nur in das Lager hineinfahren, wenn von ihnen keine Gefährdung der Sprengmittel zu befürchten und dies ausdrücklich zugelassen ist.
- 6.6. Unterweisung und Dienstanweisung
Über die für die Verwaltung und Benutzung des Lagers maßgeblichen Vorschriften sind die in Frage kommenden Personen zu unterweisen. Ihnen ist auf Verlangen des Bergamtes eine Dienstanweisung auszuhändigen.
- 6.7. Überwachung
Der Erlaubnisinhaber hat dafür Sorge zu tragen, daß ständig ein vorschriftsmäßiger Zustand und ein ordnungsgemäßer Betrieb

des Lagers gewährleistet sind. Zu diesem Zweck hat die für das Lager verantwortliche Aufsicht in betrieblich festgelegten Zeitabständen Kontrollen durchzuführen.

7. Übergangsbestimmungen

- 7.1. Nach früheren Bestimmungen errichtete Sprengmittellager dürfen weiterbetrieben werden, wenn sie mindestens folgende Voraussetzungen erfüllen:
- 7.1.1. Lager müssen in standfester und unbrennbarer Ausführung errichtet sein.
- 7.1.2. Die Eingangswege und sonstigen Verbindungen zum Lager müssen so beschaffen sein, daß mit dem Übergreifen eines etwaigen Brandes von außen auf das Lager nicht zu rechnen ist.
- 7.1.3. Nicht betretbare Lager sowie Zündernischen und -kammern müssen durch volle Türen gesichert sein.
- 7.1.4. Türen müssen so eingebaut sein, daß ein Ausheben oder Aufbiegen mit Brechwerkzeugen verhindert wird.
- 7.1.5. Lager über 1000 kg Lagermenge müssen an den ausziehenden Wetterstrom angeschlossen sein. Bei Gruben mit natürlicher Wetterführung ist von der vorherrschenden Wetterrichtung auszugehen.
- 7.2. Auf Lager in der Nähe von Tagesöffnungen, die unter Nr. 4.13 dieser Richtlinien fallen, sind die Übergangsbestimmungen der „Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von über-tägigen Sprengmittellagern im Bereich der Bergaufsicht“ anzuwenden.
- 7.3. Eine Anpassung bestehender Lager an diese Richtlinien ist erforderlich, wenn Lager erweitert oder wesentlich geändert werden sollen oder wenn Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können.

Schutz- und Sicherheitsabstände
(Nr. 2.3, Nr. 3.1 und Nr. 3.2 der Richtlinien)

1.1. Überdeckung

- 1.1.1. Die Überdeckung bzw. sonstigen Abstände bis zur Tagesoberfläche müssen im Explosionsfall Schutz gegen einen Durchbruch nach über Tage bieten. Hierfür sind die nach der Beziehung $A [m] = 2 \cdot L^{1/2} [kg]$ errechneten, in Tabelle 1 genannten Werte maßgebend.
- 1.1.2. Zu Gebäuden, die dem dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, sind außerdem Schutzabstände gegen die Wirkungen der von einer eventuellen Explosion ausgehenden Erdstoßwelle einzuhalten. Diese sind in Tabelle 2 entsprechend der Beziehung $R_E [m] = K \cdot L^{1/2} [kg]$ angegeben. Sie sind vom Lagermittelpunkt aus durch das Gebirge zu messen.

1.2. Schutz- und Sicherheitsabstände in Bezug auf Tagesöffnungen

- 1.2.1. Bei Lagern, die vom Lagerzugang durch die Strecken gemessen näher als 100 m an mit mindestens 60 gon geneigten oder näher als 400 m an sünftigen oder weniger als 60 gon geneigten Tagesöffnungen liegen, gilt hinsichtlich der Schutz- und Sicherheitsabstände zu Wohn- und Betriebsgebäuden einschließlich anderen Lagern die Tabelle 3, die die Wirkungen der im Explosionsfall nach außen dringenden Luftstoßwelle nach der Beziehung $R_L [m] = K \cdot L^{1/2} [kg]$ berücksichtigt. Der von der Achse der Tagesöffnung in einem Öffnungswinkel von $30^\circ \approx 33 \text{ gon}$ nach außen weisende Bereich ist als Ausblaserichtung besonders gefährdet. Die richtungsgebundene Abstufung der Schutz- und Sicherheitsabstände ergibt sich aus den der Tabelle 3 zugeordneten Skizzen. Bei Lagern mit mehr als einer Tagesöffnung dürfen sich die Wirkungsbereiche der Luftstoßwellen in keinem Punkt überdecken.
- Die Schutzabstände zu öffentlichen Verkehrswegen betragen zwei Drittel der für Wohngebäude berechneten Schutzabstände.
- 1.2.2. Lager dürfen nicht unmittelbar in geradlinig zu Tage führenden Strecken errichtet werden.

- 1.2.3. Die Abstände nach Ziffer 1.2.1 sind von der Tagesöffnung aus zu messen. Sie dürfen in dem Maß verringert werden, wie durch zusätzliche Knickpunkte auf dem Weg vom Ort der Sprengmittellagerung bis zur Tagesöffnung im Explosionsfall mit einer Energievernichtung zu rechnen ist. Dabei ist für die Abstandsberechnung die Beziehung $R_L [m] = K \cdot \left(\frac{L}{n}\right)^{1/2} [kg]$ zum Anhalt zu nehmen, wobei für „n“ die Anzahl der vorhandenen Knickpunkte mit einem Winkel $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ ($\approx 67 \text{ gon} \leq \alpha \leq 133 \text{ gon}$) einzusetzen ist (Beispiele siehe Tabelle 4). Die Abknickungen müssen so weit voneinander entfernt liegen, daß von ihnen eine abschwächende Wirkung zu erwarten ist.
- 1.3. Bergfesten
- 1.3.1. Die als Sicherheitsabstand zwischen den Kammern eines Lagers und zu befahrbaren Grubenbauen dienenden Bergfesten ergeben sich aus Tabelle 5. Als Voraussetzung gilt dabei, daß ein Mindestabstand von 0,30 m zwischen Lagerwand und Sprengstoff eingehalten wird.
Wenn im Einzelfall, z. B. bei Silo- und Containerlagern, größere Lagermengen als in Tabelle 5 angegeben zugelassen werden, ist die Bergfeste nach der dort genannten Beziehung $E [m] = K \cdot L^{1/2} [kg]$ zu errechnen.
- 1.3.2. Wird im Sonderfall eine andere Belegungsdichte als 185 kg Sprengstoff/m³ Kammervolumen zugelassen, so sind die Bergfesten nach Maßgabe der Nr. 3.1.4 Satz 3 bis 5 der Richtlinien zu bemessen (Beispiele siehe Tabelle 5).
- 1.4. Bewertung der Lagermengen bei der Festlegung der Schutz- und Sicherheitsabstände
- 1.4.1. Die Schutz- und Sicherheitsabstände beziehen sich auf Lager mit Gesteinsprengstoffen, Wettersprengstoffen und Sprengschnur.
Für Lager mit Sprengkapseln, sprengkräftigen elektrischen Zündern und Sprengverzögerern wird zur Ermittlung der Lagermenge der Gehalt der o. a. Zündmittel an explosionsgefährlichen Stoffen pauschal mit 2 g/Stück angesetzt.
- 1.4.2. Bei der Berechnung der Schutz- und Sicherheitsabstände zu Objekten über Tage (Ziffern 1.1 und 1.2) und der Bemessung der Bergfesten (Ziffer 1.3) ist von der Lagermenge der Einzelkammer mit der größten Kapazität auszugehen.

Bauliche Anforderungen an Lager
(Nr. 3.1, Nr. 3.2 und Nr. 4 der Richtlinien)

1. Betretbare Lager

1.1. Allgemeine Anforderungen

- 1.1.1. Die Türen an den Lagerzugängen können entweder Volltüren aus Stahlblech von mindestens 3 mm Wandstärke oder Gittertüren sein. Bei Verwendung von Gittertüren ist Flachstahl von mindestens 5 mm Stärke und 25 mm Breite oder Stahlrohr von mindestens 20 mm Durchmesser und 2 mm Wandstärke zu verwenden. Das Gitter ist an allen Kreuzungsstellen zu verschweißen. Die Lochweite einer Gitteröffnung soll 120 x 120 mm nicht überschreiten. Die Türen müssen durch Diagonalverstreben gegen Verbiegen geschützt sein.
- 1.1.2. Die Türen von Kammern und Zündernischen müssen aus Stahlblech von mindestens 5 mm Wandstärke bestehen und durch Rahmen und Diagonalverstreben gegen Verbiegen geschützt sein. Bei Sprengstoffkammern kann aus zwingenden Gründen (z. B. Gebirgsdruck) auf die Volltür verzichtet werden, jedoch nur dann, wenn der Vorraum des Lagers nicht mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren befahren wird.
- 1.1.3. Bei der sich aus Ziffer 1.1.1 und 1.1.2 ergebenden doppelten Sicherung der Sprengmittel muß mindestens eine der Türen (Innen- oder Außentür, bei Zünderaufbewahrung stets die Innentür) eine Volltür sein. Nur bei der Aufbewahrung von ausschließlich ANC-Sprengstoffen dürfen Kammer- und Außentür Gittertüren sein.
- 1.1.4. Die Türen müssen allseitig genau in Rahmen eingepaßt sein, die mindestens Türstärke besitzen und bei vollen Türen so in die Wände eingelassen sind, daß weder Türen noch Rahmen Ansatzpunkte für Einbruchwerkzeuge bieten. Bei vollen Türen sollen die Türangeln innenliegend und angeschweißt sein.
- 1.1.5. Können die Türrahmen nicht in festem Gebirge verankert werden, so sind sie in armierten Beton Bn 350 von mindestens 20 cm Wandstärke einzusetzen. Zwischen Beton und Gebirge ist ein dichter Anschluß herzustellen.
- 1.1.6. Abweichungen von Ziffer 1.1.4 und 1.1.5 sind für Türen von Sprengstoffkammern zulässig, wenn betriebliche oder gebirgs-

technische Gründe dies erfordern. In diesem Fall ist ein gleichwertiger Einbruchschutz durch Verstärkung der Türen nach Ziffer 1.1.1 sicherzustellen.

- 1.1.7. Schiebetore sind so zu sichern, daß sie in geschlossenem Zustand allseitig fest am Rahmen anliegen und sich in keiner Richtung bewegen lassen.
- 1.1.8. Wetteröffnungen müssen so gesichert sein, daß niemand durch sie ins Lager gelangen oder in gefährlicher Weise auf den Lagerinhalt einwirken kann.
- 1.2. Besondere Anforderungen an Silolager
 - 1.2.1. Die ausreichende Festigkeit der Silokonstruktion und ihrer Aufhängung muß durch Berechnung nachgewiesen sein. Statische Höchstbelastung und eventuelle dynamische Belastungen sind dabei zu berücksichtigen.
 - 1.2.2. Zur Vermeidung eines festen Einschlusses des Sprengstoffes sind entweder Stahlbehälter mit Ringspalt oder geeignete Kunststoffbehälter als Silo zu verwenden. Innenflächen und Auslauf müssen glatt und strömungsgerecht ausgebildet sein.
 - 1.2.3. Die Silokonstruktion muß zum Ableiten etwaiger elektrostatischer Aufladungen geerdet sein.
Am Silo ist ein entsprechender Anschluß vorzusehen, um über eine leitfähige Verbindung einen Potentialausgleich zwischen Silokonstruktion und Sprengfahrzeug herstellen zu können.
 - 1.2.4. Der Sprengstoff muß durch einen Einfülltrichter, der mindestens das Fassungsvermögen des zu entleerenden Sprengstoffcontainers aufweist, aufgegeben werden, wenn dem Silo eine Falleitung vorgeschaltet ist. Der Einfülltrichter muß aus ausreichend leitfähigem Material mit auf der Innenseite korrosionsfester Oberfläche bestehen. Er muß mit dem Silo bzw. der Falleitung so verbunden sein, daß kein Sprengstoff vorbeifallen kann.
 - 1.2.5. Werden die Sprengstoffcontainer über einen Rütteltisch entleert, so muß dieser bzw. dessen Tragkonstruktion so gebaut sein, daß eine Übertragung der Schwingungen auf das Silo bzw. die Falleitung ausgeschlossen ist.

- 1.2.6. Bei Verwendung einer Falleitung ist in deren unterem Teil zu Kontrollzwecken ein herausnehmbarer Abschnitt von mindestens 0,5 m Länge vorzusehen. Der Austrag muß verlustfrei in das Silo entleeren.
 - 1.2.7. Wird ein Silolager mit mehreren Silos über eine Falleitung beschickt, so muß die Schwenkvorrichtung zum wechselseitigen Beschicken der Einzelsilos mit ihrem Austrag eindeutig über der Öffnung des jeweils zu füllenden Silos festgelegt werden können, so daß sie sich auch während des Füllvorganges nicht aus ihrer Lage verändern kann. Ziffer 1.2.6 gilt sinngemäß.
 - 1.2.8. Bei größerer Entfernung zwischen dem Ort des Einfüllens in die Falleitung und dem Austrag muß eine Verständigungseinrichtung (Telefon, Signalanlage) vorhanden sein, so daß die Überfüllung eines Silos verhindert wird.
 - 1.2.9. Der Austrag jedes Sprengstoffsilos muß in seiner Bauart so beschaffen sein, daß ein unbeabsichtigtes Aus- oder Überlaufen von Sprengstoff verhindert wird.
 - 1.2.10. Einfülltrichter und Falleitungen sind Bestandteil des Silolagers. Die Bestimmungen der Ziffer 1 über den Verschluß sind sinngemäß anzuwenden.
2. **Nicht betretbare Lager**
 - 2.1. Bei Einbau des Schrankes in den Stoß ist auf der Zugangsseite ein dichter Anschluß an das Gebirge herzustellen.
 - 2.2. Die Außentür nicht betretbarer Lager muß aus Stahlblech von mindestens 5 mm Wandstärke bestehen und durch Rahmen und Diagonalverstreben gegen Verbiegen geschützt sein.
 - 2.3. Ist der Sprengstofflagerraum mit einer verschließbaren Tür von mindestens 3 mm Wandstärke versehen, so kann die Außentür abweichend von Ziffer 2.2 schwächer gewählt werden, darf jedoch 3 mm Wandstärke nicht unterschreiten.
 - 2.4. Das Zündmittelfach muß in jedem Falle mittels einer 5 mm starken Stahlblechtür gesondert verschließbar sein.

- 2.5. Die Trennwand zwischen dem Zünderfach und dem Sprengstofflagerraum muß aus Stahlblech von 10 mm Wandstärke bestehen.
- 2.6. Die Außentür muß so in den Rahmen eingepaßt sein, daß sich keine Ansatzpunkte für Einbruchwerkzeuge bieten. Die Türangeln sollen innenliegend und angeschweißt sein. Für Nischenlager (Nr. 3.2.1 der Richtlinien) gelten die Einbauvorschriften gemäß Ziffern 2.1 und 2.2 sinngemäß.

3 Türschlösser

- 3.1. Türschlösser gelten als Sicherheitsschlösser nach Nr. 4.12 der Richtlinien, wenn sie der PTZ-Norm 7231.00 entsprechen und für den Einbau in Außentüren geeignet sind (Oberflächenschutz der korrosionsempfindlichen Teile). Sie sind nach den Angaben des Herstellers einzubauen.
- 3.2. Bei anderen Schlössern ist eine Bescheinigung des Herstellers erforderlich, daß sie die Anforderungen nach Ziffer 3.1 gleichwertig erfüllen.
- 3.3. Sämtliche Schlösser eines Lagers sollen voneinander verschiedene Schlüssel haben.

4 Elektrische Betriebsmittel

- 4.1. Jede elektrische Anlage muß von einer schnell erreichbaren Stelle außerhalb des Sprengmittellagers allpolig abgeschaltet werden können.
 - 4.2.1. Ortsfeste Leuchten müssen mindestens staubgeschützt und spritzwassergeschützt nach VDE 0710 ausgeführt sein.
 - 4.2.2. Die Leuchten müssen mit einem lichtdurchlässigen Teil und einem äußeren Schutzgitter versehen sein. Das Schutzgitter kann entfallen, wenn lichtdurchlässige Teile verwendet werden, deren Festigkeit gleich der des Schutzgitters ist.
 - 4.2.3. Leuchten mit Entladungslampen dürfen verwendet werden, wenn sie den Bestimmungen VDE 0170 oder 0171 entsprechen.
- 4.3. Steckvorrichtungen brauchen nur in Schutzart IP 44 nach DIN 40050 ausgeführt zu sein. Sie müssen jedoch mit einem nach Entfernen des Steckers selbsttätig schließenden Deckel versehen sein.

34

- 4.3.1. Es dürfen nur Steckvorrichtungen verwendet werden, die mechanisch oder elektrisch so verriegelt sind, daß das Einsetzen und Herausziehen des Steckers nur in stromlosem Zustand möglich ist und daß das Unterspannungsetzen der Kontakteile in getrenntem Zustand verhindert ist.

- 4.3.2. Die Steckvorrichtungen müssen so installiert sein, daß der Stecker nur von unten mit einer Neigung bis höchstens 30° (≈ 33 gon) gegen die Senkrechte eingeführt werden kann.

- 4.4. Soweit für den Betrieb des Sprengmittellagers weitere elektrische Anlagen erforderlich sind, müssen diese den Bestimmungen VDE 0166, Entwurf Februar 76, entsprechen.

- 4.5. Verteileranlagen, Kupplungssteckvorrichtungen, Betriebsmittel mit brennbaren Flüssigkeiten und Widerstandsanzünder dürfen in Sprengmittellagern nicht verwendet werden.

- 4.6. Bei besonders ungünstigen Bedingungen (z. B. Gasgefahr, Gebirgsbewegungen, ungünstiges Grubenklima) können die elektrotechnischen Vorschriften verschärft werden.

5 Zusätzliche Brandschutzeinrichtungen für Silolager (Nr. 4.7 der Richtlinien) und gegebenenfalls für Containerlager

- 5.1. Die Wassertörscheinrichtung von Silolagern ist so auszubilden und zu bemessen, daß im Brandfall jedes Silo schnell unter Wasser gesetzt werden kann.

- 5.2. Die Wasseraufgabe soll von oben unmittelbar in das Silo hinein erfolgen; die Auslösung muß von sicherer Stelle am Lagerzugang möglich sein.

- 5.3. Damit die im Löschfalle ausfließende sprengstoffhaltige Trübe nicht unkontrolliert das Sprengmittellager und andere Grubenbaue überschwemmen kann, sind Sammelgruben ausreichender Größe anzulegen, die eine spätere schadlose Beseitigung der Trübe ermöglichen.

- 5.4. Bei der Wahl des Standorts von Containerlagern ist die Möglichkeit der Bereitstellung ausreichender Wassermengen zum Löschen eines Entstehungsbrandes zu prüfen.

35

Einzelheiten zur Detonation des Sprengmittellagers
des Kaliwerks Buggingen am 22.12.1971

Das Lager befand sich in einer Teufe von 850 m. Es hatte zwei Verbindungen zum restlichen Grubengebäude; eine als kurze Verbindung von nur 175 m Länge zum Schacht und eine zweite der Wetterführung dienende Strecke.

Zum Zeitpunkt der Explosion befanden sich folgende Sprengstoffe im Lager:

Gesteinsprengstoff Andex 1	: 3500 kg
" Donarit 1	: 6500 kg
Wettersprengstoff Klasse I	
Nobelit B	: 800 kg

Darüber hinaus befanden sich 41 540 schlagwettersichere U-Zünder als Moment-, Milli- und Halbsekundenzünder in dem Lager. Bei der Explosion sind also insgesamt 10,8 t Sprengstoff zur Umsetzung gekommen.

Auswirkungen der Explosion auf den Schacht 3 bzw. im schachtnahen Bereich:

- 1) Ein Vorziehaspel, der ca. 16 m vom Schacht entfernt stand, wurde im Schachtsumpf wiedergefunden.
- 2) 3 6-KV Einheiten, ca. 24 m vom Schacht entfernt stehend, wurden ebenfalls im Schachtsumpf aufgefunden.
- 3) 1 Wettertür, ca. 27 m vom Schacht entfernt, wurde zertrümmert, die Reste fielen in den Schachtsumpf.
- 4) 1 Kabeltrommelwagen, ca. 12 m vom Schacht entfernt, wurde in den Schachtsumpf geschleudert.
- 5) Von den 10 Förderwagen, die vor dem Schacht standen, wurden 6 im Schachtsumpf gefunden, 2 Förderwagen blieben im Schachtbereich liegen.

- 6) Im Schachtsumpf wurden diverse Schachtmiteleinbauten aufgefunden sowie das Schachtsignal.
- 7) Die Klappspurlatte mit Oberteil vom Füllort der 850 m Sohle wurde bei 890 m gefunden; das Unterseil der Klappspurlatte vom Füllort 850 m Sohle wurde bei ca. 980 m wiedergefunden.
- 8) Ein Hummel-Schlepper, der ca. 40 m entfernt vom Schacht in der Strecke stand, wurde in den Schachtsumpf befördert.
- 9) Das Schachttor wurde zerstört, die Einzelteile konnten ebenfalls im Schachtsumpf gefunden werden bzw. waren im Schacht verstreut.
- 10) 1 Transformator 200 KVA wurde über eine Entfernung von 100 m in den Schachtbereich geschleudert.
- 11) 8 Stahlbogenausbaue und ca. 25 m Bandkonstruktion stürzten ein.
- 12) 1 Transformator 500 KVA wurde über eine Entfernung von 50 m in den Schachtbereich geschleudert.
- 13) 11 Stahlausbaubögen der vom Sprengstofflager zum Schacht führenden Strecke wurden verbogen und auseinandergerissen.
- 14) Ein Transloader wurde in zwei Teile zerrissen und 30 m weiter geschleudert.

Personenschaden:

Die Explosion forderte 3 Todesopfer durch die Einwirkung giftiger Detonationsschwaden.

Einzelheiten über Versuche in der Tschechoslowakei und in den USA zur Feststellung der Auswirkungen von Sprengmittellagerexplosionen

Will man Aussagen über die Wirkungen von Druckwellen, ausgelöst durch Detonationen von Sprengstoffen in der Praxis unter Tage, erhalten, muß man auf empirisch experimentell in Versuchen durch Druckaufnehmer ermittelte Werte zurückgreifen. Hierbei werden bestimmte Sprengstoffmengen unter Tage zur Detonation gebracht, und in bestimmten Abständen zum Herd der Detonation wird der auftretende Druck gemessen.

So wurden in der Tschechoslowakei entsprechende Versuche durchgeführt. Es wurden Lademengen von 100 bis 2600 kg fast unter Betriebsbedingungen in einer alten Uranerzgrube in einer Tiefe von 350 m in einem Sprengstofflager und am blinden Ende einer Strecke gezündet. Nach der Detonation von 100 kg Perunit, einem Ammon-Gelit 3 ähnlichen gelastinösen Sprengstoff, in einer Strecke von 4 m^2 betrug der Stoßwellendruck in 15 m Entfernung 60 bar und in 40 m Entfernung bei 15 bar. Die entsprechenden Werte für 1000 bar lagen für eine Entfernung von 50 m bei 60 bar und für 100 m bei 15 bar (9.3).

Bei Versuchen in einem Stollen in Amerika wurden folgende Ergebnisse erzielt (9.48).

Bei einer Ladung von 462 kg TNT wurden in einem Abstand von 300 m ein Druck von 1,57 bar, in einem Abstand von 450 m ein Druck von 1,24 bar und in 600 m Abstand ein Druck von 1,03 bar gemessen. Bei einer Lademenge von 109 kg TNT betrug der Druck in 150 m Entfernung 1,55 bar, in 300 m Entfernung 0,96 bar, in 450 m Entfernung 0,5 bar und in 600 m nur 0,5 bar. Die gleichen Entfernungen wurden in einem dritten Versuch bei der Detonation von nur

27 kg jeweils 0,47 bar, 0,19 bar, 0,19 bar und 0,13 bar
gemessen.

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
1	264	09.09.1664	Salzberg Hallstatt Kaiser Leopold Horizont	brennbar	-	Bläser mit Flamme; 10 Ver- letzte	10.84
2	265	1709	Salzberg Hallstatt Kaiserin Katherina Theresia Horizont	brennbar	-	brennende Sole	10.84
3	266	1711	Salzberg Hallstatt Kaiser Josef Horizont	-	-	Bläser; Dauer: 4 Jahre	10.84
4	267	1719	Salzberg Hallstatt Kaiser Josef Horizont	brennbar	-	Dauer: 4 Jahre	10.84
5	268	1797	Salzberg Hallstatt Kaiser Leopold Horizont	brennbar	-	-	10.84
6	269	1805	Salzberg Hallstatt Kaiser Leopold Horizont	-	-	Bläser	10.84
7	270	1820	Salzberg Hallstatt Kaiser Leopold Horizont	brennbar	-	-	10.84
8	271	1835	Salzberg Hallstatt Kaiser Josef Horizont	brennbar	-	Dauer: 5 Wochen	10.84
9	272	1866	Salzberg Hallstatt Kaiserin Katharina Theresia Horizont	brennbar	-	brennende Sole	10.84
10	273	1871	Salzberg Hallstatt Kaiserin Elisabeth Horizont	CH ₄	-	-	10.84
11	1	1875	Douglashall	brennbar	-	1,5m hohe Flamme; Dauer: 2-3 Monate	10.24
12	275	1876- 1882	Salzberg Hallstatt Kaiserin Maria Theresia Horizont	brennbar	-	Bläser Dauer: 6 Jahre	10.84
13	2	1878	Neustaßfurt	93% H 0,8% CH ₄	-	1,5m Flamme Dauer: 2-3 Monate	10.24
14	274	1878- 1880	Salzberg Hallstatt Kaiserin Elisabeth Horizont	brennbar	-	Dauer: 2 Jahre	10.84
15	300	1883	Schweiz Salzbergbau von Forthément und Bevieux	Erdgas	-	2 Verletzte Dauer: 7 Jahre Schlagwetter- explosion	10.84
16	276	1886	Salzberg Hallstatt Kaiserin Christina Horizont	brennbar	-	-	10.84
17	3	1886	Ludwig II	H ₂	-	-	10.41 10.68
18	4	1887	Leopoldshall	H ₂ S	-	4 Tote	10.68
19	5	1889	Leopoldshall	H ₂ S	-	7 Tote	10.68
20	277	1890	Salzberg Hallstatt Kaiserin Katharina Theresia Horizont	brennbar	-	-	10.84
21	278	1894	Salzberg Hallstatt Kaiserin Christina Horizont	brennbar	-	Dauer: 2 Tage	10.84
22	6	1895	Werra Kalibergbau Salzungen	CO ₂	-	-	10.67 10.22
23	7	1896	Werra Kalibergbau Salzungen	CO ₂	größere Mengen	-	10.67

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
24	296	1900- 1949	Polen; Bochnia	CH ₄ und N	bis 1000m ³	4 Tote	10.37
25	279	1900	Salzberg Hallstatt Kaiserin Katharina Horizont	brennbar	-	-	10.84
26	8	1900	Werra Kalibergbau Salzungen	CO ₂	-	Tote	
27	9	1902	Hannover Frisch-Glück	brennbar	-	Schlagwetter-explosion	10.48
28	280	1902	Salzberg Hallstatt Kaiserin Elisabeth Horizont	brennbar	-	-	10.84
29	281	1903	Salzberg Hallstatt Kaiserin Christina Horizont	brennbar	-	-	10.84
30	282	-	Salzberg Hallstatt Kaiserin Christina Horizont	brennbar	-	-	10.84
31	10	23.08.1904	Hannover Frisch-Glück	79% CH ₄ 19,9% N 0,3% CO ₂	-	12Tote, 8 Ver- letzte, Explo- sion	10.68 10.83 10.37
32	11	08.08.1905	Leopoldshall	83,6% H 4,4% CH ₄	-	Bläser mit me- terlanger Flamme	10.24
33	12	07.05.1906	Hannover/Limmer- Dehnsen Desdemona	-	-	4Tote; Schlag- wetterexplosion	10.37 10.83 10.68
34	13	1907	Südharz Bleicherode	12% CH ₄ 88% N	-	Dauer: ca. 10 min	10.37 10.41
35	14	1907	Südharz Bleicherode	brennbar	-	Dauer: 10 min	10.41
36	15	1907	Hannover/Limmer- Dehnsen Desdemona	-	-	-	10.41
37	16	1907	Hannover Frisch-Glück	0,15% CH ₄	-	Dauer: 4 Wochen	10.41
38	17	1907	Hannover Frisch-Glück	-	-	-	10.41
39	18	1907	Hattorf	CO ₂	-	-	10.41
40	19	10.09.1907	Heldrungen II	viel N wenig CH ₄	-	-	10.41
41	20	1907	Neu-Bleicherode	-	-	wahrscheinlich Stickstoff	10.41 10.88
42	21	1907	Nordhäuser-Kaliwerke	99,2% N 0,4% O	-	geringe Dauer	10.41
43	22	1907	Sollstedt	-	-	wahrscheinlich Kohlenwasser- stoffe; geringe Dauer	10.41
44	23	1907	Staufurt, Schacht II bei Tarthun	82,3% H 3,6% O 14,5% N	größere Mengen	Dauer: mehrere Monate	10.41 10.37 10.83
45	24	1908	Südharz Bleicherode	12% CH ₄ 88% N	-	Dauer: mehrere Tage	10.41 10.83
46	25	1908	Burbach bei Beendorf	brennbar	-	-	10.41
47	26	1908	Hannover/Limmer- Dehnsen Desdemona	-	-	-	10.41
48	27	1908	Hannover/Limmer- Dehnsen Desdemona	55% CH ₄ 20% C ₂ H ₆ 25% N	-	Bläser; Dauer: ca. 2 Tage	10.41 10.83

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
49	28	16.04.1908	Werra Kalibergbau Dietlas	Kohlensäureschnee	-	-	10.67
50	29	27.11.1908	Werra Kalibergbau Dietlas	Kohlensäureschnee	-	1 Toter; CO ₂ Ausstoß ü.f.	10.67
51	30	1908	Vereinigte Ernsthall bei Wansleben	34,4% CH ₄ 22,1% H 3,5% H ₂ S 32,8% N	-	Dauer: wenige Stunden	10.41
52	31	1908	Hannover Frisch-Glück	-	-	-	10.41
53	32	27.11.1908	Großherzog von Sachsen I	CO ₂	4000 m ³ Salz	bis 1950 ca. 900 Gasausstritte	10.48 10.61
54	33	1908	Hattorf	-	-	-	10.41
55	34	01.12.1908	Heldrungen II	CH ₄	-	-	10.41
56	35	1908	Hildesia	47,9% CH ₄ 49,9% N	-	Bläser; Gas stand unter 2 atm Druck	10.41
57	36	1908	Johannashall bei Beesenstedt	brennbar	-	Explosion	10.41
58	37	1908	Staßfurt/Salzmünde	41,1% CH ₄ 11,3% H 46,4% N	-	-	10.37 10.83 10.24
59	38	1908	Salzmünde bei Zappendorf	brennbar	-	wahrscheinlich CH ₄	10.41
60	39	1908	Sollstedt	brennbar	-	Bläser; Dauer: 5 Stunden	10.41
61	40	1908	Staßfurt, Schacht II bei Tarthun	brennbar	-	wahrscheinlich Wasserstoff; Dauer: mehrere Monate	10.41
62	41	1909	Staßfurt/Berlepschschacht	brennbar 85% CH ₄	-	Dauer: 14 Tage	10.41
63	42	1909	Burbach	22,2% CH ₄	-	-	10.41
64	43	1909	Burbach	brennbar	-	-	10.41
65	44	1909	Burbach	6,5% H 20,6% CH ₄ 70,2% N	-	-	10.41
66	45	1909	Burbach	CH ₄ , O, H, und viel N	-	-	10.41
67	46	1909	Heldrungen II	-	-	Laugeneinbruch	10.41
68	47	1909	Neuhof	59% CO ₂ 8% O 33% N	-	-	10.41
69	48	1909	Roßleben	37,7% CH ₄ 12,9% H 49,4% N	-	Dauer: mehrere Monate	10.41 10.83
70	49	1909	Sollstedt	Spuren von CH ₄	-	-	10.41
71	50	1909	Staßfurt, Schacht II bei Tarthun	brennbar	-	-	10.41
72	51	1909	Walbeck	27% CH ₄ 6% C ₂ H ₆ 62% N	-	-	10.41 10.83
73	52	1910	Aller-Nordstern	-	-	wahrscheinlich Kohlenwasserstoff und Stickstoff; Dauer: 8 Tage	10.41

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
74	53	1910	Alleringersleben	23,5% CH ₄ Rest N	-	-	10.41
75	54	1910	Staßfurt Berlepschschacht	brennbar	-	Dauer: 24 Std.	10.41
76	55	1910	Burbach	30% CH ₄	-	-	10.41
77	56	1910	Burbach	29,6% CH ₄ 69,1% N	80-100 l/min, danach 10-15 l/min	-	10.41
78	57	1910	Burbach	33% CH ₄	-	-	10.41
79	58	1910	Burbach	33,2% CH ₄	-	-	10.41
80	59	1910	Burbach	7,3% O 22,2% CH ₄ 70,5% N	-	Bläser, Gas brannte mit starker Flamme	10.41
81	60	1910	Hannover Desdemona	25,5% O 0,1% CO ₂	-	Probe wurde nachträglich entnommen	10.41
82	61	1910	Hattorf	-	-	wahrscheinlich CO ₂	10.41
83	62	1910	Hugo	viel N	-	Dauer: ca. 6 Wochen Bläser	10.41
84	63	1910	Staßfurt Leopoldshall	4% CH ₄ 84% H	-	-	10.37
85	64	1910	Südharz/ -Ludwigshall Immenrode	85% CH ₄ 15% N	-	Bläser, Dauer: mehrere Wochen	10.41 10.83
86	65	1910	Neu-Bleicherode	30% CH ₄	-	Dauer: 1,5 Std.	10.41
87	66	1910	Neuhof	CO ₂	-	Bläser, Dauer: mehrere Tage	10.41
88	67	1910	Ronnenberg	fast nur N	-	Dauer: 2 Std.	10.41
89	68	1910	Roßleben	23,1% CH ₄ 61,7% N	-	-	10.41
90	69	1910	Südharz/Sollstedt	40% CH ₄ 60% N	-	Bläser mit blauer Flamme; Dauer: 15 min	10.37 10.83 10.41
91	250	11.02.1911	Oberelsaß/Amelie I	CH ₄	-	1 Verletzter, Bläser mit Flamme	10.58
91	251	11.08.1911	Oberelsaß/Amelie I	CH ₄	-	Bläser mit Flamme, 1 Toter	10.58
92	70	27.11.1911	Hannover-Großhäusing Aller-Nordstern	11,5% CH ₄ 8% O 79,5% N	-	6 Verletzte, 2Tote; Schlag- wetterexplosion	10.91 10.83 10.37
93	71	1911	Aller-Nordstern	-	große Mengen	Gas stand unter hohem Druck	10.41
94	72	1911	Bleicherode	-	-	-	10.41
95	73	1911	Burbach	31,2% CH ₄ 64,4% N 4,4% H	-	-	10.41
96	74	1911	Ernstshall/Georgi- schacht	29,7% CH ₄ 70,2% N	anfangs groß	Gasaustritt mit Lauge	10.41
97	75	1911	Hattorf	CO ₂	teilw. große Mengen	-	10.41
98	76	1911	Heringen	CO ₂ mit 0,02-0,04 CH ₄	-	Bläser, Dauer: mehrere Wochen	10.41
99	77	1911	Hildesia	-	-	-	10.41
100	78	1911	Kleinbodungen I	32% CH ₄ Rest N	große und kleinere Mengen	-	10.41

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
101	79	1911	Südharz/Nebra	Erdgas 28% CH ₄ 7,8% C ₂ H ₆ 63,7% N	-	Bläser	10.41 10.88
102	80	1911	Neuhof	CO ₂	-	Dauer: 20 min	10.41
103	81	1911	Roßleben	35,9% CH ₄ 12% H 52,1% N	-	-	10.41
104	82	1911	Sollstedt	25% CH ₄	-	-	10.41
105	83	24.12.1912	Lindwedel bei Hope Adolfsglück	CH ₄	-	Gasaustritt mit Erdöl; 5 Tote; Gas brannte	10.68 10.37 10.83
106	84	1912	Südharz/Bismarkshall	CH ₄	-	-	10.61
107	85	1912	Burbach	0,2% CH ₄ 12,2% O 24,6% H 62,6% N	große Mengen	Gas stand unter hohem Druck	10.41
108	86	1912	Fürstenhall	brennbar	-	-	10.41
109	87	1912	Groß-Schierstedt	93% H 1,5% CH ₄ 5,5% N	-	-	10.41
110	88	1912	Hattorf	CO ₂	große Mengen	geringe Dauer	10.41
111	89	1912	Heldrungen II	brennbar	-	-	10.41
112	90	1912	Südharz Kraja-Sollstedt	N und CH ₄ ; aber auch CO ₂ und H ₂ S	-	2 Tote; Bläser	10.41 10.83 10.88
113	91	1912	Staufurt/Nebra	28% CH ₄ 64% N 8% schwere C	-	-	10.41 10.37 10.83
114	92	1912	Orlas bei Wippach	6% H ₂ S 1% CH ₄ 13,5% H 79,5% N	-	Dauer: einige Wochen	10.41
115	93	1912	Richard bei Lossa	-	-	wahrscheinlich Kohlenwasserstoffe	10.41
116	94	1912	Siegfried bei Groß-Giesen	2,8% CH ₄ 13,3% H 83,4% N	-	Dauer: 2 Monate	10.41
117	95	1912	Sollstedt	CH ₄ und N	-	Dauer: 5-10 min	10.41
118	96	1912	Walter bei Hauteroda	H ₂ S und CO ₂	-	-	10.41
119	97	1912	Weidtmannshall	-	-	-	10.41
120	98	1912	Wintershall	-	-	wahrscheinlich CO ₂	10.41
121	252	08.12.1913	Oberelsaß Marie-Luise	CH ₄	-	1 Verletzter; Bläser, der sich entzündete	10.58
122	99	1913	Adolfsglück	-	150 t	Gasaustritt mit Erdöl (leichtes)	10.83
123	100	1913	Bartensleben bei Morsleben	65,6% CH ₄ 34,4% N	120-150 l/min	-	10.41
124	101	1913	Bergmannsseggen	-	-	Gasaustritt mit Lauge	10.41
125	102	1913	Frisch-Glück	CH ₄	-	Gasaustritt mit Erdöl	10.41

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
126	103	1913	Hansa Silberberg	-	-	Gasaustritt mit Lauge	10.41
127	104	1913	Gilten Schacht Hedwig	-	-	wahrscheinlich Schwefelkohlenstoff	10.41
128	105	1913	Königsburg bei Lehrte	0,192 H ₂ S	-	Gasaustritt mit Lauge	10.41
129	106	1913	Craja I	18,6-27% CH ₄ , Rest N	-	Dauer: 1 Jahr	10.41
130	107	1913	Südharz/Neubleicherode	40% CH ₄ viel H ₂ S	-	Dauer: mehrere Monate	10.88
131	108	1913	Neuhof	CO ₂	ca. 5 l/min	Dauer: mehrere Wochen	10.41
132	109	1913	Neu-Mansfeld	6,2% H 28,5% CH ₄ 63,9% N	-	Dauer: einige Tage	10.41
133	110	1913	Siegfried bei Groß-Giesen	8,4% H 4% CH ₄ 87,1% N	-	Gas besaß einen Druck von 1,75 atm	10.41 10.83
134	253	30.03.1914	Oberelsaß/Reulsland	CH ₄	-	5 Verletzte; Bläser mit Stichflamme	10.58
135	283	1914	Schraml-Grube	Grubengas	-	Dauer: 3-4 Tage; Bläser	10.84
136	111	1914	Südharz/Bismarkshall	-	-	Gasaustritt mit Lauge	10.88
137	112	1914	Südharz/Bismarkshall	CH ₄	-	Dauer: mehrere Monate, mit Lauge	10.62
138	113	1914	Hannover/Desdemona	2,23% CH ₄ 19,4% O Und N	-	-	10.41
139	114	1914	Südharz Glückauf-Sondershausen	-	-	Bläser mit blauer Flamme	10.88
140	115	1914	Hambühren	geringe Menge CH ₄	-	-	10.41
141	116	1914	Hildesia	47% CH ₄	-	-	10.41
142	117	1914	Südharz Kraja-Sollstedt	N ₂ und CH ₄ aber auch CO ₂ und H ₂ S	-	Bläser	10.88
143	118	1914	Neuhof	CO ₂	-	Dauer: einige Wochen	10.41
144	119	1914	Schacht Reinhardbrunn des Kaliwerks Levershausen	viel H ₂ S	-	Gasaustritt mit Lauge	10.41
145	120	1914	Schacht Reinhardbrunn des Kaliwerks Levershausen	80% N 20% O	größere Mengen	-	10.41
146	121	1914	Weidmannshall bei Bischofferode	85,5% N 9,6% CH ₄ 4,2% O	anfangs große Mengen	Gasaustritt mit Lauge; Dauer: mehrere Monate	10.41
147	122	1914	Wendland	9,13% CH ₄ 16,3% O Rest N	-	-	10.41 10.83
148	123	1914	Wendland	2,86% CH ₄ 18,6 O Rest N	-	Bläser; Gase standen unter hohem Druck	10.41
149	124	1914	Zornitz	89% H 2,4% CH ₄ 3% N	-	Dauer: 5 Wochen	10.41

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
150	125	1915	Neu-Staßfurt	brennbar	-	wahrscheinlich reiner H	10.41
151	126	1915	Weidtmanshall	2% CH ₄	-	-	10.41
152	254	04.10.1916	Oberelsaß/Theodor	CH ₄	-	2 Verletzte; Bläser mit Stichflamme	10.58
153	255	19.10.1916	Oberelsaß/Max	CH ₄	-	1 Verletzter	10.58
154	127	1916	Berlepschschacht	brennbar	-	Dauer: 5 Wochen	10.41
155	128	1916	Bleicherode	brennbar	-	Dauer: 2 min	10.41
156	129	1916	Werra Kalibergbau Einheit I	CO ₂	-	Bläser; Gasaustritt mit Erdöl	10.67
157	256	31.10.1917	Oberelsaß/Theodor	CH ₄	-	2 Verletzte	10.58
158	257	19.12.1917	Oberelsaß/Theodor	CH ₄	-	2 Verletzte	10.58
159	130	1917	Hope	-	-	Gasaustritt mit Erdöl	10.41
160	131	1917	Südharz Neubleicherode	40% CH ₄ 1,1% H ₂ S Rest N	max. 4-8 m ³ /h Durchschnitt: 2 m ³ /h Lauge	Gasaustritt mit Lauge; Dauer: mehr als 3 Jahre	10.88 10.83
161	132	1917	Wendland	14,2% CH ₄ Rest N	-	-	10.41
162	258	02.07.1918	Oberelsaß Reichsland	CH ₄	-	1 Toter	10.58
163	259	23.09.1918	Oberelsaß/Theodor	CH ₄	-	1 Toter	10.58
164	260	25.03.1919	Oberelsaß/Theodor Prinz Eugen	CH ₄	-	11 Verletzte 4 Tote; Gebirgs- schlag mit Bläser	10.58
165	133	1919	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	60 t	-	10.51
166	134	1919	Südharz Reinhardsbrunn	viel H ₂ S	-	Gasaustritt mit Lauge	10.88
167	285	1920	Salzbergbau Berchtesgarden	-	-	wahrscheinlich N; Bläser	10.84
168	135	1921	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	80 t	-	10.51
169	136	1922	Südharz/Bernterode	-	-	Gasaustritt mit Lauge; Dauer: 5 Jahre	10.88
170	137	1922	Südharz Volkenroda-Pöthen	5,2% CH ₄ 9,1% C ₂ H ₆	-	Bläser; Dauer: mehrere Wochen	10.88 10.87
171	138	1915-1926	Südharz/ Sollstedt	-	-	-	10.88
172	139	1925	Südharz Neubleicherode	viel CH ₄ und H ₂ S	-	Bläser; Gasaustritt mit Lauge	10.88
173	140	1925-1930	Südharz Bismarkshall	-	-	Dauer: 5 Jahre	10.88
174	141	1926	Werra Kalibergbau Menzengraben	Kohlensäure- reschnee	-	Dauer: ca. 8.St.	10.67
175	142	1926	Südharz/Sollstedt	CH ₄ und H teilw. H ₂ S	5-6 l/min	Gasaustritt mit Lauge	10.88
176	143	1926	Südharz Bismarkshall	-	-	Bläser	10.88
177	144	1926-1930	Südharz Kraja-Sollstedt	viel CH ₄ und N; auch H	6,4 m ³ /h	-	10.88

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
178	145	1926- 1931	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	-	10.62
179	146	1926- 1938	Südharz Neubleicherode	viel CH ₄ und H ₂ S	Laugenmengen: 23-40 l/min; Durchschnitt 2 m ³ /h	Bläser	10.88
180	284	1927	Salzberg Altaussee Scheibenstollen	-	-	Bläser, Dauer: 4 Std.	10.84
181	286	1927	Salzberg Altaussee Horizont Franzberg	19,2% CH ₄ 77,6% N	1,5 l/min bis 1937	Bläser	10.84
182	147	1929	Südharz Bismarkshall	-	-	Bläser, Dauer: 1 Jahr	10.88
183	148	02.06.1930	Südharz Volkenroda	11% CH ₄ 39,6% C ₂ H ₆ 46,5% N	1 m ³ /min Gas ab 04.06.1930 2 m ³ /d Erdöl	Schlagwetter -Entflammung mit Grubenbrand Dauer: 14 Tage	10.83 10.62 10.87 10.88
184	149	1930	Südharz Volkenroda-Pöthen	-	Erdöl: 65 m ³ /d	Dauer: 3 Monate	10.88
185	150	1931	Südharz/ Glückauf- Sondershausen	-	-	1 Toter, Bläser	10.88
186	151	1931	Südharz Volkenroda	52,9% CH ₄ 0,7% H 17,8% N 28,4% an- dere C	-	Gasaustritt mit Erdöl	10.37 10.48 10.62 10.88
187	152	14.01.1932	Südharz Volkenroda-Pöthen	-	-	4 Tote, Gasaus- tritt mit Erdöl	10.83 10.2
188	153	22.04.1933	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	1200 t	-	10.67
189	154	27.07.1933	Südharz/ Sollstedt	Grubengas	-	2 Tote	10.62
190	287	1935	Salzberg Altaussee Scheibenstollen	58,75% CH ₄ 11,05% H 28,55 N	0,5 m ³ /min	Bläser, Dauer: 14 Monate	10.84 10.74
191	288	1936	Salzberg Altaussee Scheibenstollen	37,7% CH ₄ 62,8% N	80 l/min	Dauer: 14 Tage	10.84
192	289	1936	Salzberg Altaussee Scheibenstollen	20,5% CH ₄ 5,6% H 63,1% N 9,8% O	-	Dauer: 4 Monate	10.84
193	155	04.09.1937	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	7000 t	-	10.67 10.68a
194	290	1937	Salzberg Altaussee Werk Backhaus 3	-	-	Bläser, Dauer: einige Minuten	10.84
195	291	1937	Salzberg Altaussee Horizont Ferdinands- berg	Grubengas	-	Bläser, Dauer: einige Minuten	10.84
196	156	1938	Südharz/ Bernterode	brennbar viel N und CH ₄	-	Gasaustritt mit Lauge	10.62 10.88
197	157	1938	Südharz/ Glückauf Sondershausen	CH ₄	-	1 Toter	10.62
198	158	25.01.1938	Königshall-Hindenburg	-	1 m ³ /min	Laugeneinbruch	10.88 10.68a
199	159	15.04.1938	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	7000 t	2 Tote	10.67 10.68a
200	160	30.07.1938	Werra Kalibergbau Thälmann II/III	CO ₂	50 000 m ³ und 3700 t	11 Tote	10.67 10.61
201	161	24.08.1938	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	-	-	10.68a
202	162	15.10.1938	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	-	-	10.68a

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
203	163	31.12.1938	Werra Kalibergbau Ernst Thälmann	74,3% CO ₂ 20,6% N 5% O	200 000 m ³ Gas 13 000 bis 15 000 t Salz	CO ₂ -Ausstoß bis ü.T.	10.61 10.67
204	164	31.12.1938	Werra Kalibergbau Dietlas	5% CO ₂ 19,2% O 75,8% N	-	-	10.67
205	165	01.01.1939	Werra Kalibergbau Dietlas Flöz Thüringen	0,8% CO ₂ 20,4% O 78,8% N	-	-	10.67
			Flöz Hessen	1,8% CO ₂ 20,0% O 78,2% N	-	-	
206	166	05.01.1939	Südharz/ Königshall Hindenburg	H ₂ S	erhebliche Mengen	Gasaustritt mit Lauge und Benzingeruch	10.68a
207	167	1939	Südharz Kraja-Sollstedt	CH ₄	-	brennender Bläser; Dauer: 2 Tage	10.88
208	168	1939	Südharz Kraja-Sollstedt	CH ₄	-	Bläser; Ver- letzte	10.88
209	169	1939	Südharz Kraja-Sollstedt	CH ₄	-	1Toter	10.88
210	170	1939	Werra Kalibergbau Neuhof (Fulda)	Kohlensäu- reschnee	-	-	10.67
211	171	01.02.1939	Werra Kalibergbau Hattorf	Kohlensäu- reschnee	-	-	10.67
212	172	10.05.1940	Werra Kalibergbau Menzengraben	-	15 000 m ³ Gas 670 t Salz	-	10.67 10.51
213	173	1941	Werra Kalibergbau Marx-Engels	-	-	-	10.67
214	174	19.02 und 15.03.1941	Werra Kalibergbau Menzengraben	98,3% Kohlensäu- reschnee, 1,7% N	1,6 m ³ /min -Gas und Schnee	Dauer: mehrere Tage	10.67
215	175	26.02.1941	Werra Kalibergbau Menzengraben	Kohlensäu- reschnee und -Gas	-	Gasaustritt mit Erdöl	10.67
216	176	1942	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	Bläser	10.88
217	177	29.01.1942	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	5000 t Salz 75 000 t Gas	Luftstoß ü.T.	10.67 10.51
218	178	26.05.1942	Südharz/ Bleicherode	CH ₄	-	1Toter; Bläser	10.88
219	179	1943	Südharz Bismarkshall	-	-	-	10.88
220	180	06.04.1943	Werra Kalibergbau Einheit I	CO ₂	500 t Salz	-	10.67
221	181	18.01.1943	Werra Kalibergbau Menzengraben	84% CO ₂ 8,4% O 37,6% N	-	-	10.67
222	182	04.02.1943	Werra Kalibergbau Menzengraben	33,6% CO ₂ 12,2% O 54,28% N	-	-	10.67
223	183	03.06.1943	Werra Kalibergbau Menzengraben	55,4% CO ₂ 9% O 35,6% N	450 000 m ³ Gas 18 000 t Salz	Dauer: 8 min	10.51 10.61 10.67
224	184	03.06.1943	Werra Kalibergbau Menzengraben	-	anfangs 2,25 l/d Lauge	Dauer: 4 Jahre Gasaustritt mit Lauge	10.67
225	185	20.11.1943	Südharz/ Bleicherode	CH ₄	-	3 Tote, 1Ver- letzter; Bläser	10.88

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
226	186	1944	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	-	10.88
227	187	1944	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	Gasaustritt mit Lauge	10.88
228	188	1944	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	-	10.62
229	189	1944	Südharz Bleicherode	6,5% CH ₄ 75% N 18% O	-	-	10.37 10.83
230	190	26.10.1944	Südharz Bleicherode	CH ₄ und N	-	2 Tote	10.88
231	191	1944	Südharz Sollstedt-Kraja	18-27% CH ₄ 72-83% N	-	-	10.83
232	192	1947	Südharz Bleicherode	CH ₄	-	1 Toter, 2 Ver- letzte	10.88
233	193	1947	Südharz/ -Sondershausen	-	-	Bläser	10.88
234	194	1947	Werra Kalibergbau Großherzog von Sachsen II/III	CO ₂	5000 t Salz	-	10.48
235	195	22.03.1947	Werra Kalibergbau Menzengraben	94,4% CO ₂ 3,4% N	104 000 m ³ Gas 8000 t Salz	-	10.61 10.67
236	196	12.11.1947	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	18 200 m ³ Gas 1400 t Salz	-	10.67
237	292	1947	Salzberg Altaussee Horizont Ferdinands- berg, Sternbachparal- lele III	7,8-12,5% CH ₄ 85-90% N	-	Bläser, Dauer: einige Tage	10.84
238	197	1948	Südharz Bleicherode	CH ₄ und Äthan	-	2 Verletzte	10.88
239	198	1948	Südharz Bleicherode	CH ₄	-	-	10.88
240	199	13.08.1948	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	3400 t Salz	-	10.67
241	200	03.01.1949	Südharz Bismarkshall	CH ₄ und N	-	Gasaustritt mit Lauge	10.88 10.60
242	201	26.02.1949	Werra Kalibergbau Ernst Thälmann	-	-	Salz mit 4,27% Ölgehalt	10.67
243	202	28.06.1949	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	19 600 m ³ Gas 1500 t Salz	-	10.67 10.51
244	203	29.11.1949	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	20 000 m ³ Gas 1600 t Salz	-	10.67 10.51
245	204	31.12.1949	Werra Kalibergbau Alexandershall	CO ₂	8-10 l Öl	Gasaustritt mit Erdöl	10.67 10.61
246	297	1949	Polen Bochnia	CH ₄	-	Schlagwetter- explosion mit Stichflamme ü.T.	10.22
247	205	1950	Werra Kalibergbau Alexandershall	CO ₂	-	Gasaustritt mit Erdöl	10.7
248	299	1950-1964	Polen Klodawa	H ₂ S, CH ₄ und N	5,1 m ³ /h Lauge	99 Laugenaus- tritte, davon 13 mit Gas	10.11
249	206	1950	Südharz Bismarkshall	-	-	Bläser	10.38
250	207	10.05.1950	Werra Kaliberbau Marx-Engels	CO ₂	20 000 t Salz	Gasgebirgs- schlag	10.61 10.67
251	208	04.07.1950	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	155 000 m ³ Gas 1200 t Salz	-	10.67

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
252	209	1951	Südharz Bismarkshall	-	-	Bläser; Dauer: 1 Tag	10.88
253	210	13.10.1951	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	200 000 m ³ Gas 13 000 t Salz	Ausstoß bis ü.T.	10.67 10.51
254	211	1951	Südharz Bismarkshall	-	-	-	10.88
255	212	1951	Südharz Bismarkshall	-	-	Dauer: einige Tage	10.88
256	213	29.04.1951	Südharz Bismarkshall	CH ₄	-	1 Toter; Schlagwetter- explosion	10.62 10.88 10.60
257	214	02.07.1951	Südharz Pöthen	CH ₄ und Äthan	-	9 Tote; Gas- austritt mit Erdöl	10.37 10.48 10.62
258	215	11.07.1951	Südharz/ Glückauf -Sondershausen, Schachtanlage I	Erdgas, wenig CH ₄	-	12 Tote, 22 Verletzte	10.37 10.62 10.48
259	216	24.07.1951	Südharz Sollstedt-Kraja	CH ₄	-	-	10.62 10.88
260	217	1951	Südharz Bismarkshall	3% CH ₄	-	Bläser; Dauer: 3 Std.	10.88
261	218	1951	Südharz Sollstedt-Kraja	CH ₄	-	Bläser; Dauer: 10 min	10.88
262	219	21.01.1952	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	4000 t Salz	-	10.67
263	220	25.10.1952	Werra Kalibergbau Menzengraben	CH ₄	-	-	10.51
264	221	1952	Südharz Bismarkshall	16,8% CH ₄	-	2 Bläser; Dauer: 2 Monate	10.88
265	222	1952	Südharz Sollstedt-Kraja	CH ₄	-	Bläser; Dauer: 5 min	10.88
266	223	1952	Südharz Bleicherode	-	-	Gas mit Ölge- ruch	10.88
267	224	1952	Südharz Bleicherode	CH ₄ und Äthan	-	-	10.88
268	225	1952	Südharz Bleicherode	CH ₄ und Äthan	-	Bläser	10.88
269	226	1952	Südharz Sollstedt	CH ₄	10% CH ₄ im Gas-Luftge- misch	Bläser; Dauer: 1 min	10.88
270	227	1952	Südharz Bismarkshall	-	-	Bläser; Dauer: 4 Monate	10.88
271	228	1953	Südharz Bleicherode	CH ₄	-	-	10.88
272	229	1953	Südharz Volkenroda-Pöthen	-	-	9 Bläser	10.88
273	298	17.03.1953	Polen Inowroclaw	CO ₂	100 t Salz	-	10.22
274	230	07.07.1953	Werra Kalibergbau Menzengraben	71% CO ₂ 5,7% O ₂ 23,8% N	700 000 m ³ Gas 100 000 t Salz	3 Tote; Dauer: 25 min mit Ausstoß ü.T.	10.83 10.35 10.48
275	294	1953	Salzberg Hallein -Öornberg	H ₂ S	-	Gasaustritt mit Lauge	10.84
276	231	26.03.1954	Südharz Thomas Müntzer	CO ₂	4000 t Salz	-	10.35 10.22
277	232	23.08.1954	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	8000 t Salz	-	10.67

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier	Gasart	Austrittsmenge	Bemerkungen	Quelle
278	295	1955	Salzberg Altaussee Erbstollen	-	-	-	10.84
279	233	15.10.1957	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	400 000 m ³ Gas 15-22 000 t Salz	-	10.48 10.67 10.16
280	234	20.07.1961	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	600 t Salz	Dauer: 5 sec	10.95
281	235	02.08.1961	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	2000 t Salz	Dauer: 11 sec	10.95
282	236	25.11.1961	Werra Kalibergbau Marx-Engels	45% CO ₂ 14% N 1% CH ₄	50 t Salz	bis 1965 244 Ausbrüche bis max. 20 000 t Salz	10.37 10.22
283	237	14.01.1962	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	8-8600 t Salz	Dauer: 144 sec	10.95 10.16
284	238	18.03.1962	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	300 t Salz	Dauer: 81 sec	10.95
285	239	01.10.1962	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	300 t Salz	Dauer: 30 sec	10.95
286	240	10.10.1962	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	600 t Salz	Dauer: 41 sec	10.95
287	241	22.11.1962	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	2000 t Salz	Dauer: 52 sec	10.95
288	242	1962	Südharz Thomas Müntzer	20% CH ₄ 2,5% H 30% N 50% CO ₂ 0,8% O	bis 4 000 t Salz	Dauer: von Minuten bis Tagen	10.37
289	261	1962	Frankreich/ Fernand	CO ₂	50 t Salz	Dauer: 5 min	10.22
290	262	1962	Frankreich/ Amélie I	CO ₂	100-200 t Salz	-	10.22
291	243	29.01.1963	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	600 t Salz	Dauer: 15 sec	10.95
292	244	02.03.1963	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	900 t Salz	Dauer: 25 sec.	10.95
293	245	22.03.1963	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	5500 t Salz	Dauer: 150 sec	10.95
294	263	19.04.1963	Französischer Kalibergbau	61% CH ₄ 22% CO ₂	10 000 m ³ Gas	6 Tote, 10 Verletzte	10.37
295	246	23.04.1963	Werra Kalibergbau Menzengraben	CO ₂	20 000 t Salz	Dauer: 150 sec	10.16
296	301	30.08.1963	USA/ Utah Moab	CH ₄	-	-	10.74
297	247	13.03.1964	Werra Kalibergbau Marx-Engels	CO ₂	800 t Salz	Dauer: 6,5 sec	10.95
298	248	23.03.1964	Werra Kalibergbau Marx-Engels	-	3000 t Salz	Dauer: 22,5 sec	10.95
299	249	12.12.1973	Südharz Thomas Müntzer	CO ₂	Ausbruchshohlraum: 10 000 m ³ 3-5m ³ /t Salz	-	10.45

Lfd. Nr.	Datei Nr.	Datum	Ort/Revier/Erz	Gasart	Austritts- menge	Bemerkungen	Quelle
1	1	1913	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau Clothilde bei Eisleben	CH ₄	-	Bläser	10.74
2	2	26.06.1916	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau Paul-Schacht	N	120 t Sand- stein	-	10.22
3	8	1916	Bleigrube in Derby- shire	CH ₄	-	-	10.74
4	9	1929	Österreich/ Kitzbühl Silber- und Kupfer- bergbau am Rehreschil	-	-	Bläser mit schlagenden Wettern	10.84
5	3	1936	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau	brennbar	-	6 Unfälle	10.68a
6	4	1937	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau	brennbar	-	5 Unfälle	10.68a
7	5	1938	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau	brennbar	-	1 Unfall	10.68a
8	6	20.08.1938 26.08.1938	Mansfelder Kupfer- schiefer-Bergbau Vitzthumschacht	N	-	-	10.68a
9	10	1951	Österreich/Steier- mark/Mautern Talkbergbau	CH ₄	-	Explosion; trat aus Graphit- Schiefer	10.74
10	7	1952	Niederhövels-Sieg Eisensteingrube Eupen	2,5% CO ₂ 13,1 CH ₄ 83,2 N	-	-	10.74
11	11	1952	Österreich/ Salzburg in Mühlbach am Hoch- könig, Mitterbacher Kupfererzbergbau	CH ₄	-	-	10.74
12	12	1960	Österreich Kupfererzbergbau	CH ₄	-	schwacher Bläser	10.84

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

**Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit
an Schachtförderanlagen**

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

Anhang 1:	Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen
-----------	--

Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950

Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche

Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche

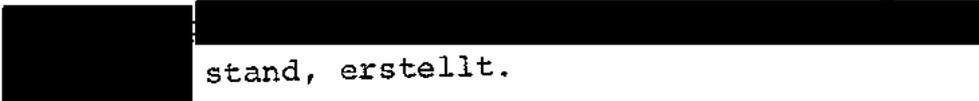
Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall

Anhang 6: Gasaustrittsdatei

Untersuchung über die Sicherheit an Schachtförder-
anlagen unter besonderer Berücksichtigung der
Ursachen für Abstürze von Fördermitteln in der
Bundesrepublik Deutschland seit dem Jahre 1946


Berlin, Oktober 1983

Die Arbeit wurde im Rahmen eines im Auftrag der
PTB durchgeführten F u. E-Projekts über Störfälle
in Bergwerken, das unter der Leitung von Herrn


stand, erstellt.

Gliederung

	<u>Seite</u>
1 Einleitung	1
2 Gegenstand der Untersuchung	2
2.1 Abgrenzung	2
2.2 Methodik	2
2.2.1 Sicherheitstechnik und Schachtförderung	2
2.2.2 Aufsicht der Bergbehörde	4
2.2.3 Vorgehensweise	6
2.2.4 Quellenmaterial	7
3 Darstellung der Funktionsweise und wichtiger Bauelemente von Schachtförderanlagen	9
3.1 Konzeption von Schachtförderanlagen	10
3.2 Elemente der Aufhängung des Fördermittels	17
3.2.1 Seilträger	17
3.2.2 Seil- und Ablenkscheiben	18
3.2.3 Seil	18
3.2.4 Zwischengeschirr	21
3.2.5 Fördermittel	23
3.2.6 Unterseil	24
3.3 Fördermittelführung	24
3.3.1 Seilführung	24
3.3.2 Spurlattenführung	27
3.4 Bremsen an Fördermaschinen	31
3.5 Gestaltung des Anschlagbereiches	34
4 Abriß der Sicherheitsfunktionen an Schachtförderanlagen	38
5 Systematik der möglichen Schadensursachen und ihrer Wirkungsketten an Schachtförderanlagen	47

	<u>Seite</u>
5.1	Schadenkategorie I A 50
5.2	Schadenkategorie I B 50
5.3	Schadenkategorie II 51
5.4	Schadenkategorie III 51
6	Sicherheit der Schachtförder- technik 52
6.1	Verlust der Aufhängung des Fördermittels im Rahmen der Schadenkategorie I A 52
6.1.1	Seil 52
6.1.1.1	Beschreibung des Ereignisses 52
6.1.1.2	Bewertung der Eintrittswahr- scheinlichkeit 55
6.1.1.3	Bewertung der Vermeidbarkeit 58
6.1.2	Fördermittel und Gegengewicht 60
6.1.3	Zwischengeschirr 61
6.1.3.1	Seilkraftausgleich bei Mehrseil- förderungen 61
6.1.3.2	Klemmkauschen 64
6.1.3.2.1	Beschreibung des Ereignisses 64
6.1.3.2.2	Bewertung der Eintrittswahrschein- lichkeit 64
6.1.3.2.3	Bewertung der Vermeidbarkeit 67
6.1.3.3	Andere Teile der Zwischengeschirre 67
6.1.3.3.1	Beschreibung des Ereignisses 67
6.1.3.3.2	Bewertung der Eintrittswahrschein- lichkeit 68
6.1.3.3.3	Bewertung der Vermeidbarkeit 68
6.1.4	Treibscheiben und Seilscheiben 69
6.1.4.1	Beschreibung des Ereignisses 69
6.1.4.2	Bewertung der Eintrittshäufigkeit 70
6.1.4.3	Bewertung der Vermeidbarkeit 75
6.2	Verlust der Aufhängung des Förder- mittels im Rahmen der Schadenkate- gorie I B 76
6.2.1	Überblick 76
6.2.2	Äußere Einwirkung auf die Auf- hängung 76

	<u>Seite</u>	
6.2.2.1	Beschreibung des Ereignisses	76
6.2.2.2	Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit	78
6.2.2.3	Bewertung der Vermeidbarkeit	81
6.2.3	Fahrt gegen Hindernis	82
6.3	Vorgang "Fahrt gegen Hindernis" im Rahmen der Schadenkategorie II	84
6.3.1	Überblick	84
6.3.2	Versagen der Führungseinrichtung bei Seilführung	85
6.3.2.1	Endogene Ursachen	85
6.3.2.2	Exogene Ursachen	86
6.3.2.2.1	Beschreibung des Ereignisses	86
6.3.2.2.2	Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit	87
6.3.2.2.3	Bewertung der Vermeidbarkeit	87
6.3.3	Versagen der Führungseinrichtung bei Spurlattenführung	88
6.3.3.1	Endogene Ursachen	89
6.3.3.2	Exogene Ursachen	90
6.3.3.3	Bewertung der Eintrittshäufigkeit	91
6.3.3.4	Bewertung der Vermeidbarkeit	95
6.3.4	Führungseinrichtungen im Bereich der Be- und Entladestellen	98
6.3.4.1	Seilführung	98
6.3.4.2	Spurlattenführung	99
6.3.5	Hindernis im Fahrtrum	101
6.3.6	Übertreiben	103
6.4	Ereignisse im Rahmen der Schadenkategorie III	103
6.4.1	Übertreiben	103
6.4.1.1	Beschreibung des Ereignisses	103
6.4.1.2	Sicherheitsmaßnahmen gegen Übertreiben	104
6.4.2	Vorgang "Beschleunigung trotz aufliegender Bremse"	110
6.4.2.1	Fördermaschine	110
6.4.2.2	Überlast	111

VI

	<u>Seite</u>
6.4.2.2.1 Unterseilriß	112
6.4.2.2.2 Bedienungsfehler	116
6.4.3 Vorgang "Keine oder zu geringe Verzögerung"	118
6.4.3.1 Überblick	118
6.4.3.2 Vorgang "Keine oder zu geringe Verzögerung durch Bremsversagen" (endogen)	119
6.4.3.2.1 Versagen der Fahrbremse	119
6.4.3.2.2 Versagen der Sicherheitsbremse	120
6.4.3.2.3 Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit	121
6.4.3.2.4 Bewertung der Vermeidbarkeit	124
6.4.3.3 Vorgang "Nicht Eingreifen der Verzögerung durch Defekt der Fahrtregelung" (exogen)	125
6.4.3.3.1 Beschreibung des Ereignisses	125
6.4.3.3.2 Bewertung der Eintrittshäufigkeit	129
6.4.3.3.3 Bewertung der Vermeidbarkeit	130
6.4.3.4 Vorgang "Nicht Eingreifen der Sicherheitsbremse durch Defekt im Sicherheitskreis (exogen)	136
6.4.4 Vorgang Seilrutsch	137
6.4.4.1 Beschreibung des Ereignisses	137
6.4.4.2 Beurteilung der Eintrittshäufigkeit	139
6.4.4.3 Beurteilung der Vermeidbarkeit	140
6.5 Fördermittelabsturz und Fördergeschehen	141
6.5.1 Abgrenzung	142
6.5.2 Bezugsgrößen	143
6.5.3 Fördermittelabsturz an Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt	146
6.5.4 Fördermittelabsturz an Hauptseilfahrtanlagen mit Treibscheibenförderung	148
7 Übertragung der Ergebnisse auf die Einrichtungen ausgeführter Anlagen	150
7.1 Bewertungsgrundlagen	150
7.2 Förderanlage Schacht Asse II	152
7.2.1 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A	152

VII

	<u>Seite</u>	
7.2.1.1	Seilriß	152
7.2.1.2	Klemmkauschenversagen	152
7.2.1.3	Versagen des Zwischengeschirrs (andere Teile)	153
7.2.1.4	Bruch des Fördermittels oder Gegengewichts	153
7.2.1.5	Versagen von Seil- oder Treib- scheibe	153
7.2.2	Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B	153
7.2.2.1	Äußere Einwirkung	153
7.2.2.2	Übertreiben mit Seilriß durch Seilrutsch	155
7.2.2.3	Übertreiben mit Seilriß durch fehlende Verzögerung	156
7.2.2.4	Übertreiben mit Seilriß durch Überlast	158
7.2.2.5	Versagen der Führungseinrichtung	159
7.2.2.6	Hindernis im Fahrtrum	160
7.3	Förderanlage Gorleben Schacht I	160
7.3.1	Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A	160
7.3.1.1	Fördermittelabsturz durch Seilriß	160
7.3.1.2	Fördermittelabsturz durch Klemm- kauschenversagen	161
7.3.1.3	Fördermittelabsturz durch Versagen des Zwischengeschirrs (andere Teile)	161
7.3.1.4	Fördermittelabsturz durch Bruch des Fördermittels oder Gegenge- wichts	161
7.3.1.5	Fördermittelabsturz durch Versagen der Treibscheibe	161
7.3.2	Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B	162
7.3.2.1	Äußere Einwirkung	162
7.3.2.2	Übertreiben mit Seilriß durch Seilrutsch	163
7.3.2.3	Übertreiben mit Seilriß durch fehlende Verzögerung	165
7.3.2.4	Übertreiben mit Seilriß durch außerbetriebliche Beschleunigung	166
7.3.2.5	Versagen der Führungseinrichtung	166

VIII

	<u>Seite</u>	
7.3.2.6	Hindernis im Fahrtrum	169
7.4	Förderanlage Konrad 2	169
7.4.1	Beurteilungsgrundlagen	169
7.4.2	Einschätzung und Randbedingungen	169
8.	Zusammenfassung	170

Anmerk.: Das Quellenverzeichnis liegt in
einem gesonderten Band vor

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
1 Flurfördermaschine und Turmfördermaschine	11
2 Trommel-, Bobinen- und Treibscheibenfördermaschine	14
3 Macharten von Förderseilen	20
4 Direkt am Fördermittel angeschlagene Zwischengeschirre einer Vierseil-Fördermaschine	21
5 Seilführung	25
6 Starre Fördermittelführung	28
7 Einrichtungen zum Überbrücken von Spurlattenunterbrechungen (nach Morisse)	30
8 Schachtbeschickung mit Schwingbühne und Schachtsperre (Prinzipskizze)	36
9 Systematik der möglichen Schadenursachen und ihrer Wirkungsketten an Schachtförderanlagen	48
10 Fördermittelabsturz im Regelbetrieb durch Seilriß	55
11 Klemmkauschenversagen	65
12 Brüche an Seilscheibenachsen	73
13 Brüche an Treibscheibenwellen	74
14 Endogene Ursachen für ein Versagen der Spurlattenführung	91
15 Sicherheit gegen Übertreiben durch Fahrtregler (Schutzdiagramm nach BVOS) (nach Arnold 4.11))	106
16 Verteilung der Störfälle mit Unterseilriß in Tages- und Blindschächten (1946 - 1980)	115
17 Verteilung der Störfälle mit Bremsversagen in Tages- und Blindschächten (1946 - 1980)	121
18 Rechnerische Seilrutschsicherheit an der Förderanlage Schacht Asse 2	156
19 Rechnerische Seilrutschsicherheit an der Förderanlage Gorleben Schacht 1	164

Anlage 4

1	Sicherheitsmaßnahmen gegen Seilriß	3
2	Zusätzliche Prüfungen an Seilen bei hochbeanspruchten Förderanlagen	5

Anlage 10

1	Darstellung von Spurweite, Spurmaß und Maulweite	1
---	--	---

Anlage 12

1	Prinzip einer Auslaßfederbremse	1
2	Reibwertverlauf eines Scheibenbremsbelages, wenn Öl auf die Scheibe gelangt	6

Anlage 13

1	Der Reibwert μ in Abhängigkeit von Temperatur und Schmierstoffmenge	3
---	---	---

Verzeichnis der Tabellen

	<u>Seite</u>
1 Funktionen mit Auslösung der Sicherheitsbremse nach TAS	41
2 Funktionen mit Auslösung der Fahrbremse bei Anlagen mit automatischem Betrieb	43
3 Förderwagenabstürze von den Anschlägen	79
4 Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung mit Folge eines Oberseilrisses	92
5 Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung ohne Folge eines Oberseilrisses	94
6 Verteilung der Unterseilrisse auf ihre Ursachen	113
7 Fahrtreglerübersicht (Steuerteil, Überwachungsteil)	128
8 Entwicklung der Anzahl der Schachtförderungen und der Förderdichte (Basis: Schachtfördereinrichtungen in Tageschächten insgesamt)	146
9 Fördermittelabsturz in Tagesschächten in Relation zur Anzahl der Treiben insgesamt (Basis: Schachtfördereinrichtungen in Tagesschächten insgesamt)	147
10 Entwicklung der Anzahl der Hauptseilfahrtanlagen mit Treibscheibenförderung und der Förderdichte (Basis: Seilstatistik)	148
11 Fördermittelabsturz in Relation zur Anzahl der Treiben (Basis: Seilstatistik)	149
12 Zusammenfassende Bewertung von Schachtförderanlagen gegenüber dem Absturz des Fördermittels bei verschiedenen Schadensursachen	178

Anlage 6

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | Sicherheitsempfehlungen für Zwischen-
geschirrteile | 3 |
|---|--|---|

Anlage 12

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | Am Landesoberbergamt in Nordrhein-
Westfalen zugelassene Bauarten von
Scheibenbremsapparaten (Stand
25.06.1982) | 2 |
|---|--|---|

Anlage 13

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | Der Reibwert als Funktion der Treib-
scheibenfutter-Schmierstoff-
Kombination in Abhängigkeit von
Schmierstoffmenge und Temperatur | 4 |
| 2 | Zulässige Grenzverzögerung beim Ein-
hängen an ausgeführten Schachtförder-
anlagen | 6 |

Anlagenverzeichnis

- 1 Fristen für Überprüfung, Prüfung und Untersuchung von Bauteilen an Schachtförderanlagen (Auszug aus BVOS)
- 2 Auswertungsbogen zur Störfall-Kartei
- 3 Ausfallmechanismen von Förderseilen (nach Jehmlich)
- 4 Bestimmung der Ablegereife von Förderseilen
- 5 Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermittel und Gegengewichte
- 6 Sicherheitstechnische Anforderungen an Zwischengeschirrtteile
- 7 Sicherheitstechnische Anforderungen an Seilträger und Seilscheiben
- 8 Sicherheitsmaßnahmen an den Anschlägen
- 9 Sicherheitstechnische Anforderungen an die Seilführung
- 10 Sicherheitliche Beurteilung der Spurlattenführung
- 11 Sicherheitstechnische Anforderungen an Unterseile
- 12 Bauarten und Anforderungen an Fördermaschinenbremsen
- 13 Sicherheit gegen Seilrutsch
- 14 Berechnung der Grenzverzögerung beim Einhängen des beladenen Fördermittels im Schacht Asse II (Hauptförderung)
- 15 Berechnung der Grenzverzögerung beim Einhängen des beladenen Fördermittels im Schacht Gorleben I

1 Einleitung

Die Schachtförderung ist traditionell und "von Natur aus" ein Vorgang, der in sehr hohem Maße von dem Sicherheitsempfinden des Bergmanns geprägt ist. Die Häufigkeit von Fördermittelabstürzen als Extremfall ist, wenn man es landläufig ausdrückt, gering; d.h. so gering, daß sich heute jeder Bergmann subjektiv sicher fühlt. Dies ist Ausdruck einer langjährigen technischen Entwicklung, verbunden mit der Erfahrung, die man aus den Ereignissen der Vergangenheit gewonnen hat.

Die Forderung nach einer quantitativen Bewertung der Störfälle an Schachtförderanlagen entsteht erst aus dem Versuch, das Risiko des Transports von Abfallgebinden zum Schacht eines Endlagerbergs in einer Zahl zu erfassen. Demgegenüber steht der Anspruch und das Bemühen aller am Bergbau Beteiligten, diese Störfälle praktisch auszuschließen.

2 Gegenstand der Untersuchung, Abgrenzung und Methodik

2.1 Abgrenzung

Diese Untersuchung behandelt die Sicherheit des Abfallgebundes gegen mechanische Einwirkung während des Transportes im Schacht. Einbezogen sind die Vorgänge des Be- und Entladens an der Rasenhängebank bzw. dem Anschlag auf der Einlagerungssohle nur soweit, wie sie durch die Führung des Fördermittels und die Einrichtungen am Schachtotor beeinflußt werden.

Ausgeschlossen sind Ereignisse, die zu thermischen, elektrischen und explosionsartigen Auswirkungen auf das Abfallgebände führen könnten.

2.2 Methodik

2.2.1 Sicherheitstechnik und Schachtförderung

Jedes Ereignis, das die Funktionsfähigkeit der Schachtförderanlage beeinträchtigt, beinhaltet ein Gefahrenpotential in bezug auf die Beschädigung des Abfallgebundes und die folgende Freisetzung von Radioaktivität. Es ist daher zu untersuchen, mit welcher Wahrscheinlichkeit derartige Ereignisse auftreten können und wie ihre mechanische Auswirkung auf das Abfallgebände zu bewerten ist. Oberstes Ziel einer sicherheitstechnischen Aussage muß eine weitestgehende Quantifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeiten und der Folgen von Störfällen an Schachtfördereinrichtungen sein.

Diese Forderung führt zu den Methoden der Sicherheitstechnik, die aus der analytischen Zerlegung des Systems

"Schachtförderung" jedem einzelnen Bauteil quantitative Versagenswahrscheinlichkeiten zuordnet und durch geeignete Überwachung und Sicherung des jeweiligen Bauteils die Folgen eines Versagens verhindert oder zumindest auf ein verträgliches Maß reduziert. Sicherheitstechnische Methoden sind prinzipiell dem Schadensereignis vorgängig, d.h. sie zielen auf Ereignisse ab, bevor diese überhaupt erst aufgetreten sind.

Erste Ansätze in dieser Richtung wurden vor wenigen Jahren in England bekannt (4.36, 4.95).^{x)}

Ein sicherheitsanalytischer Ansatz ist im Rahmen der gestellten Aufgabe wünschenswert, aber nicht durchführbar. Die Sicherheitsphilosophie des Bergbaus, wie sie in der Überwachung des Bergbaubetreibers durch die Bergbehörde ihren Ausdruck findet, ist in weiten Bereichen aus der nachgängigen Bewertung von Schadensereignissen entstanden, d.h. technische Verhütungsmaßnahmen und -regeln wurden erst getroffen, nachdem die Schadensfälle bereits eingetreten waren. Ein derartiger Ansatz - er sei hier im Gegensatz zum sicherheitsanalytischen als empirischer Ansatz bezeichnet - ist für die Konzeption von Endlagerbergwerken aber nur bedingt vertretbar.

Es ist daraus abzuleiten, daß die Bergbauindustrie keine aus sicherheitstechnischer Bewertung optimalen Anlagen betreibt, sondern solche, die einen mit wirtschaftlichen und bergbehördlichen Kriterien zu begründenden Kompromiß bilden. Daher kann eine wertende empirische Untersuchung nicht als Maß der Sicherheit von Schachtförderanlagen gelten, sondern vielmehr sind hieraus Anregungen zu gewinnen, welche Anlagenbereiche der Verbesserung bzw. der

^{x)} Die Zahlen in Klammern verweisen auf das gesondert vorliegende Literaturverzeichnis.

Erhöhung der Sicherheitskriterien bedürfen, ohne einer . . sicherheitsanalytischen Betrachtung vorgreifen zu können.

2.2.2 Aufsicht der Bergbehörde

Die Errichtung und der Betrieb von Schachtförderanlagen unterliegt der Aufsicht durch das zuständige Oberbergamt.

Die Erlaubnis als Verwaltungsverfahren wird erteilt, "wenn die Anlagen nach allgemein anerkannten Regeln der Technik so beschaffen sind, daß sie den im Bergwerksbetrieb auftretenden Beanspruchungen gewachsen sind und daß Leben und Gesundheit von Personen bei bestimmungsgemäßer Verwendung und Überwachung nicht gefährdet werden". (BVOS § 7, Abs. 1)^{x)}

Am 1.9.1977 erließ das Oberbergamt Clausthal die "Verordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen" (BVOS). Sie trat in Kraft am 1.1.1978. Bei der Prüfung von Anträgen werden die "Technischen Anforderungen für Schacht- und Schrägförderanlagen" (TAS) vom 15.12.1977 zugrunde gelegt. Zum dritten wurde eine Verwaltungsanweisung mit Hinweisen und Erläuterungen zur BVOS erlassen. Das Gesamtkonzept des Vorschriftenwerkes umfaßt also Verordnung, Technische Anforderungen und Verwaltungsanweisung.

Die BVOS enthält keine Errichtungsvorschriften. Wenn der Unternehmer bei der geplanten Errichtung oder Änderung einer Förderanlage die technischen Anforderungen erfüllt, kann er in der Regel davon ausgehen, daß die Behörde gegen den Antrag auf Erlaubnis oder Zulassung keine Einwände

^{x)} Verordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen...
des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld vom 1.9.1977

erhebt. Der Unternehmer kann im Einzelfall aber auch von der TAS abweichen; er muß dann jedoch nachweisen, daß die angestrebte Sicherheit auf die von ihm gewählte Art und Weise ebenfalls gewährleistet wird. Die Bergbehörde kann darüber hinaus im Einzelfall auch weitergehende Sicherheitsanforderungen zur Gefahrenabwehr stellen. Hauptseilfahrten dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis des Oberbergamts errichtet und betrieben werden. Für die Errichtung und den Betrieb von mittleren und kleinen Seilfahrtanlagen sowie von Güterförderanlagen wurden Sonderbetriebspläne vorgeschrieben. Befahrungsanlagen, Hilfsfahranlagen und Bühnen dürfen, soweit sie Bestandteile von Hauptseilfahrtanlagen sind, nur mit Erlaubnis des Oberbergamtes, im übrigen aber aufgrund eines bergaufsichtlich zugelassenen Sonderbetriebsplanes errichtet und betrieben werden.

Neu errichtete Anlagen dürfen erst in Betrieb genommen werden, wenn eine Abnahmeuntersuchung durchgeführt worden ist und die Sachverständigen bescheinigt haben, daß gegen den Betrieb sicherheitlich keine Bedenken bestehen (BVOS § 12).

Die Abnahmeuntersuchung muß sich mindestens erstrecken auf in der BVOS festgelegte Anlagenteile.

Für die tragenden Teile der Fördermittelaufhängung sind Werkstoffprüfungen vorgeschrieben (BVOS § 15).

Bestimmte Betriebsmittel und Anlagenteile dürfen nur verwendet werden, wenn ihre Bauart allgemein zugelassen ist (BVOS § 8).

Die Bergbehörde überwacht ferner die laufende Überwachung der Schachtförderanlage.

In der BVOS sind zur Überwachung der Schachtförderanlagen drei Verfahrensarten vorgesehen (vgl. Anlage 1),

- die Überprüfung
- die Prüfung und
- die Untersuchung

Die Überprüfung dient zur Feststellung äußerlich erkennbarer Schäden und Mängel, die durch fachkundige Personen vorzunehmen sind.

Prüfungen werden von fachkundigen Aufsichtspersonen vorgenommen. Die Betriebsmittel sind zur Feststellung von Schäden und Mängeln eingehend zu besichtigen und durch Stichproben auf ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit auch einzelner Teile zu erproben.

Untersuchungen als die dritte und gründlichste Form sind durch vom Landesoberbergamt hierfür anerkannte Sachverständige vorzunehmen. Untersuchungen dienen der Feststellung von Schäden oder Mängeln, insbesondere aller sicherheitlich wichtigen Teile und Betriebsmittel und darüber hinaus dem Erproben auf ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Anlagen, Anlagenteile und Betriebsmittel, einschließlich der dazu erforderlichen Messungen.

2.2.3 Vorgehensweise

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Frage nach den Ursachen und der Eintrittswahrscheinlichkeit für den Absturz des Fördermittels.

Daher wurden zunächst in einer systemanalytischen Betrachtung Bauteile und Vorgänge von Schachtförderanlagen in bezug auf ihre Auswirkungen für einen Fördermittelabsturz in einem Störfallmodell geordnet.

Bei der Betrachtung der Störfälle im einzelnen wurde eine einheitliche Darstellung gewählt, die auch in der Gliederung zum Ausdruck kommt.

Einzelne Störfälle werden zunächst nach ihren Ursachen und Wirkungen betrachtet. Dabei sind Darstellungen zum Stand der Technik, zu Forschungsergebnissen und zu bergbehördlichen Regelungen, soweit sie zum Verständnis hilfreich sind, im Anlagenteil zusammengefaßt.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit einzelner Störfälle wird auf der Grundlage einer Störfallkartei beurteilt, die in 2.2.4 näher erläutert wird.

Die Bewertung der Vermeidbarkeit einzelner Störfälle bildet den Abschluß jeder Einzeldarstellung.

2.2.4 Quellenmaterial

Grundlage einer sicherheitsanalytischen Bewertung technischer Anlagen ist die Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit einzelner Bauteile.

Derartige Untersuchungen sind nur gültig für eine definierte Bauart gleicher Konstruktion. Sie erfordern umfangreiche Datenbanken und sind erst mit einer hohen Stichprobenanzahl zuverlässig zu verwerten.

Im Bereich der Schachtförderung liegen derartige Datensammlungen über die Ausfallwahrscheinlichkeit einzelner Bauteile nicht vor. Es bleibt daher nur, auf den empirischen Ansatz zurückzugreifen und die in der Vergangenheit aufgetretenen Störfälle zu analysieren.

Als Quellenmaterial dienten die Veröffentlichungen der Landesoberbergämter in den Jahresberichten zu den aufgetretenen Störfällen in der Schachtförderung.

Die Untersuchung wurde begrenzt auf die verfügbaren Berichte seit 1945 der folgenden Oberbergämter:

- Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld
- Hessisches Oberbergamt
- Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen
- Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz.

Aus diesen Berichten wurde eine Störfallkartei erstellt, die Grundlage der Untersuchungen ist. Dabei wurde jeder Störfall nach einem Schema registriert und erfaßt (Anlage 2).

Für die Interpretation des Datenmaterials sind einige Hinweise notwendig. Die Jahresberichte der Oberbergämter beinhalten eine Auswahl der den Oberbergämtern bzw. den zuständigen Stellen gemeldeten Ereignisse an Schachtförderanlagen.

Sie sind daher unvollständig:

Zum einen, weil für bestimmte Vorfälle eine Meldepflicht nicht besteht, zum anderen, weil aus der Arbeit mit den Berichten auch deutlich wird, daß in verschiedenen Jahren und Bergamtsbezirken unterschiedliche Kriterien für die

Aufnahme in den Jahresbericht angewandt wurden.

Die Beschreibung der einzelnen Ereignisse ist folglich von unterschiedlicher Detailliertheit. Der Stand der Technik konnte innerhalb des Auswertungsschemas nicht erfaßt werden. Im Rahmen dieser Arbeit war eine Zuordnung von Bauteilen zu einzelnen Bautypen nicht möglich. Daraus resultiert die Schwierigkeit, daß das Versagen eines Bauteils in jüngster Zeit ohne Berücksichtigung der technischen und sicherheitlichen Entwicklung mit einem Vorfall älteren Datums aus Mangel an Detailliertheit gleichgestellt werden muß, was mit einer objektiven Zielsetzung nicht vereinbar ist.

Somit kann die Verwertung des Datenmaterials nur im Hinblick auf das Erkennen von Tendenzen erfolgen. Statistische Interpretationen müssen als nicht gesichert gelten und sind angesichts der geringen Stichprobenzahl unzulänglich.

3 Darstellung der Funktionsweise und wichtiger Bauelemente von Schachtförderanlagen

Eine Schachtfördernlage ist als ein komplexes System zu verstehen, bei dem der Träger des Fördergutes, das sogenannte Fördermittel, an einem oder mehreren Seilen hängend zwangsgeführt in einem Schacht zwischen den Be- und Entladestationen auf verschiedenen Sohlen des Bergwerkes bewegt wird.

Die wichtigsten Bauelemente von Schachtförderanlagen sind:

- Die Fördermaschine.

An ihr erfolgt die Umsetzung der zugeführten Energie in Hubarbeit. Sie besteht aus dem Fördermaschinenantrieb und dem Treibmittel (auch Seilträger genannt). Der Fördermaschine sind ebenfalls als wichtigste Bauelemente die Bremseinrichtung sowie die Steuer-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen der Schachtförderanlage zuzuordnen.

- Die Aufhängung des Fördermittels.

Sie besteht aus dem Fördermittel selbst, dem Seil und dem Zwischengeschirr als Verbindung zwischen Seil und Fördermittel. Zur Aufhängung sind ferner die für die Führung und Umlenkung des Seils notwendigen Einrichtungen zu zählen, nämlich die Seilscheibe, der Seilträger und die sie tragenden Einrichtungen, d.h. der Förderturm bzw. das Fördergerüst.

- Die Führung des Fördermittels im Schacht.

- Die Be- und Entladestellen für das Fördermittel.

3.1 Konzeption von Schachtförderanlagen

Nach dem Aufstellungsort der Fördermaschine unterscheidet man Flurfördermaschinen und Turmfördermaschinen. Steht die Fördermaschine ebenerdig auf Niveau der Rasenhängebank seitwärts vom Schacht, spricht man von einer Flurfördermaschine. Bei Flurfördermaschinen müssen die Seile über Seilscheiben, die in einem Fördergerüst angebracht werden, in die Richtung der Schachtachse umgelenkt werden (Abb. 1).

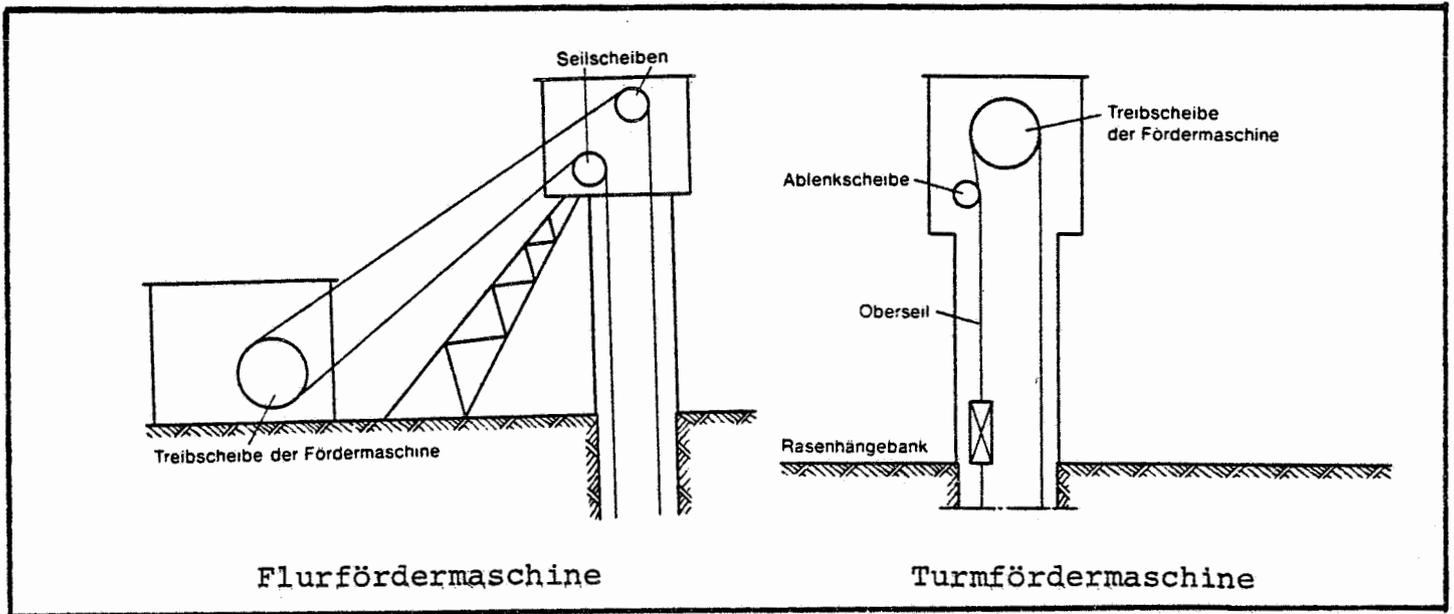


Abb. 1: Flurfördermaschine und Turmfördermaschine
(4.175)

Bei Turmfördermaschinen wird die Fördermaschine direkt über dem Schacht im sog. Förderturm montiert. Eine Ablenkung der Seile entfällt, wenn der Ablauf der Seile in Förderrichtung liegt, ansonsten sind Ablenkscheiben erforderlich (Abb. 1).

Förderturm und Fördergerüst sind die nach außen weit- hin sichtbaren Merkmale von Schachtförderanlagen.

Bei den Fördermaschinenantrieben unterscheidet man Dampf-, Druckluft-, Gleichstrom- und Wechselstromantriebe.

Dampffördermaschinen spielten bis zur Mitte dieses Jahrhunderts die führende Rolle. Moderne Schachtförderanlagen sind hingegen mit elektrischen Antrieben ausgestattet. Der Druckluftantrieb ist auf kleine Blindschachtförderanlagen im Untertagebergbau begrenzt, d.h. im allgemeinen auf Förderhaspel mit Höchstgeschwindigkeiten bis zu 4 m/s.

Bei den elektrischen Antrieben unterscheidet man drei Grundtypen:

- Wechselstromantriebe
- Gleichstromantriebe in Ward-Leonard-Schaltung
- Gleichstromantriebe mit Thyristorkonvertern.

Drehstrommotoren sind i.a. verbreitet bei Anlagen mit kleinem und mittlerem Leistungsbedarf, bei denen manuelle Bedienung noch annehmbar ist und geringe Investitionskosten von Bedeutung sind. Drehstrommotoren in Schachtförderanlagen sind wegen ihrer einfachen Bauart und der robusten Konstruktion sehr verlässlich. Da die Motoren auf eine höhere Drehzahl als der Seilträger ausgelegt sind, ist im Gegensatz zu den Gleichstrommotoren ein Zwischengetriebe erforderlich.

Der Gleichstrommotor hat eine sogenannte eindeutige Steuerung. Damit erleichtert er die Geschwindigkeitskontrolle und ermöglicht generatorischen Betrieb mehr oder weniger unabhängig von der Belastung.

Der Gleichstrommotor ist daher weltweit das beliebteste Antriebssystem für Schachtförderanlagen. Dabei überwiegt seit 1965 die Anwendung der Thyristoreinspeisung, die wegen der erheblich geringeren Leistungsverluste

und der raumsparenden Bauweise sehr vorteilhaft ist (4.76).

Die Schachtförderanlagen können weiterhin nach den verschiedenen Arten der Kraftübertragung unterschieden werden in (Abb. 2):

- Treibscheibenfördermaschinen
- Trommelfördermaschinen
- Bobinenfördermaschinen

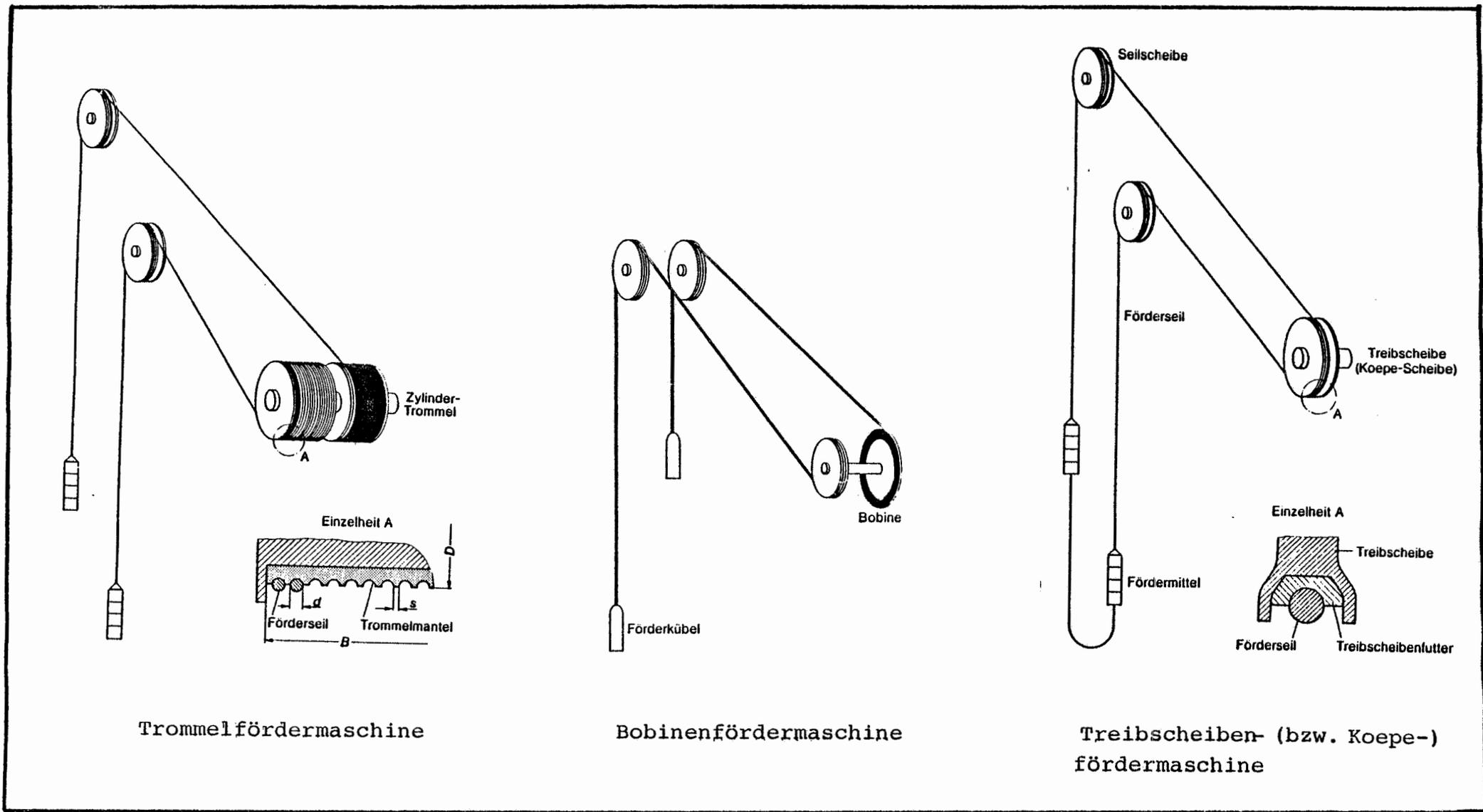


Abb. 2 : Trommel-, Bobinen- und Treibscheibenfördermaschine.

Während Bobinenfördermaschinen nur für kleinere Befahrungsanlagen und beim Schachtabteufen eingesetzt werden, haben weltweit Treibscheiben- und Trommelfördermaschinen große Bedeutung erlangt. Beide Anlagen unterscheiden sich in der Anzahl und Art der Seile sowie in der Art, wie die Seile angetrieben werden.

Bei der Trommelförderung wird das eine Seilende an der Trommel befestigt, das andere Seilende wird am Fördermittel angeschlagen. Bei Drehung der Trommel wird das Seil auf der Trommel auf- bzw. abgewickelt.

Trommelförderungen eignen sich nur bedingt zur Anwendung mehrerer Seile. Im südafrikanischen Bergbau ist in wenigen Fällen eine Zweiseil-Trommelförderung ausgeführt worden (4.11, 4.76). In der Regel handelt es sich daher um Einseilförderanlagen.

Da das Seil an der Trommel befestigt ist, handelt es sich um eine "starre" Verbindung zwischen Förderkorb und Trommel. Jeder Trommelumdrehung entspricht ein definierter Weg des Förderkorbes. Die Trommelförderung ist im anglo-amerikanischen Raum vorherrschend.

Die Treibscheibenförderer wurde 1877 durch den Maschinendirektor Koepe auf der Schachanlage Hannover bei Bochum eingeführt. Sie wird daher auch als Koepe-Förderung bezeichnet.

Bei Treibscheibenfördermaschinen wird ein durchgehendes Förderseil verwendet, das an jedem Ende ein Fördermittel trägt.

Das Seil umspannt die Treibscheibe mit einem Umschlingungswinkel von mindestens 180° . Zwischen Seil und Treibscheibe besteht nur Reibschluß.

Das Mehrseilprinzip ist mit der Koepeförderung leicht realisierbar. Es wurde lange Zeit im Aufzugbau praktiziert, bevor es erstmalig 1947 bei der Schachtförderung eingesetzt wurde. Seitdem hat es zunehmende Verbreitung gefunden. Mit wenigen Ausnahmen benutzen alle Schachtförderanlagen in der Bundesrepublik Deutschland das Koepeprinzip.

Es wird hier der Standpunkt vertreten, daß eine Treibscheibenförderanlage mit Mehrseilförderung sicherheitliche Vorzüge gegenüber den Trommelfördermaschinen aufweist. Hierfür sind im wesentlichen zwei Gründe zu nennen. Es ergibt sich eine erheblich erhöhte Sicherheit der Anlage gegen Seilriß und Versagen von Klemmkauschen und Zwischengeschirr. Zweitens benutzt man die in der Bundesrepublik Deutschland erprobte und bewährte Technik, über deren Betreiben speziell in sicherheitlicher Hinsicht langjährige Erfahrungen vorliegen. Dies wäre bei der Trommelförderung mit modernen Förderanlagen nur begrenzt gültig.

Dessen ungeachtet ist hervorzuheben und konstruktiv zu beachten, daß Koepeförderanlagen inhärent die Gefahr des Seilrutsches über die Treibscheibe bergen.

Darüber hinaus ergeben sich aus dem Mehrseilprinzip Auswirkungen auf die Gestaltung der Führung des Fördermittels und auf die Behandlung des Seilkraftausgleichs, auf die noch später einzugehen sein wird.

Abschließend sind in der Konzeption einer Schachtförderanlage Gestell- und Gefäßförderanlagen zu unterscheiden.

Bei der Gefäßförderung besteht das Fördermittel aus dem sogenannten Skip, der zur Förderung von Schüttgütern eingesetzt wird. Das Fördergut gelangt über Bunker bzw. Fülltaschen in die am Seil hängenden Fördergefäße, die ihrerseits an der Hängebank im Bunker oder auf Förderbänder ausgeleert werden.

Bei der Gestellförderung dagegen besteht das Fördermittel aus dem Gestell (sogenannter "Förderkorb"), das aus einer oder mehreren Etagen besteht, die direkt von einem söhligen Grubenbau beladen werden. In der Regel wird die Gestellförderung als Fortsetzung der söhligen, schienengebundenen Wagenförderung verstanden. Dabei werden auf jede Etage des Gestells ein oder zwei Grubenwagen aufgeschoben. Die Gestellförderung ermöglicht darüber hinaus ebenso den Transport von Personen (Seilfahrt) oder eine andere Beladung mit gleislosen Einrichtungen oder Kränen.

Der für die Auslegung der Schachtanlage wesentliche Unterschied besteht in der Ausführung der Be- und Entladevorrichtungen. Die weiteren Ausführungen beschränken sich auf die für Endlagerbergwerke relevante Gefäßförderung.

3.2 Die Elemente der Aufhängung des Fördermittels

3.2.1 Seilträger

Bei Treibscheibenförderanlagen ist der Seilträger die Treibscheibe.

Der Seillaufdurchmesser der Treibscheibe richtet sich nach dem Durchmesser des Seiles, um die Biegefestigkeit des Seiles zu berücksichtigen.

Die Breite der Treibscheibe richtet sich nach der Anzahl der Seile.

Die für die Kraftübertragung erforderliche Reibung des Seils wird durch das Treibscheibenfutter und den Umschlingungswinkel des Seils auf der Treibscheibe wesentlich beeinflusst. Das Treibscheibenfutter ist auswechselbar auf der Treibscheibe befestigt.

Auf dem Seilträger sind direkt die Bremsflächen angebracht.

3.2.2 Seil- und Ablenkscheiben

Der Nenndurchmesser von Seilscheiben ist abhängig vom Seildurchmesser.

In die rillenförmige Führung für das Förderseil werden teilweise Ausfütterungen aus Holz oder Kunststoff eingelegt, um den Seilverschleiß herabzusetzen.

3.2.3 Seil

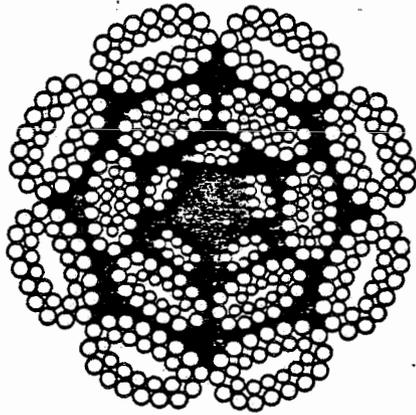
Ein Förderseil besteht aus einer Vielzahl kaltgezogener Stahldrähte von rund 2,5 mm Durchmesser. Die Einzeldrähte werden zu Litzen, diese wiederum zu Seilen verdreht. Die einzelnen Litzen sind dabei um eine Seele aus Hanf oder Stahlseil gewunden.

Aus dem Aufbau der Litzen und ihrer Verdrehung ergeben sich die verschiedenen Macharten der Seile (4.123, DIN 2154, 4.11).

In der Bundesrepublik wurden im Jahr 1981 auf den 47 Zentralschachtanlagen folgende Seilkonstruktionen verwendet (4.11) (Abb. 3):

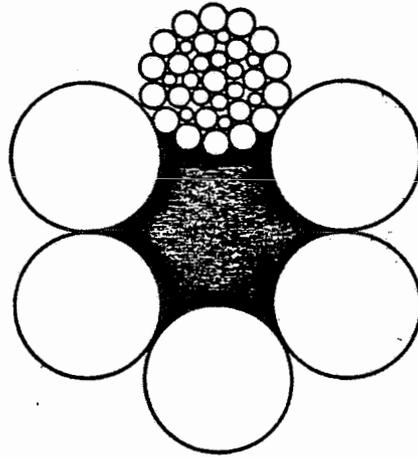
- Dreilagige Flachlitzenmachart bei 13 Anlagen
- Warrington-Seale-Machart (2 Gleichschlag, 10 Kreuzschlag) bei 12 Anlagen
- Gedeckte Warrington-Machart (6 Gleichschlag, 14 Kreuzschlag) bei 20 Anlagen
- Warrington-Machart (1 Gleichschlag, 1 Kreuzschlag) bei 2 Anlagen

Das Arbeitsvermögen dieser Seile ist durch anlagen-, betriebs- und seilbedingte Einflüsse sehr unterschiedlich.



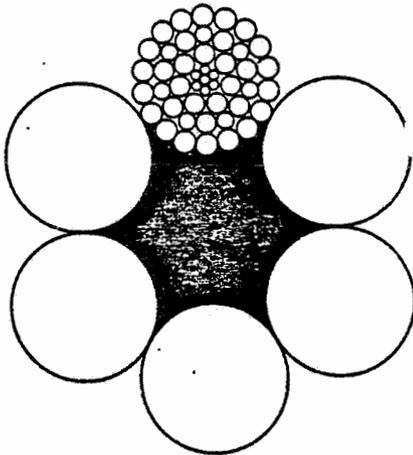
Seilaufbau $5 \times 8 + 6 \times (10 + 4) + 8 \times (12 + 16) + 1 F$

Dreilagige Flachlitzen-
machart



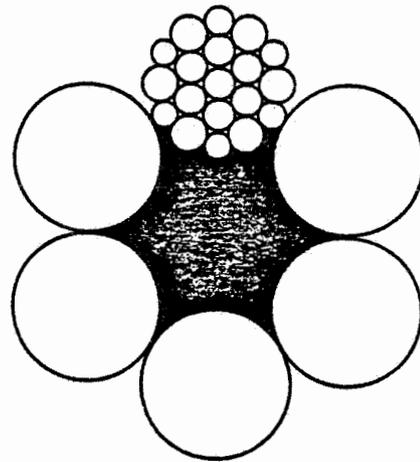
Litzenaufbau $1 + 7 + (7 + 7) + 14$

Warrington - Seale-
Machart



Litzenaufbau $(1 + 6) + 7 + (7 + 7) + 18$

Gedeckte Warrington -
Machart



Litzenaufbau $1 + 6 + (6 + 6)$

Warrington - Machart

Abb. 3 : Macharten von Förderseilen (4.11)

3.2.4 Zwischengeschirr

Die Zwischengeschirre verbinden das Fördergestell mit dem Förderseil. Sie sind deshalb erforderlich, weil bei unmittelbarer Befestigung des Förderseiles am Förderkorb Längenänderungen des Seiles nur schwer ausgeglichen werden könnten und außerdem beim Auslaufen von Seilschwingungen unmittelbar an der großen Masse eines Förderkorbes durch die großen Beanspruchungen leichter Schäden an der Befestigungsstelle des Seiles auftreten würden. Man befestigt deshalb das Seil an einem Haltekörper, dergog. Klemmkausche, der durch die übrigen Teile des Zwischengeschirrs mit dem Förderkorb verbunden wird. Bei der Mehrseilförderung sind Zwischengeschirre in der gleichen Anzahl wie Förderseile erforderlich (Abb. 4).

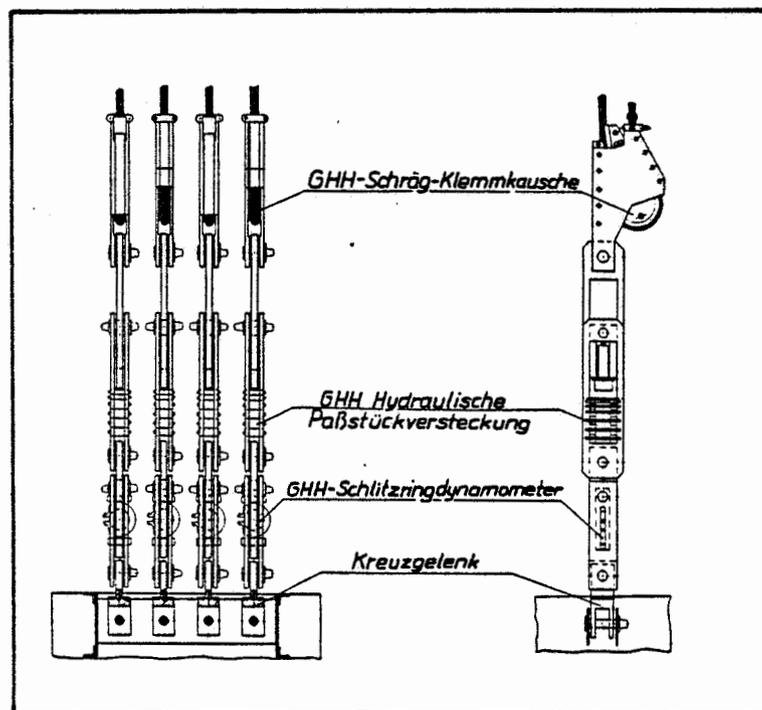


Abb. 4: Direkt am Fördermittel angeschlagene Zwischengeschirre einer Vierseil-Fördermaschine (4.11)

Von der sicherheitlichen und funktionsmäßigen Seite betrachtet, sind die Zwischengeschirre, also die Verbindungselemente zwischen den Förderseilen und den Fördermitteln, von besonderer Bedeutung. Damit nicht plötzlich Zwischengeschirrbrüche auftreten - ein Seilbruchkraftabfall kündigt sich in der Regel über einen längeren Zeitraum an - unterliegen diese Elemente scharfen Prüfungen und Untersuchungen.

Zu den Zwischengeschirren gehören alle Verbindungsteile zwischen den Förderseilen und den starr am Fördermittel oder Gegengewicht angebrachten Aufhängeblechen oder Anschlußblechen (TAS 7.1.4).

Zwischengeschirrteile sind

- Klemmkauschen
- Kauschen
- Kreuzgelenkstücke
- Gabelstücke
- Gabelhebel
- Laschen
- Versteckvorrichtungen
- Bolzen mit Sicherungen
- Karabinerhaken
- Schäkel
- Ketten

Das Seil wird mit dem Zwischengeschirr über einen Kauschen-einband verbunden. Man unterscheidet Kauschen und Klemmkauschen.

Im allgemeinen werden bei Schachtförderanlagen Klemmkauschen verwendet. Die Übertragung der Last auf das Förderseil erfolgt durch Reibschluß. Durch die Reibung des Seils auf dem Umfang des Kauschenherzens wird dieses bei der Klemmkausche in einem Keil verklemmt. Eine zusätzliche Sicherung vor allem gegen Seilentlasten erfolgt durch Klemmen.

Es sind von den Landesoberbergämtern bauartmäßig allein Klemmkauschen mit zweiseitiger Klemmung und losem Kauschenherzen zugelassen.

Klemmkauschen dürfen nur verwendet werden, wenn ihre Bauart vom Landesoberbergamt zugelassen ist.

3.2.5 Fördermittel

Das Fördermittel selbst ist als tragendes Element der Schachtförderung anzusehen. Im Fall des Endlagerbergwerkes wird es sich um ein Fördergestell handeln.

Ein Fördergestell besteht aus einem Kopf- und einem Grundrahmen mit Quer- und Längsträgern, die durch die Hängestreben verbunden sind. An diesen Streben sind die Tragböden befestigt. Die Seitenwände sind aus gelochtem Stahlblech hergestellt, die Stirnwände sind i. a. offen.

Die aufgeschobenen Förderwagen werden durch besondere Wagenhaltevorrichtungen gegen ein Abrollen während des Treibens gesichert. Häufig werden Vertiefungen für die Räder in den Laufschiene auf den Tragböden oder statt dessen Erhöhungen (Knaggen) zwischen den Rädern angewendet, da bei den maschinellen Aufschiebevorrichtungen der dadurch hervorgerufene Widerstand beim Aufschieben keine Rolle spielt.

3.2.6 Unterseil

Um bei der Treibscheibenförderung dem Seilrutsch zu begegnen, erfolgt ein Ausgleich der Seilgewichte im aufwärts- und abwärtsgehenden Trum durch ein oder mehrere Unterseile. Bei gleichem Gewicht des Unterseils und des Förderseils entspricht die Überlast der Nutzlast.

Die Unterseile bestehen in der Regel aus Flachseilen, die ohne Führung in der Seilbucht laufen. Ihre Befestigung erfolgt am Boden der Fördermittel durch Unterseilgeschirre.

Innerhalb der Unterseilbucht sind zwei nach oben bewegliche Führungshölzer angebracht, die ein Verdrehen bzw. eine Schlingenbildung des Unterseils verhindern sollen.

Die Führungshölzer müssen elektrisch überwacht sein. Die Überwachung wirkt auf die Sicherheitsbremse bzw. läßt ein Notsignal ertönen.

3.3 Fördermittelführung

Die Schachtführung dient zur Führung der Fördergestelle im Schacht. Es werden entweder Führungsseile oder Spurlatten aus Holz oder Stahl verwendet.

3.3.1 Seilführung

Bei Seilführungen sind im Schacht i. a. vier Führungsseile zwischen der Spannbühne im Förderturm bzw. -gerüst und der Spannbühne im Schachtsumpf so gespannt, daß das Fördermittel durch Ösen, die das Seil umschließen, an allen vier Ecken oderauf einer Seite geführt wird (Abb. 5).

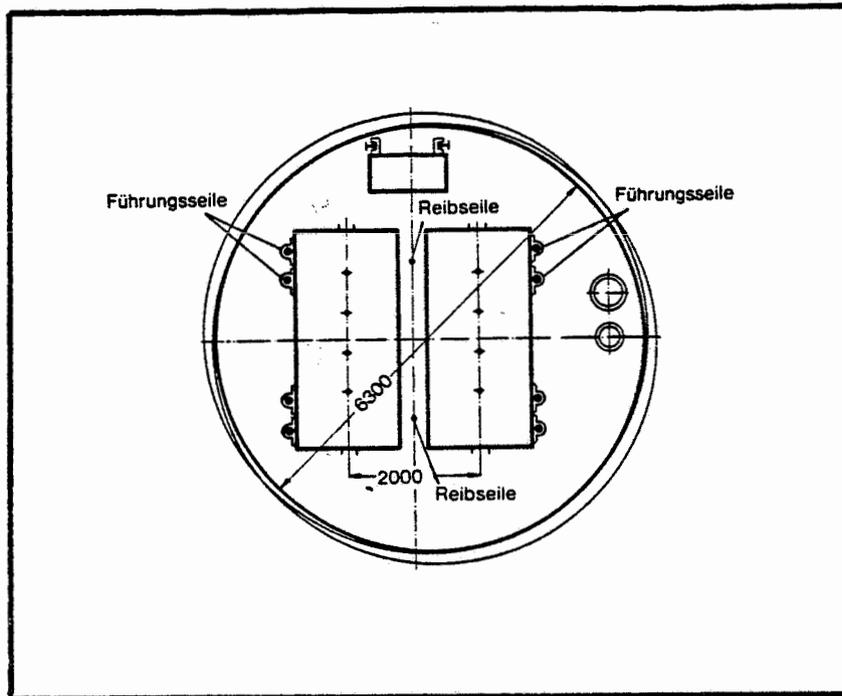


Abb. 5 : Seilführung (4.175).

Bei vermindertem Platzangebot kann die Auslenkung der Fördermittel zusätzlich durch zwischen den Fördermitteln gespannte Reibseile begrenzt werden.

Die Seilführung hat in der Bundesrepublik Deutschland im Gegensatz zum Ausland wenig Verbreitung gefunden. Es sind nur wenige Förderanlagen mit Seilführung ausgerüstet.

Der Grund wird vorwiegend im Zwang zur maximalen Ausnutzung der Schachtscheibe sowie in der Gefahr des Ausknickens von Schächten unter Einwirkung des Gebirgsdruckes gesehen (4.21). Beides sind Gründe, die für die Spurlattenführung sprechen.

Demgegenüber weist die Seilführung eine Reihe von Vorteilen auf. Sie ist vergleichsweise leicht herzustellen und instandzuhalten und damit kostengünstiger.

Die Seilführung ermöglicht einen glatten und stoßfreien Gang des Fördermittels. Die Seilführung weist einen erheblich geringeren Wetterwiderstand auf, da zu ihrer Installation keine Einstriche im Schachtquerschnitt erforderlich sind. Ferner ist die Seilführung mechanisch auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu überwachen.

In Großbritannien sind ca. zwei Drittel aller Schachtförderanlagen mit Seilführung ausgerüstet; insgesamt 393 Förderanlagen.

Eine Zusammenstellung von bekannten Förderanlagen mit Seilführung findet sich bei Eulenberger (4.52).

Für die Seilführungen ist die Art, wie die Spannung der Seile erzeugt wird, charakteristisch. Diese hat Einfluß auf die Gestaltung der Spannbühnen.

Die Führungsseile können übertage durch eine Schraubenspannvorrichtung, durch Federn oder durch eine Hydraulikanlage gespannt werden.

Die betriebsmäßig günstigere Art ist jedoch die Spannung der Seilenden durch im Schachtsumpf hängende Gewichte, obwohl diese Lösung eine größere Teufe für die Spannungsgewichtssäulen erfordert.

3.3.2 Spurlattenführung

Sieht man von der Briart'schen Führung ab, so ist die Spurlattenführung die gebräuchliche Form der starren Führung.

Die Spurlattenführung ist zu gliedern

- nach dem Material der Spurlatte (Holz, Stahl),
- nach der Art und Führung (Führungsschuh, Rollenführung)
- nach der Anordnung der Spurlatte in Relation zum Fördermittelquerschnitt

In modernen Förderanlagen werden Stahlspurlatten in Verbindung mit Rollenführungen eingesetzt. Dabei sind zusätzlich Führungsschuhe als Entgleisungsschutz vorzusehen.

Die dynamischen Kräfte, welche auf das Fördermittel und die Schachtführungselemente wirken, sind bei gefederten Führungsrollen an Stelle von Gleitschuhen erheblich kleiner.

Nach der Anordnung der Spurlatten in Relation zum Fördermittelquerschnitt unterscheidet man (Abb. 6):

- Kopfführung
- Seitenführung
- Eckführung

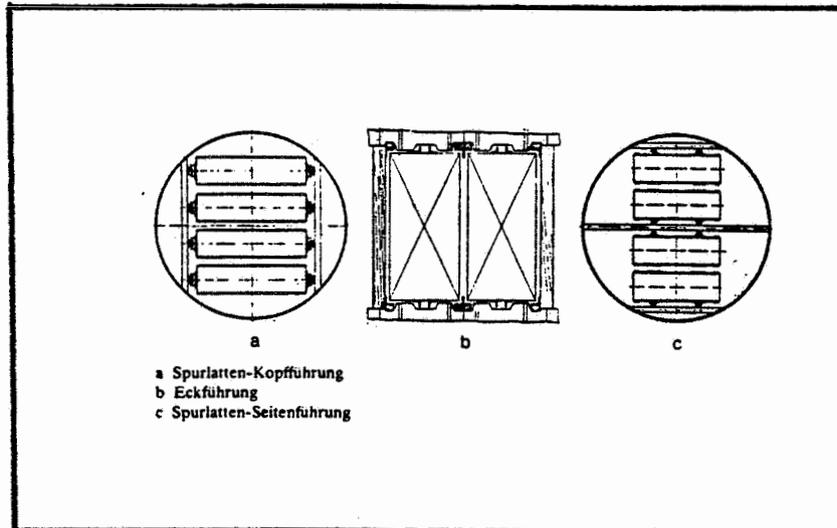


Abb. 6: Starre Fördermittelführung (4.175)

Als Sonderformen sind ferner bekannt

- die versetzte Führung
- vierfache Seitenführung und
- dreifache Führung.

Die Seitenführung ist durch ihr ungünstiges Widerstandsmoment gegen Drall bei modernen Förderanlagen mit in Aufschieberichtung gestrecktem Querschnitt sehr selten. Ihr Vorteil liegt darin, daß die Gestaltung der Anschläge ohne zusätzliche Führungseinrichtungen möglich ist, da die Spurlatten nicht in Aufschieberichtung liegen.

Nachteilig sind die schlechte Ausnutzung der Schachtscheibe, die durch die Mitteleinstriche bedingten hohen Wetterwiderstände im Schacht und der fehlende Schutz gegen ein Ablaufen von Förderwagen von den Tragböden in dem Schacht während des Treibens.

Die Kopfführung erlaubt die beste Ausnutzung von runden Schachtscheiben bei sparsamster Verwendung von Einstrichen. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Führung an den Anschlägen für das Aufschieben der Förderwagen unterbrochen werden muß, jedoch bleiben in Abhängigkeit von der Länge des Gestells immer einige Führungsschuhe im Eingriff.

Um die Gestelle an den Anschlägen trotzdem noch zusätzlich gegen ein seitliches Ausweichen zu stützen, werden Eckführungen vorgesehen, bei denen vier Winkeleisen die vier Ecken des Korbes umfassen.

Diese Eckführungen sind jedoch nur für die oberen und unteren Anschläge anwendbar, da sonst an den Zwischenanschlängen die Treibgeschwindigkeit vermindert werden müßte.

Hier können jedoch die Eckführungen auch ausrückbar gestaltet werden. Um ein Entgleisen der Förderkörbe an den Zwischenanschlängen zu verhindern, werden die Spurlatten hier meist durchgeführt, jedoch zum gelegentlichen Beschicken der Förderkörbe aufklappbar oder einziehbar ausgestaltet.

Die besonderen Konstruktionen zum Öffnen und Schließen von Spurlattenunterbrechungen sind sog. Klapp-, Hub-, Tor- und Schwenkspurlatten (Abb. 7).

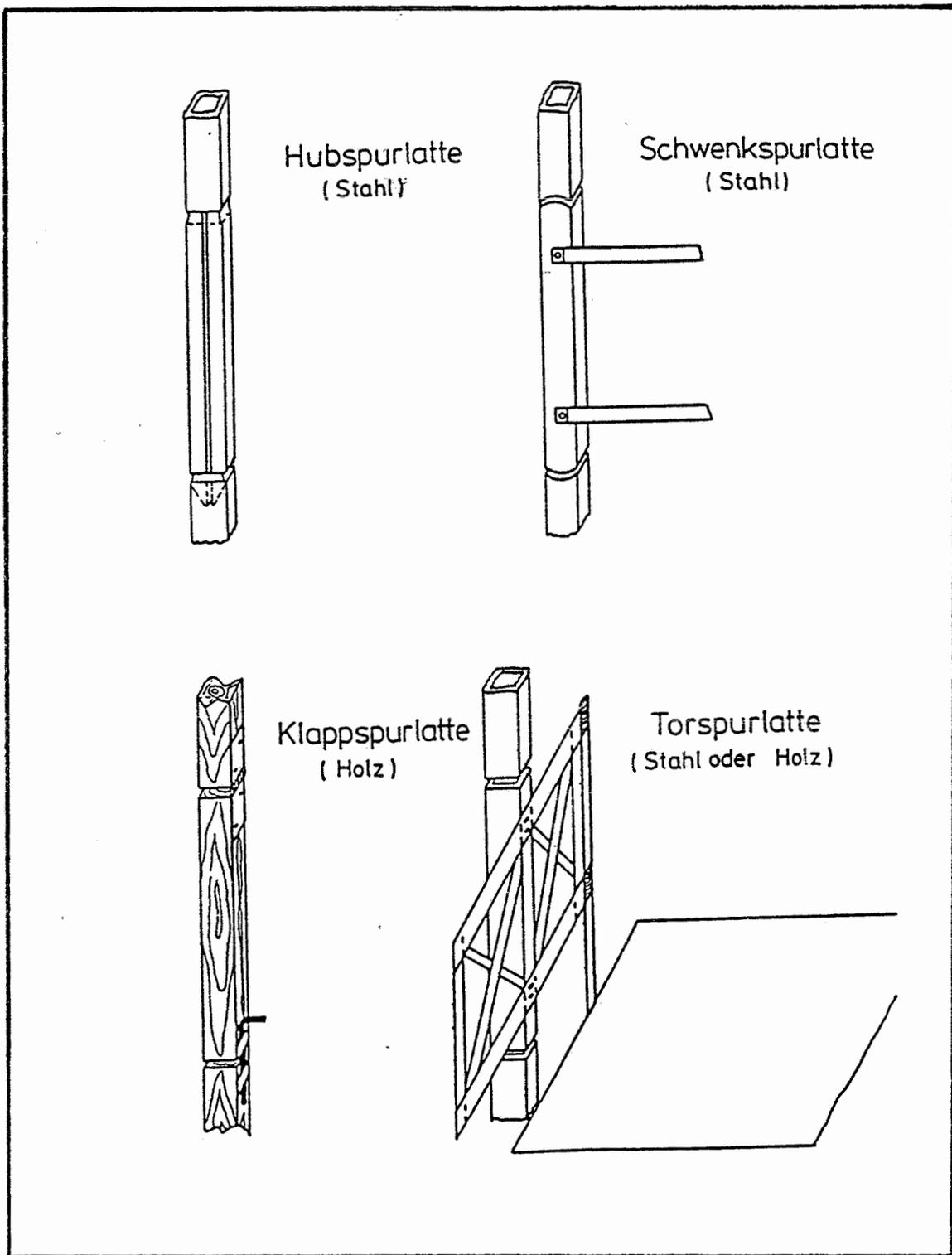


Abb. 7 : Einrichtungen zum Überbrücken von Spurlattenunterbrechungen (nach Morisse)

Als Vorteile der starren Spurlattenführung gegenüber der Seilführung werden angeführt:

- bessere Ausnutzung der Schachtscheibe durch geringe Mindestabstände der Fördermittel untereinander und zu den Schachteinbauten,
- reduzierte Lasten am Fördergerüst,
- weniger komplizierte Auslegung im Schachtbereich unterhalb der untersten Anschlagsohle,
- die starre Führung verhindert die Verdrehung des Fördermittels,
- leichte Gestaltung der Anschläge für Fördermittelbe- und entladung,
- Spurlatten verhindern bei Kopfführung das Abrollen von Förderlasten.

3.4 Bremsen an Fördermaschinen

Fördermaschinen müssen mit zwei Bremseinrichtungen ausgerüstet sein. Man spricht von der Fahrbremse, die im Regelbetrieb benutzt wird, und von der Sicherheitsbremse, die in allen Notfällen ausgelöst wird. Die TAS schreibt daher vor, daß die Sicherheitsbremse unmittelbar auf den Seilträger wirken muß. Ihre Bremskraft muß mit der gespeicherten Kraft von Gewichten oder Federn erzeugt werden.

Die Verzögerung des Fördermittels und das Anhalten bei Kriechgeschwindigkeit erfolgt prinzipiell elektrisch. Während des Be- und Entladevorganges wird das Fördermittel von der Fahrbremse gehalten (Haltebremse). Die Bremskraft der Fahrbremse ist geregelt.

Die Sicherheitsbremse wird durch Funktionen im sogenannten Sicherheitskreis ausgelöst. Sie dient der Stillsetzung des Fördermittels im Not- und Gefahrenfall.

Die Ursachen, die zur Auslösung der Sicherheitsbremse führen müssen, kann man in folgende Hauptgruppen unterteilen:

- Auslösung von Hand nach Erkennen von Gefahren durch den Fördermaschinenisten
- Geschwindigkeitsüberschreitungen
- Fahrtwegüberschreitungen
- Energiestörungen, Erdschluß
- sonstige Überwachungsfunktionen, die im Sicherheitskreis erfaßt sind.

Nach dem Auslösen der Sicherheitsbremse muß die Fahrbremse weiterhin funktionsfähig bleiben.

Die Bremsen sind zu berechnen auf (TAS 3.10.1):

- Bremssicherheit von Fahr- u. Sicherheitsbremse
- Mindestdruckauslösung
- Seilrutschgrenzen
- Verzögerung durch Fahr- u. Sicherheitsbremse
- mechanische Festigkeit des Bremsgestänges

Seit 1959 erfolgte als bedeutendste Veränderung bei den Fördereinrichtungen die Einführung der Scheibenbremse (gestängelose Bremsen) anstelle von Backenbremsen (Gestängebremsen).

Bei neuen Fördermaschinen hat sich die Konstruktion mit Scheibenbremse und Einzelelementepaaren durchgesetzt.

Bei Gestängebremsen wirkt der Bremsapparat über das Gestänge auf die Bremsbacken, die die Bremskraft auf Bremsflächen übertragen.

Gestängebremsen müssen aus Fahrbremse und Sicherheitsbremse bestehen, die in der Regel in einzelnen Bauteilen untereinander vereinigt sind. Fahr- und Sicherheitsbremse dürfen nur soweit vereinigt sein, daß die Förderanlage bei Störungen an der Steuerung der Fahrbremse oder bei Bruch einer Zugstange noch durch die Sicherheitsbremse stillgesetzt werden kann (TAS 3.9.1.5).

Bei gestängelosen Bremsen wird die Bremskraft durch die Bremskrafterzeuger unmittelbar auf Bremsflächen übertragen, z.B. in Scheibenbremsapparaten.

Dabei genügt eine getrennte Steuerung der Fahr- u. Sicherheitsbremse. Die Bremskraft für beide Bremsen darf durch dieselben Federn erzeugt werden.

Im regulären Betrieb ist davon auszugehen, daß elektrische Fördermaschinen mit so hoher Präzision gesteuert werden können, daß mechanische Bremsen, d.h. die sogenannte Fahrbremse, nur zum Sichern des Fördermittels beim Bündigstehen am Anschlag und beim Wiederanfahren benötigt werden.

Regulärer Betrieb ist zu unterscheiden von Wartungs- und Reparaturarbeiten, sowie von Störfällen mit Auslösung der Sicherheitsbremse.

3.5 Gestaltung des Anschlagbereiches

Als Anschlag wird in enger Deutung des Begriffes die Stelle im Füllort oder an der Hängebank bezeichnet, an der die Signaleinrichtungen für die Schachtförderung angebracht sind. Im weiteren Sinne ist hier als Anschlag der Bereich der Be- und Entladung des Fördergestells zu verstehen.

Da bei der Be- und Entladung eine Seillängenänderung eintritt, muß während des Beladevorganges

- entweder das Fördermittel arretiert sein oder
- ein Ausgleich der Höhenveränderung zwischen Gestell und Anschlagniveau erfolgen.

Im ersten Fall spricht man von einer Aufsetzvorrichtung. Aufsetzvorrichtungen waren insbesondere in Großbritannien bis in die 70er Jahre in Verbindung mit der Trommelförderung verbreitet. Die Fördergestelle wurden an den Anschlägen zur Beladung auf Klinken aufgesetzt. Hierbei wird planmäßig über dem Fördermittel Hängeseil gefahren.

Die Gefahr von Aufsetzvorrichtungen, in das Fördertrum, insbesondere an den Zwischenansschlägen unbeabsichtigt hineinzuragen, hat auch in Großbritannien zu der Einsicht geführt, Aufsetzvorrichtungen soweit wie möglich zu vermeiden.

Sie sind nur bedingt vereinbar mit Treibscheibenförderanlagen, da durch die Änderung der Seilzugverhältnisse auch die Seilrutschsicherheit negativ beeinflusst wird.

Bei Treibscheibenförderanlagen werden daher in der Regel Schwingbühnen benutzt, um einen Niveaueausgleich zwischen Fördergestell und Anschlagniveau herzustellen.

Die Schwingbühne ist eine drehbare Klappe, die sich mit vorstehenden Klappzungen auf den Boden des Gestelles auflegt und so die Verbindung zwischen dem Gestänge des Anschlages und den Fahrschienen auf dem Gestell herstellt. Die Schwingbühne wird gegen das Moment eines Gegengewichtes durch Druckluft aufgelegt. Bei Ausbleiben der Druckluft geht sie in die Ruhelage zurück (Abb. 8).

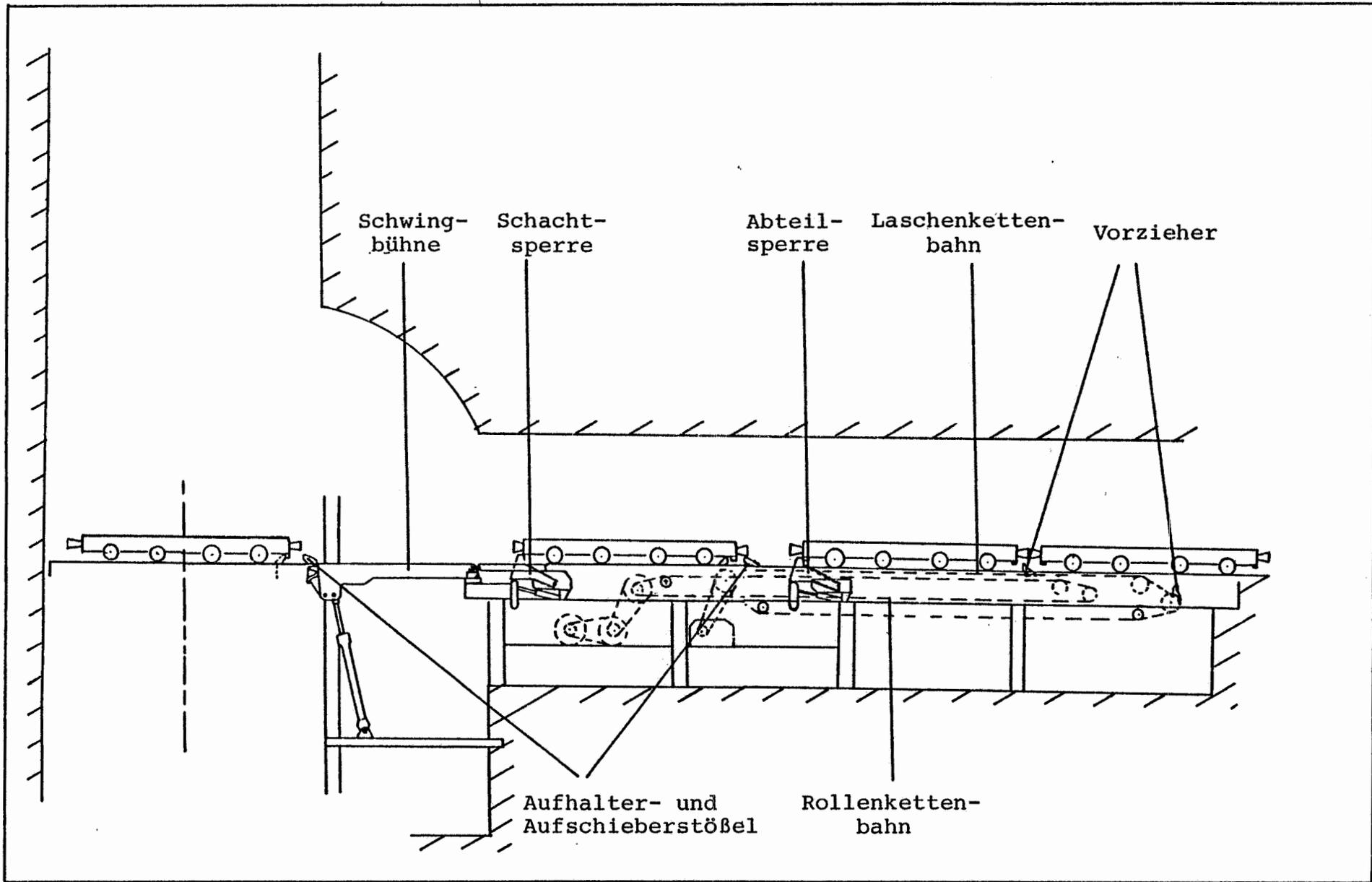


Abb 8 : Schachtbeschickung mit Schwingbühne
 und Schachtsperre (Prinzipskizze)

Gegen ein unbeabsichtigtes Eindringen in den Schachtbereich sind an den Anschlägen Schachtverschlüsse, meist in Form von Schachttoren, zu installieren. Schachttore dürfen erst geöffnet werden können, wenn das Fördermittel zentriert und die Bühne ausgefahren ist (TAS 2.4.7.5.3).

An Anschlägen, an denen Wagenförderung stattfindet, sind Sicherheitsvorrichtungen anzubringen, die bei Abwesenheit des Fördermittels verhindern, daß Streckenfördermittel in den Schacht hineingeschoben werden können. Hierzu dient i. a. eine Schachtsperre.

Da die Mehrzahl der Gestellförderungen bei Spurlattenführung mit einer Kopfführung versehen ist, aber auch bei Seilführungen müssen an den Anschlägen zusätzliche Führungselemente zum zentrierten Festhalten des Gestells während des Beladevorgangs vorgesehen werden. Hierbei handelt es sich in der Regel um Eckführungen. Die Eckführung entfällt bei Seitenführung des Fördermittels.

Dagegen sind Eckführungen auch bei Seilführung erforderlich, um ein Ausweichen des Fördermittels während des Beladevorgangs trotz der geringen Widerstandskraft der Seilführung gegen horizontale Kräfte zu verhindern. Zur Gewährleistung einer sicheren Einfahrt in die Führungen an den Anschlagpunkten sollen die Eckführungen aus Winkelstahl trichterförmig aufgeweitet werden.

4 Abriß der Sicherheitsfunktionen an Schachtförderanlagen

In diesem Kapitel wird eine kurze Darstellung der wesentlichen Sicherheitsfunktionen an Schachtförderanlagen gegeben. Die Ausführungen sind als Interpretation der geltenden Empfehlungen gemäß TAS zu verstehen, die hier für eine bessere Verständlichkeit zusammengefaßt werden.

Aus sicherheitstechnischer Sicht setzt sich die TAS im wesentlichen mit vier Problembereichen auseinander:

1. Die Aufhängung des Fördermittels darf nicht versagen.
2. Die Führung des Fördermittels ist zu gewährleisten
3. Die rechtzeitige Verzögerung vor Übertreiben der Endanschlüge ist sicherzustellen.
4. Die Zugänge zum Fördertrum sowie der Ablauf der Beschickungseinrichtungen dürfen nur geöffnet werden, wenn das Fördermittel am Anschlag vorsteht, die Bremse aufliegt und zentriert ist.

Die beiden ersten Problembereiche sind von elementarer Bedeutung, da bei Versagen der Aufhängung bzw. der Führungseinrichtungen keine Abwehr der Folgen möglich ist. Sie sollen an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden. Bei Behandlung der Verzögerung ist vorauszusetzen, daß die Bremsen voll funktionsfähig sind.

Die Sicherung der Zugänge und die ordnungsgemäße Steuerung der Beschickungseinrichtungen wird hiervon gesondert behandelt.

Konzeptionell klassifiziert die TAS drei Arten von Störfällen:

1. Störfälle, bei denen die Sicherheitsbremse auszulösen ist.

2. Störfälle, bei denen die Fahrbremse nach elektrischem Verzögern aufzulegen ist.

3. Störfälle, bei denen eine neue Abfahrt nach beendetem Treiben und nach Auflegen der Fahrbremse zu verhindern ist.

Die Begriffe Sicherheitsbremse und Fahrbremse werden in Kap. 6.4.3.2 erläutert. Es sei hier nur erwähnt, daß die Anwendung der Sicherheitsbremse zum Auflegen der Bremse mit der maximal zulässigen Verzögerung führt, die in der Regel zu einer längeren Blockierung der gesamten Anlage führt. Demgegenüber ist ein Auflegen der Fahrbremse mit geringeren Verzögerungswerten vorgesehen und in der Regel nach Zurücknehmen bzw. Beheben des Auslösegrundes schnell behoben.

Alle Steuerungen, die zum Auslösen der Sicherheitsbremse führen, werden zu einem sogenannten Sicherheitskreis zusammengefaßt. Die Auslösung der Sicherheitsbremse stellt bei diesen Störfällen die letztmögliche Sperre zur Vermeidung eines Schadens dar bzw. bildet insbesondere bei automatisch betriebenen Anlagen eine präventive Maßnahme, die erst bei Unbedenklichkeit durch Fachpersonal reduziert werden kann.

Demgegenüber erfolgt das Auflegen der Fahrbremse bei Steuerungen, die im Fahrbremskreis zusammengefaßt sind, erst nach dem elektrischen Verzögern zum Stillstand. Hiermit sollen Störfälle berücksichtigt werden, die einerseits keine schwerwiegenden Mängel der Anlage an sich anzeigen, andererseits aber z.B. durch Bedienfehler Gefahren im Fördertrum begünstigen. Man benutzt daher die verminderte Bremswirkung durch elektrische Verzögerung und arretiert

das Fördermittel mit der Fahrbremse.

Drittens werden in der schwächsten Reaktionsstufe eine Reihe von Überwachungen, die keine unmittelbare Gefährdung von Mensch oder Anlage bedeuten, einem sogenannten Abfahrsperrkreis zugewiesen. Hierin werden entweder bei vorstehendem Fördermittel bestimmte Funktionen überwacht oder aber bestimmte Zustände (z.B. Temperaturüberwachungen), die einen Grenzwert erreichen, aber das Ausführen des Treibens bedenkenlos ermöglichen.

Die Ausprägung von Sicherheitskreis, Abfahrsperrkreis und Fahrbremskreis unterscheidet sich bei Anlagen mit manueller Überwachung und Anlagen für automatischen Betrieb.

Weitere Unterschiede bestehen zwischen Seilfahrt und Materialförderung. Darüber hinaus ist die nicht einheitliche technische Gestaltung der Überwachungseinrichtungen zu berücksichtigen.

Neben der Überwachung dieser Störfälle schreibt die TAS zusätzlich eine Reihe von Logikfunktionen vor, d.h. sie regelt die Abfolge bestimmter Abläufe in sicherheitlichem Sinn.

Für alle elektrisch angetriebenen Fördermaschinen wird die Sicherheitsbremse nach den in Tab. 1 dargestellten Funktionen ausgelöst. Diese Funktionen sind unabhängig von der Betriebsart der Fördermaschine.

Bei handbedienten Antriebsmaschinen muß zusätzlich die Sicherheitsbremse jederzeit (willkürlich) vom Fördermaschinenisten ausgelöst werden können. Darüber hinaus soll

alternativ die Sicherheitsbremse oder ein Notsignal bei folgenden Funktionen ausgelöst werden:

- Überwachungseinrichtung für Unterseilbucht spricht an,
- Überwachte Hub- und Klappspurlatten sind nicht geschlossen,
- Überwachte Schwing- oder Schiebebühnen befinden sich während des Treibens nicht außerhalb der Fördertrume.

Auslösung der Sicherheitsbremse:

- Antriebsenergie bleibt aus,
- Bremsüberwachung spricht an,
- Übertreiben durch Endschalter angezeigt,
- Überwachungseinrichtung des Teufenzeigers spricht an,
- Überwachungseinrichtung des Fahrtreglers spricht an,
- (nur für Fördermaschinen mit Leonard-Sätzen und Fördermotoren von Getriebemaschinen:)
Drehzahlüberwachung spricht an
- (nur für Antrieb mit Schleifringläufermotor:)
Überwachungseinrichtung spricht an.

Tab 1 : Funktionen mit Auslösung der Sicherheitsbremse
nach TAS

Für automatisch betriebene Anlagen gelten in Ermangelung der überwachenden Aufgabe des Fördermaschinisten zusätzlich zu Tab. 1 folgende, die Sicherheitsbremse auslösenden Funktionen:

- ein Steuerimpuls zum Lüften oder Auflegen der Fahrbremse wird nicht ausgeführt,
- eine Steuerspannung fällt aus,
- an der Antriebsmaschine treten bei Stillstand fehlerhafte Ströme auf,
- Fahrbremskreis oder Abfahrsperrkreis funktionieren nicht ordnungsgemäß.

Der Fahrbremskreis ist begrifflich erst mit der Einführung der Anlagen mit automatischem Betrieb geschaffen worden. Er kommt bei den Funktionen der Tab. 2 zur Auslösung.

Der Abfahrsperrkreis verhindert bei Anlagen mit automatischem Betrieb das Durchschalten eines Abfahrimpulses und das Lüften der Fahrbremse.

Der Abfahrsperrkreis spricht u.a. an, wenn

- am Abfahranschlag ein Schachttor offen steht,
- Nothalt ansteht,
- der Be- und Entladevorgang nicht ordnungsgemäß abgelaufen ist,
- Übertemperaturen an der Fördermaschine auftreten oder ein
- unzulässiger Bremsbackenverschleiß auftritt.

Auslösung des Fahrbremskreises:

- Öffnen eines Schachttores am Abfahranschlag, solange das Fördermittel noch im Anschlagbereich führt,
- Öffnen eines überwachten Fördermittelverschlusses nach einem Abfahrbefehl oder während des Treibens,
- Nothalt,
- Anfahren der Antriebsmaschine in die falsche Richtung,
- Ansprechen der Seilrutschüberwachung,
- Ansprechen der Überwachungseinrichtung für
 - a) Unterseilbucht,
 - b) Hängeseilüberwachung,
 - c) Hub- oder Klappspurlatten,
 - d) Schwing- oder Schiebebühnen.

Tab. 2: Funktionen mit Auslösung der Fahrbremse bei Anlagen mit automatischem Betrieb

Die Sicherung der Zugänge und die ordnungsgemäße Steuerung der Beschickungseinrichtung wird teilweise im Sicherheitskreis, Fahrbremskreis oder Abfahrsperrkreis erfaßt, andernfalls wird sie durch Anwendung einfacher Logikschaltungen erbracht.

Als wichtigstes Element seien hier die Schachttore betrachtet.

Allgemein gilt, daß Schachttore erst geöffnet werden sollen, wenn das Fördermittel zentriert und die Bühne ausgefahren ist (TAS 2.4.7.5.3).

Bei Wagenförderung müssen Teile der Schachtbeschickungseinrichtung untereinander und mit den Schachttoren so verriegelt sein, daß sie zwangsläufig nur in der jeweils zulässigen Reihenfolge wirksam werden können (TAS 2.5.4.2.3).

Bei Seilfahrt dürfen nur Schachttore und Schwingbühnen betätigt werden können. Beim Öffnen eines Tores in der Betriebsweise "Seilfahrt" kann die geschlossene Fahrbremse nicht gelöst werden (Prinzip der Abfahrsperrung).

Das wichtigste Bauelement für die sicherheitliche Vorkehr gegen Übertreiben ist der Fahrtregler (vgl. Kap. 6.4.3.3). Der Fahrtregler muß das Überschreiten der eingestellten Höchstgeschwindigkeit um mehr als 2 m/s verhindern (Gleichlaufperiode).

Der Fahrtregler muß die Fördermaschine am Ende des Fahrweges so führen, daß die Endanschläge nur mit einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m/s durchfahren werden können. Abweichend hiervon darf diese Geschwindigkeit bis zu 4 m/s betragen, wenn dabei gewährleistet ist, daß nach Ansprechen eines Endschalters die Fördermittel und Gegengewichte zum Stillstand gebracht werden, ohne die Prellträger zu erreichen (TAS 3.6.2.2).

Der Fahrtregler muß zur Geschwindigkeitsbegrenzung auf die Energiezufuhr und erforderlichenfalls auf die Fahrbremse oder die elektrische Bremsung einwirken.

Um die weggerechte Verzögerung des Fördermittels zu garantieren, ist der Fahrtregler selbst mit einer von der Steuerung unabhängigen Überwachungseinrichtung ausgerüstet. Überwacht werden:

- die jeweils eingestellte Höchstgeschwindigkeit während der Gleichlaufperiode,
- die Verzögerung am Ende des Fahrweges (kontinuierliche oder schachtabhängige punktweise Überwachung),
- bei Beginn der Verzögerung am Ende des Fahrweges die Stellung der Fördermittel im Vergleich zur Fahrtreglerstellung und
- der Übertragungsweg vom Seilträger zum Fahrtregler.

Die TAS stellt folglich im Ansatz darauf ab, daß ein Übertreiben durch reguläre Verzögerungen nur mit einer Geschwindigkeit von 2 bzw. 4 m/s stattfindet.

Kommt es zum Übertreiben, treten die Fördermittel in die als Verzögerungsstrecke vorgeschriebene freie Höhe, bzw. freie Teufe ein, die nach TAS mindestens 10 m Länge aufweisen müssen.

Kommt es nicht zur Sicherheitsbremsung durch Fahrtregler und Schachtendschalter, fährt das Fördermittel zunächst im Schachtumpf in die Spurlattenverdickung.

Es folgt das aufwärtsgehende Fördermittel, das im Fördersturm (Fördergerüst) in die Spurlattenverdickung einfährt. Reicht dieser Energieverzehr nicht aus, ist als "Maßnahme der letzten Sekunde" der Prellträger vorhanden, auf den das Fördermittel mit Restgeschwindigkeit aufprallt. Sollte

der Aufprall mit derartiger Wucht erfolgen, daß es zum Abscheren des Oberseils kommt, sind max. 0,5 m unter dieser Endstellung des Fördermittels Fangklinken angeordnet, die den Absturz des Fördermittels bei eingetretenem Oberseilriß verhindern. Die Wirksamkeit des dargestellten Verzögerungsweges hängt wesentlich von der Eintrittsgeschwindigkeit und den beteiligten Massen des Fördermittels ab.

Eine ausführliche Darstellung der Sicherheitsvorkehrungen gegen Übertreiben wird in 6.4.1.2 gegeben.

5 Systematik der möglichen Schadenursachen und ihrer Wirkungsketten an Schachtförderanlagen

Als Schaden im Sinne der Schachtförderung ist jede mechanische Einwirkung auf das im Fördergestell transportierte Abfallgebinde zu bezeichnen, die über das im regulären Betrieb konstruktiv vorgesehene Maß hinaus geht.

Ein Schaden tritt ein, wenn in einer definierten Wirkungskette an einer bestimmten Stelle ein Störfall eintritt und die nachfolgenden Ereignisse auslöst. Eine Wirkungskette ist also stets dadurch gekennzeichnet, daß jedem Ereignis eine oder mehrere Wirkungen nachfolgen und eine oder mehrere Ursachen vorausgehen. Diese Wirkungsketten können an bestimmten Stellen "initiiert" werden und an anderen Stellen abbrechen. Jedes Ereignis, an dem eine Wirkungskette initiiert werden kann, ist in der Abb. 9 durch ein Blitzsymbol gekennzeichnet.

In Abb. 9 ist die den weiteren Untersuchungen zugrunde liegende Systematik der Wirkungsketten von Störfällen dargestellt. Die funktionalen Zusammenhänge der Bauteile von Schachtförderanlagen sind in ihrer räumlichen, zeitlichen und logischen Verknüpfung schwer darzustellen.

Als Ordnungsprinzip wurde der Schadenumfang der Ereignisse gewählt. Dadurch sind drei Schadenkategorien definiert.

In der Kategorie I kommt es zum Fördermittelabsturz im freien Fall, d.h. die Aufhängung des Fördermittels ist verloren gegangen. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Fördermittelabsturz im Regelbetrieb oder im gestörten Betrieb eingetreten ist.

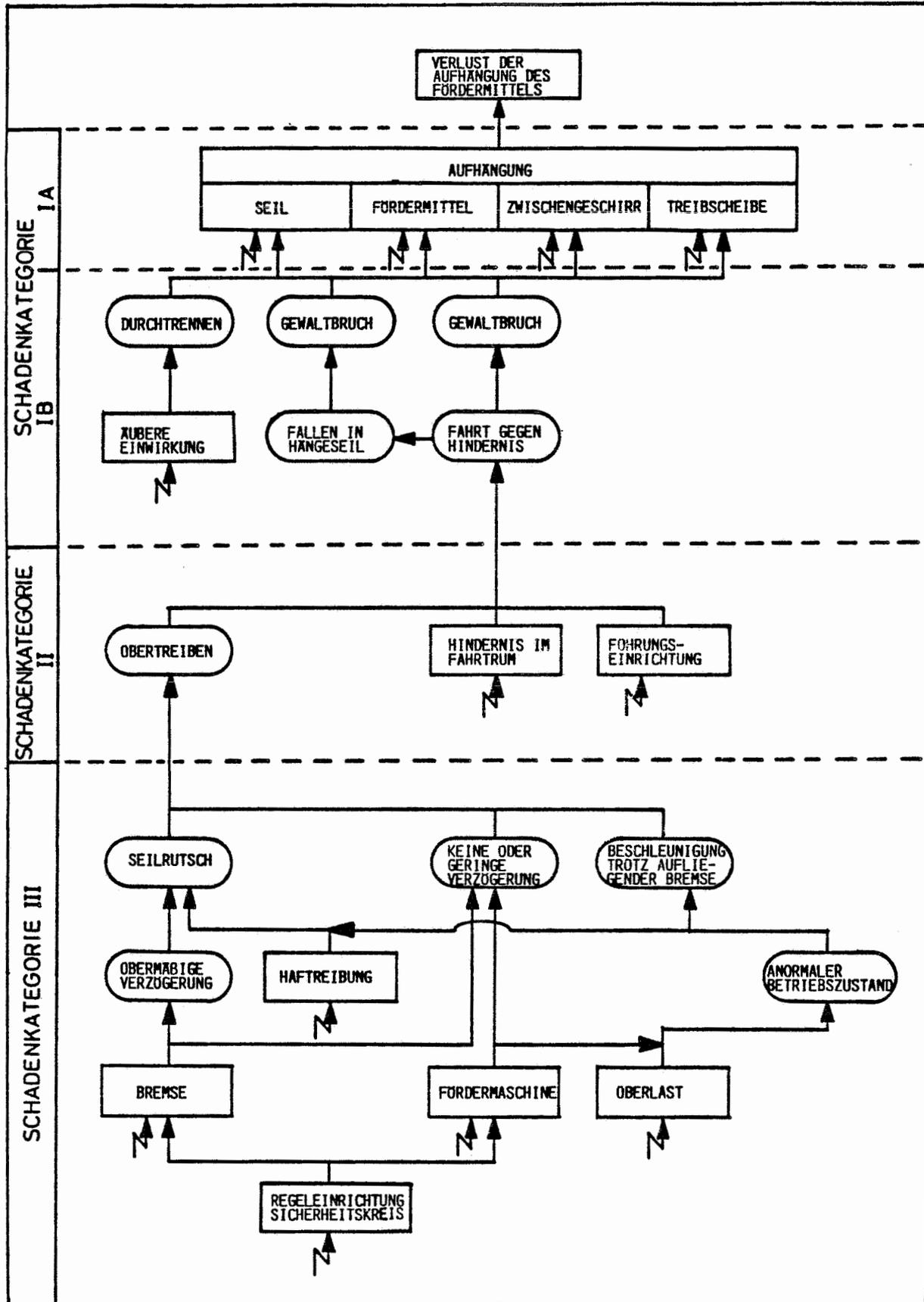


Abb. 9 : Systematik der möglichen Schadensursachen und ihrer Wirkungsketten an Schachtförderanlagen

Unter Regelbetrieb ist zu verstehen, daß der Betrieb einer Schachtförderanlage in der konstruktionstechnisch und bergbehördlich vorgesehenen Weise auch tatsächlich stattfindet. Das bedeutet, daß die mechanischen Beanspruchungen der Schachtförderanlage das konstruktive Höchstmaß nicht überschreiten (Schadenkategorie I A).

Wird das konstruktive Maß der Beanspruchungen überschritten oder erfolgt der Betrieb nicht in der vorgesehenen Art und Weise, dann liegt gestörter Betrieb vor. Ein Fördermittelabsturz ist hierbei der Schadenkategorie I B zuzuordnen.

Für die vollständige Beurteilung der Fördermittelabstürze im gestörten Betrieb (Kategorie I B) ist es notwendig, die Untersuchung auf alle Schadensfälle zu erweitern, die potentiell einen Fördermittelabsturz zur Folge haben könnten, aber unter gegebenen Umständen nicht dazu geführt haben.

In der Schadenkategorie II werden daher alle Schäden erfaßt, bei denen das konstruktive Maß der Beanspruchung überschritten bzw. vom Regelbetrieb abgewichen wurde, die aber nicht zum Fördermittelabsturz geführt haben.

In der letzten Kategorie III sind dann Schäden zu erfassen, die potentiell auch zum Fördermittelabsturz hätten führen können, bei denen aber die Wirkungskette vorher abbrach, so daß auch mechanische Beanspruchungen nicht das im Regelbetrieb übliche Maß überschritten haben.

5.1 Schadenkategorie I A

Der schwerwiegendste Schaden an einer Schachtförderanlage ist der Fall, daß das Fördermittel seine Aufhängung verliert und sich im freien Fall in der Schachtröhre bewegt. Wenn man einen regulären Betrieb unterstellt, kann dieses Ereignis nur eintreten, wenn eines der Glieder der Aufhängung seine Funktion verliert. Unter regulärem Betrieb ist zu verstehen, daß alle Elemente konstruktionsgemäß und unter Wahrung der Vorschriften funktionieren, d.h. es treten keine Kräfte auf, die nicht konstruktionstechnisch berücksichtigt wären.

Es kommt somit zu einem Bruch oder Riß an

- dem Seil
- dem Fördermittel selbst
- dem Zwischengeschirr oder
- der Treibscheibe

durch Beanspruchungen, die im regulären Betrieb auftreten.

Diese Ereignisse sind als endogen zu bezeichnen, da ihnen im Rahmen der Systematik keine vorangehenden Störfälle als Ursachen zugewiesen werden können. Sie sind als äußerst problematisch zu werten, weil es keine Möglichkeit gibt, den Schaden zu verhindern, wenn sie erst einmal eingetreten sind.

5.2 Schadenkategorie I B

Wenn man unterstellt, daß die Elemente der Aufhängung des Fördermittels in einwandfreiem Zustand sind und konstruktionstechnisch den betrieblichen Erfordernissen entsprechen,

kann die Aufhängung nur durch exogene Ereignisse bewirkt werden, d.h. es treten Störfälle ein, die zum Gewaltbruch, zum mechanischen oder thermischen Durchtrennen oder zum Dauerbruch von Elementen der Aufhängung führen.

Dies sind zum einen singuläre Ereignisse, denen (in der Systematik) keine Ursache vorangeht wie die äußere, nicht fördersystembedingte Einwirkung durch frei fallende Gegenstände im Schacht oder Brand. Zum anderen treten die Ereignisse "Anormaler Betriebszustand" und "Fahrt gegen Hindernis" auf, die selbst als das Ergebnis einer Wirkungskette zu begreifen sind, die nicht notwendig zum Verlust der Aufhängung des Fördermittels führen.

5.3 Schadenkategorie II

Das Fahren des Fördermittels gegen ein Hindernis ist nicht notwendig ein Ereignis, bei dem es zum Verlust der Aufhängung kommt. Statt dessen kann es durch Übertreiben, Hindernisse im Fahrtrum oder defekte Führungseinrichtungen zum Aufprall des Fördermittels kommen, so daß hohe Reaktionskräfte in das Fördermittel eingeleitet werden, die aber nicht zum Bruch der Aufhängung ausreichen. In diesen Fällen handelt es sich um die Schadenkategorie II.

5.4 Schadenkategorie III

In allen Fällen, in denen Störfälle an Bauteilen der Schachtfördereinrichtung Wirkungsketten mit folgenden Schäden am Förderkorb auslösen können, handelt es sich um Ereignisse der Schadenkategorie III. Da diese Ereignisse nicht direkt Schäden bewirken, ist es sinnvoll, durch geeignete Maßnahmen die Wirkungsketten zu unterbrechen, bevor es zu Schäden kommt, oder auch nur den Schaden selbst auf ein erträgliches Maß zu verringern.

6 Sicherheit der Schachtfördertechnik

6.1 Verlust der Aufhängung des Fördermittels im Rahmen der Schadenkategorie I A

6.1.1 Seil

6.1.1.1 Beschreibung des Ereignisses

Die Beanspruchung des Seiles stellt einen äußerst komplexen Vorgang dar. Es ist an dieser Stelle nur auf die Fälle einzugehen, die durch inneren Verschleiß bzw. Korrosion im Regelbetrieb zum Seilriß geführt haben.

Förderseildrähte werden während eines Treibens Schwellspannungen und sekundären Spannungen ausgesetzt, die sich zu den zusammengesetzten tatsächlichen Spannungen addieren.

Die Schwellspannungen ergeben sich aus der Nutzlast und dem Unterseilgewicht, abhängig von der Teufe.

Mit zunehmender Teufe, Nutzlast, Seilgewichten, Beschleunigungen und Verzögerungen werden die Unterschiede in der Seilbeanspruchung während eines Förderzuges größer, das heißt, die Spannungsunterschiede in den Seildrähten über dem Einband erhalten größere Amplituden.

Je größer die Teufen, je schlechter die Schachtführungen und je ungleichförmiger der Lauf von Treib- und Seilscheiben sind, umso schwingungsanfälliger ist das Fördersystem. Auch werden die Seile durch hartes Stillsetzen, durch scharfe Übergänge zwischen den Beschleunigungs-, Gleichlauf- und Verzögerungsphasen zu Schwingungen ange-regt, die die Seillebensdauer verkürzen.

Die sekundären Spannungen setzen sich zusammen aus den Biegespannungen beim Laufen der Seile über die Treib-, die Seil- bzw. die Ablenkscheibe sowie aus Spannungen, die aus der Deformation der Seile infolge der angreifenden Kräfte während des Treibens entstehen. Hier sei auf die Arbeitsweise der Treibscheiben hingewiesen, von denen die Kräfte über die Decklagen der Litzen an den Außenflächen der Seile in die Seile eingeleitet werden. Entsprechend der Nutzlast, den Beschleunigungen und Verzögerungen wird bei der Kraftübertragung zwischen Treibscheibenfutter und Förderseil, insbesondere bei dicken Seilen, der innere Verschleiß gefördert und der Seilverband durch Draht-, Litzen- und Litzenlagenverschiebungen geschädigt.

Die Zerstörung des Seiles wird durch eine Vielzahl von Ursachen bzw. auch eine Kombination dieser Ursachen hervorgerufen. Als wesentliche Ursachen können fünf Gruppen unterschieden werden (4.83):

1. Natürlicher Verschleiß

Natürlicher Verschleiß entsteht einmal an den Berührungsflächen zwischen Seil und Seilscheibe bzw. Treibscheibe (d.h. an der Außenfläche der Außendrähte des Seiles) entweder durch gleitende oder rollende Reibung oder an den Innenflächen der Außendrähte bzw. an den Außenflächen der darunter liegenden Drahtlage durch die innere Reibung im Seil (d.h. durch Dehnung, Biegung usw.). Im ersten Fall tritt nur ein Querschnittsverlust auf, im zweiten Fall kann der Querschnittsverlust mit einer Lockerung der Außendrähte verbunden sein.

2. Korrosion

Korrosion bewirkt eine Verminderung des metallischen Querschnitts, besonders in Wechselwirkung mit dem natürlichen Verschleiß, setzt den Ermüdungswiderstand herab und stellt damit einen der stärksten Einflüsse auf die Lebensdauer der Drahtseile dar.

Korrosion kann wegen des ungleichmäßigen Auftretens an einem Förderseil sehr gefährlich werden. Oft sind nur ganz kurze Strecken (20 - 100 cm) aus unterschiedlichen Ursachen - z.B. lokale Bestrahlung oder Befuchtung durch aggressive Wetter oder Wässer - von starker Korrosion befallen.

3. Drahtbrüche

Drahtbrüche treten an den Stellen des Seiles auf, wo infolge der dynamischen Beanspruchungen eine Ermüdung des Drahtmaterials entsteht, wobei in vielen Fällen Verschleiß, Korrosion, Kerben usw. Ursachen des Entstehens sind.

4. Verschleiß

Verschleiß kann auch auftreten in Form von Ankerungen durch Punktberührung der Drähte, bei Seilmacharten mit sich überkreuzenden Drahtlagen bzw. Litzen sowie an den Litzenberührungsstellen von Litzenseilen.

5. Andere Ursachen

Andere Ursachen für die Zerstörung des Seiles können sein plastische Verformungen von Seildrähten und andere Verschleißerscheinungen sowie Drahtbrüche, die durch äußere Gewalteinwirkung entstehen, und Entformungen an Drahtseilen, wie Korkenzieher, Knotenbildung, Klanken, Einschnürungen etc.

Ein Katalog der Ausfallursachen ist von Jemlich (4.82) veröffentlicht worden, der jedoch nicht den Anspruch auf systematische Vollständigkeit erhebt, da mit ihm Wechselwirkungen und Zusammenhänge mit dem Betriebszustand und der Machart des Förderseiles nicht zu erfassen sind (Anlage 3).

Weitere Darstellungen der Einflußgrößen auf die Lebensdauer von Förderseilen finden sich bei Becker (4.28) und Bär (4.18).

6.1.1.2 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Aus dem verfügbaren Datenmaterial sind 21 Fälle bekannt, bei denen es durch Korrosion und Verschleiß ohne weitere äußere Einwirkung zu Oberseilrissen kam (Abb. 10).

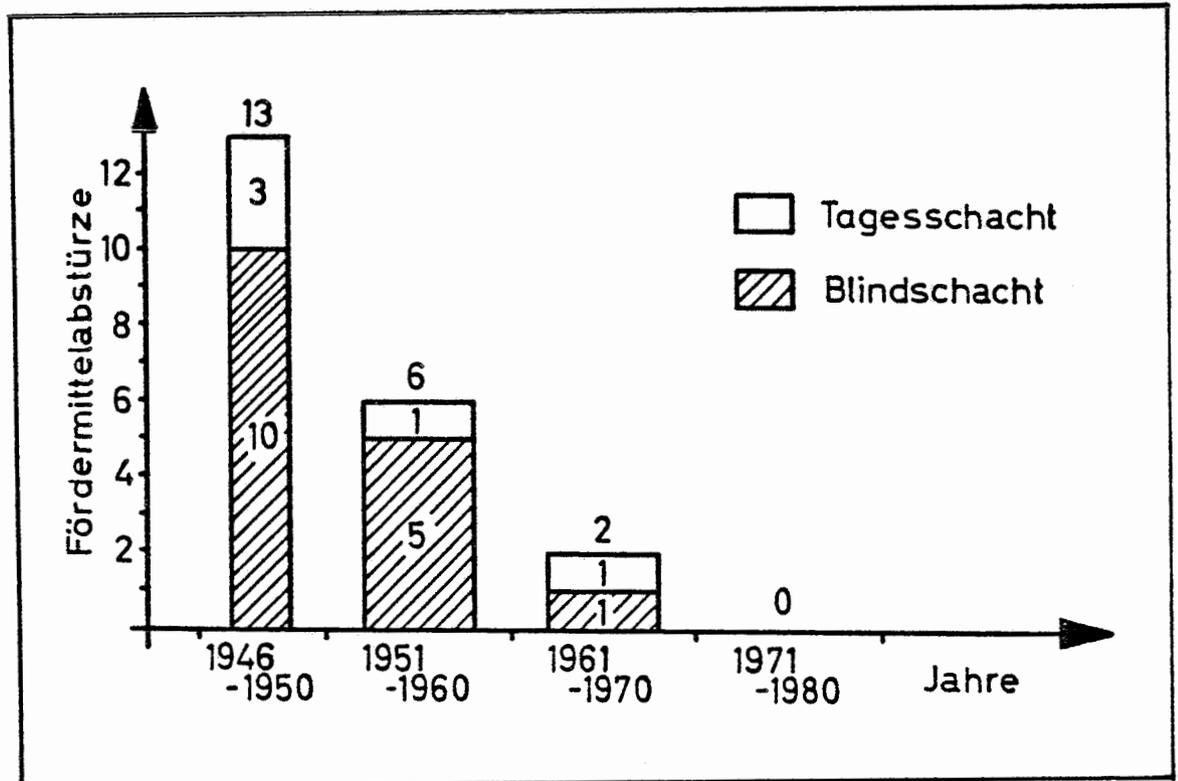


Abb. 10: Fördermittelabsturz im Regelbetrieb durch Seilriß

Dabei liegen 19 Fälle vor 1960: In 4 Fällen handelt es sich um Tagesschächte und in 15 Fällen um Blindschächte.

Die Vorfälle in den Tagesschächten ereigneten sich in den Jahren 1947, 1948, 1950 und 1955. In allen vier Fällen ist ausdrücklich auf die Schwächung des Seiles durch Korrosion bei Anwesenheit korrosiver Schachtwässer hingewiesen. Wie bereits erwähnt, ist Korrosion an Seilen nur schwer zu beurteilen bzw. äußerlich auch nicht erkenntlich. Im Jahre 1950 handelte es sich um eine Nebenförderung, die nicht zur Seilfahrt zugelassen war. Magnetinduktive Verfahren zur Förderseilprüfung waren noch nicht entwickelt.

Die 15 Vorfälle in Blindschächten sind auch wartungstechnisch zu relativieren. In den Vorgängern der BVOS^{x)} kommt eine deutliche Aufgliederung der Wartungsanforderungen in Abhängigkeit von der Intensität, mit der eine Schachtförderanlage zur Seilfahrt benutzt wird, zum Ausdruck.

Es wird unterschieden in

- Hauptseilfahrtanlagen
- mittlere Seilfahrtanlagen
- kleine Seilfahrtanlagen
- Schachtförderanlagen ohne Seilfahrt, die sich mit Seilfahrtanlagen im gleichen Schacht befinden
- Schachtförderanlagen ohne Seilfahrt

x) Anm.: Bergverordnung des Oberbergamts in Dortmund für Hauptseilfahrtanlagen vom 1. August 1957 und Bergverordnung des Oberbergamts in Dortmund für mittlere und kleine Seilfahrtanlagen vom 1. Februar 1960

Nach § 3 BVOS sind Seilfahranlagen

- Hauptseilfahranlagen, wenn
 - a) die zulässige Seilfahrtgeschwindigkeit mehr als 4 m/s beträgt oder
 - b) mehr als 20 Personen gleichzeitig auf einem Fördermittel fahren dürfen oder
 - c) mehr als 2 Tragböden je Fördermittel zur Seilfahrt benutzt werden dürfen;

- mittlere Seilfahranlagen, wenn
 - a) die zulässige Seilfahrtgeschwindigkeit mehr als 2 m/s, aber höchstens 4 m/s beträgt, oder
 - b) 11 bis höchstens 20 Personen gleichzeitig auf einem Fördermittel fahren dürfen;

- kleine Seilfahranlagen, wenn
 - a) die zulässige Seilfahrtgeschwindigkeit höchstens 2 m/s beträgt oder
 - b) höchstens 10 Personen gleichzeitig auf einem Fördermittel fahren dürfen.

Während reine Güterförderanlagen in die Vorgänger der BVOS nicht einbezogen sind, weist die BVOS seit 1977 die Festlegung der Zeitabstände für Prüfungen und Überprüfungen dem Unternehmer zu. Die Fristen der Überprüfung für kleine und mittlere Seilfahranlagen sind in den Vorgängern der BVOS in größeren Zeitabständen angesetzt als für Hauptseilfahranlagen. Die BVOS dagegen bestimmt seit 1977 ausnahmslos eine arbeitstägliche Überprüfung der Förderseile.

Die Prüfungen sind nach der alten und neuen Regelung gleich für Hauptseilfahranlagen in kürzeren Abständen vorzunehmen als für kleine und mittlere Seilfahranlagen.

Es ist daraus zu folgern, daß Blindschächte und Nebenschächte aufgrund der geringeren Beanspruchung auch geringeren Wartungsanforderungen genügen. Davon unbeschadet ist die Sorgfalt der durchgeführten Überwachungsmaßnahmen zu betrachten.

Bei den Fördermittelabstürzen in Blindschächten ist nicht eindeutig festzustellen, welche Förderanlagen zur Seilfahrt zugelassen waren und welche nicht.

In den zwei Fällen nach 1960 handelt es sich um Bobinenförderanlagen, deren Seile an sich anderen Beanspruchungen unterliegen und die deswegen nicht als relevant einzustufen sind. Bei Bobinenförderungen werden Flachseile verwendet, die bei aufwärtsgehendem Fördermittel auf dem Seilträger spiralförmig magaziniert werden. Durch die andauernde Biegebeanspruchung und die Verschleißvorgänge, insbesondere an der Innenseite der Bobinenseile während der Magazinierung sind Bobinenseile, die vorzugsweise wegen ihrer Drallfreiheit in Abteufanlagen eingesetzt werden, stärkeren Beanspruchungen ausgesetzt, als normale Rundseile. In beiden Fällen handelt es sich offensichtlich um Wartungsfehler.

6.1.1.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die Tatsache, daß es in der Bundesrepublik Deutschland seit 1960 zu keinem relevanten Fall eines Förderseilrisses gekommen ist, läßt schließen, daß die sicherheitliche Überwachung der Förderseile einen äußerst hohen Standard erreicht hat. Dies schließt auch die Beurteilung der Nebenanlagen und Blindschächte ein.

Aus der Beanspruchungscharakteristik der Seile und den Auslegungskriterien bzw. der Bestimmung der Ablegereife von Förderseilen (Anlage 4) sind einige Gesichtspunkte hervorzuheben.

Die tatsächliche Beanspruchung des Seils während des Fördervorganges ist noch weitgehend unbekannt. Dies ist in erster Linie auf die Schwierigkeit zurückzuführen, Schwell- und Biegebeanspruchungen des Seils meßtechnisch zu erfassen. Daher ist auch die Auslegung von Seilen für Förderanlagen nur empirischer Natur, wengleich man relativ hohe statische Sicherheitsfaktoren zum Ansatz bringt.

Vor allem in Verbindung mit hoch- und höchstbeanspruchten Förderseilen hat man einen rapiden Abfall der Seillebensdauer beobachtet.

Förderseile können aufgrund ihrer Konstruktion und der geometrisch-dynamischen Beanspruchungen nicht als dauerfeste Anlagenelemente ausgelegt werden. Man muß daher die natürliche Abnutzung des Seils beobachten und anhand von Kriterien den Ablegezeitpunkt des Seils bestimmen.

Ein weiterer Einwand gilt daher der Problematik, äußerlich nicht sichtbare Seilschäden für die Bestimmung der Ablegereife von Förderseilen zu ermitteln und zu gewichten. Die seit längerer Zeit erprobte magnetinduktive Förderseilprüfung ermöglicht Schätzungen über den Seilzustand durch zerstörungsfreie Messungen. Die Entscheidung über den Ablegezeitpunkt setzt allerdings immer die Erfahrung des jeweiligen Gutachters voraus.

Es ist nach dem Stand der Technik und durch menschliches Fehlverhalten nicht auszuschließen, daß es zu einem Seilriß durch Ermüdung und Korrosion kommt.

Wartung und Meßtechnik haben allerdings einen derart hohen Stand erreicht, daß aufgrund der Erfahrung ein Fördermittelabsturz durch Seilriß bei Einseilanlagen vermeidbar ist. Das verbleibende Restrisiko ist bei Anwendung der Mehrseilförderung auszuschließen.

6.1.2 Fördermittel und Gegengewicht

Die tragenden Elemente des Fördergestells erfahren während der Förderung quasistatische und kinetische Beanspruchungen. Es kann daher theoretisch zum Bruch des Fördermittels kommen.

Obwohl bei der Berechnung der Haupttragglieder von Fördermitteln nach statischen Gesichtspunkten die Sicherheitszahlen sehr hoch gewählt werden (Anlage 5), treten infolge von Ermüdung des Werkstoffes, Korrosion, ungünstiger Formgebung etc. Daueranrisse auf, durch die diese Teile zerstört werden können.

Im verfügbaren Datenmaterial ist der Bruch von Hängestreben durch Werkstoffermüdung in zwei Fällen aus dem Jahr 1956 belegt. In beiden Fällen ist es nicht zum Absturz gekommen. Ein weiterer Bruch ist aus dem Jahr 1960 belegt, der bei der Prüfung der Förderkörbe rechtzeitig festgestellt wurde. Es muß angenommen werden, daß weitere Brüche der tragenden Teile routinemäßig festgestellt wurden und nicht in den Angaben erfaßt sind.

In zwei Blindschächten ist es im Jahr 1960 durch Ausreißen des Kopfträgers am Gegengewicht zu Förderkorbabstürzen gekommen. In einem Fall handelte es sich um unbemerkte Rostbildung, im zweiten Fall um konstruktiv nicht berücksichtigte Dauerbiegebeanspruchungen durch abbaubedingte Schiefelage des Blindschachtes.

Das Fördermittel ist konstruktiv geringer belastet als die Seile. Die Konstruktion des Fördermittels mit mindestens 4 Hängestreben hat sich unter Einbeziehung der hohen statischen Sicherheiten als in der Vergangenheit ausreichend erwiesen.

Das Eintreten dynamischer Beanspruchungen, insbesondere möglicher Biegebeanspruchungen sollte konstruktiv Berücksichtigung finden.

Die geltenden Überwachungsvorschriften sind als ausreichend anzusehen.

6.1.3 Zwischengeschirr

6.1.3.1 Seilkraftausgleich bei Mehrseilförderungen

Die Kernfrage einer Mehrseilschachtförderanlage ist der Ausgleich von im Betrieb auftretenden Seilkraftunterschieden.

Diese werden zwangsläufig durch die unvermeidbaren Unterschiede zwischen den Seillaufdurchmessern auf der Treibscheibe und dem damit verbundenen verschiedenen Vortrieb der einzelnen Seile hervorgerufen. Außerdem können die Seile verschieden lang eingebunden sein oder sich unterschiedlich bleibend längen. Ferner können auch Unterschiede

im Seildurchmesser und in den elastischen Eigenschaften der Seile (Elastizitätsmodul) Seilkraftunterschiede hervorrufen.

Zwei grundsätzliche verschiedene Möglichkeiten für die Lösung dieser Aufgabe liegen darin, daß entweder Ausgleichsvorrichtungen oder aber, daß die einzelnen Seile mit dem Korb unmittelbar unter Verzicht auf jeglichen Seilkraftausgleich verbunden und die Seilkräfte im Betrieb durch Meßgeräte überwacht werden. Bei Bedarf wird dann in das Kräftespiel regulierend eingegriffen.

Letztgenanntes Prinzip hat sich zum Teil unter Anwendung anderer Meßverfahren inzwischen weitgehend durchgesetzt, weil sich gezeigt hat, daß selbst aufwendige Ausgleichsvorrichtungen weitgehend unwirksam bleiben (4.25).

Seilkraftunterschiede haben Auswirkungen auf

- Entstehung vorzeitiger Drahtbrüche durch Zusatzbelastung des Förderseils
- Berechnung der Seilsicherheit
- Unterschiede im Verschleiß am Treibscheibenfutter durch Kriechen und Rutschen.

Die gemäß BVOS bewilligten Toleranzen wurden mit Rücksicht auf Überlastung und Seilrutsch gewählt.

Auftretende Seilkraftunterschiede, die das in der BVOS festgelegte Maß überschreiten, werden durch Ausgleich der Seillaufdurchmesser an den Treibscheiben bzw. durch Längenanpassung der Seile oder an den Zwischengeschirren ausgeglichen.

Von positivem Einfluß auf auftretende Seilkraftunterschiede ist die Elastizität des Treibscheibenfutters. Die radialen Einsinkwege sind abhängig von der als Bettungsziffer (4.118) bezeichneten radialen Elastizität des Futters, seinen Abmessungen, seiner Einspannung und dem Verschleißzustand.

Gemäß TAS 6.1.5 muß bei Mehrseilförderanlagen die Lastaufnahme der einzelnen Förderseile festgestellt werden können. Die BVOS § 30 (8) sieht vor, daß die Messung der Seilkräfte in Abständen von längstens 5 Wochen zu erfolgen hat. Weicht die Seilkraft in einem Seil oder in mehreren Seilen um mehr als 10 v.H. vom Mittelwert der Seilkräfte ab, sind Maßnahmen zum Ausgleich der Seilkräfte zu treffen.

Zum Messen der Seilkräfte dient i.a. das sogenannte Schlitzringdynamometer. Dabei handelt es sich um einen geschlitzten Ring, der an Stelle von Paßstücken in das Zwischengeschirr eingebaut wird. Die Schlitzöffnung dieses auf Druck beanspruchten Ringes ist dann ein durch Eichung festgelegtes Maß für die Belastung (4.15).

Zum Aufzeichnen der während des Treibens auftretenden Seilkräfte werden schreibende Geräte mit mechanischer Übertragung angebracht. Die Meßstreifen geben Aufschluß über die Höhe der Seilkräfte an jeder Stelle des Fahrweges.

Kurzzeitig können die Schlitzringdynamometer auch mit DMS versehen werden. In diesem Fall ist eine kontinuierliche Meßwertübertragung über das Förderkorbtelefon möglich. DMS verlieren jedoch über längere Zeiträume ihre Eichung. Die Meßwertübertragung ist unzuverlässig.

6.1.3.2 Klemmkauschen

6.1.3.2.1 Beschreibung des Ereignisses

Der Einband wird durch statische und dynamische Kräfte in Längsrichtung und in Querrichtung der Seile beansprucht.

Querkräfte treten im wesentlichen durch Querschwingungen der Förderseile bei unzulässiger Fördermittelführung auf.

Neben Seillängsschwingungen wirken auf den Einband die Nutzlast, die sich an Füllort und Hängebank ändert, und außerdem bei Koepemaschinen das mit der Stellung des Korbes veränderliche Unterseilgewicht.

Wenn Fördermittel an den Anschlägen durch besondere Vorkehrungen festgestellt werden können, besteht die Gefahr der Hängeseilbildung mit folgender Lockerung der Kausche. Daher dürfen bei Aufsetzvorrichtungen an den Anschlägen keine Kauschen eingebaut werden (TAS 7.4.2).

6.1.3.2.2 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Es sind insgesamt 9 Fälle veröffentlicht, bei denen es zum Versagen der Klemmkausche gekommen ist (Abb. 11). Davon ist es in 8 Fällen zum Absturz des Fördermittels gekommen.

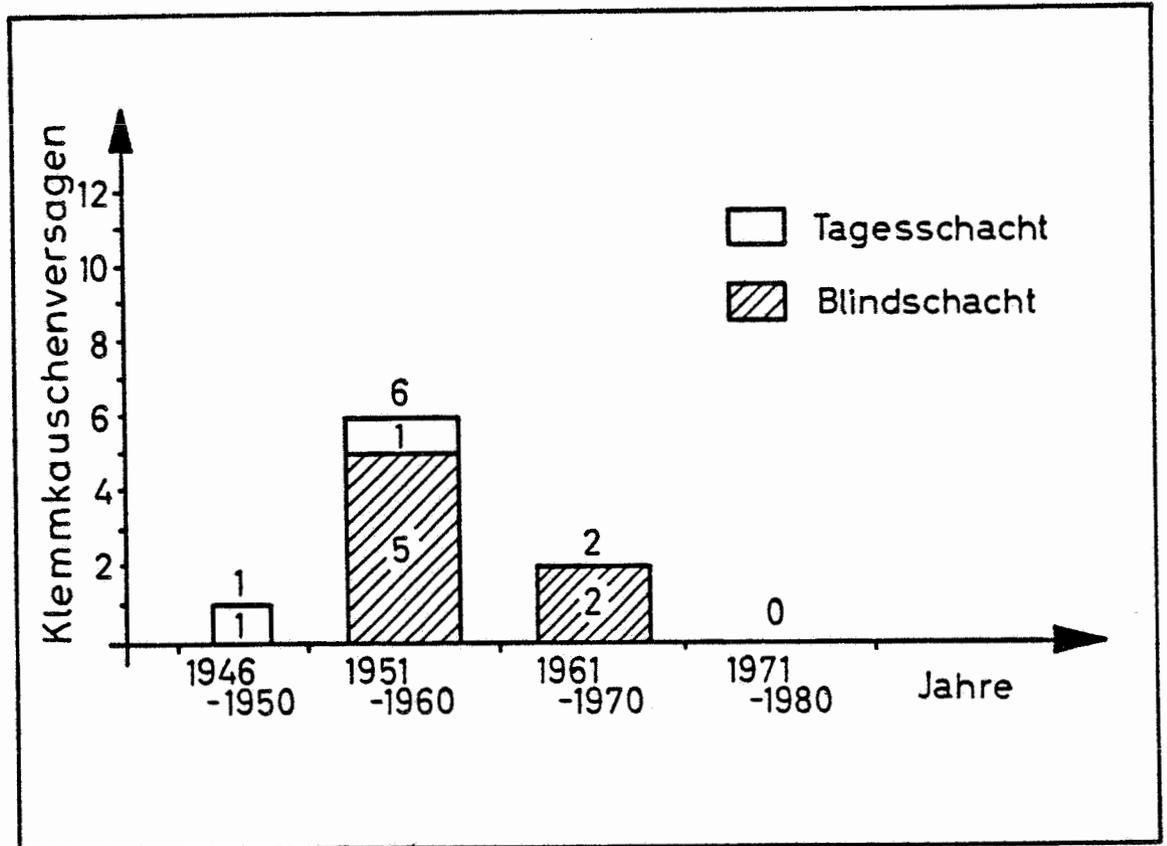


Abb. 11: Klemmkauschenversagen

Fünf Fälle sind in Blindschächten passiert und liegen vor dem Jahr 1965. Hiervon sind 4 Fälle auf unbemerkte mechanische Einwirkung auf die Klemmkauschen zurückzuführen, die als nicht relevant einzustufen sind, da es sich um Schäden infolge von Abbaueinwirkung bzw. Behinderungen im Fahrtrum handelt.

In einem Fall liegt ein Wartungsfehler vor, da der Rostangriff an der Klemmkausche durch salzhaltige Wasser nicht rechtzeitig bemerkt wurde.

In den 3 Fällen von Tagesschächten ist es zweimal zu Abstürzen des Fördermittels gekommen.

Bei dem Vorfall im Jahr 1947 war die Klemmkausche am Tag vor dem Unglück zum Einkürzen des Seiles gelöst worden. Beim Einbinden des Seiles sind die Lenker mit dem Klemmstück nicht in die wirksame Anfangslage gebracht worden. Sie waren zudem infolge Rostansatzes und Verschmutzung schwer gängig. Infolge dessen blieb die nachspannende Wirkung des Lenkersystems aus.

Im Jahr 1956 kam es zu einem Kauschenversagen durch Vereisung.

Dabei war ursächlich ein Installationsfehler, d.h. es war eine für den Seildurchmesser zu große Klemmkausche eingebaut worden.

Auf der Schachtanlage Konrad ist im Jahre 1967 bei der Seilrevision ein Rutschen der Seile in den Klemmkauschen festgestellt worden, ohne daß es zum Absturz der Fördermittel kam. Ursächlich war die Verwendung von Rostschutzmittel, das zur Herabsetzung des Haftreibungskoeffizienten im Seileinband führte.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es in keinem Fall einer ordnungsgemäß installierten und betriebenen Klemmkausche zu einem Ausscheren des Seiles aus dem Einband gekommen ist.

Versagen von Kauscheneinbänden sind zurückzuführen auf: :

- Installationsfehler,
- Wartungsfehler oder
- externe Einflüsse.

Seit dem Fördermittelabsturz aus dem Jahr 1964, der sich in einem Blindschacht ereignete, ist es zu keinem Fördermittelabsturz gekommen.

6.1.3.2.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die praktische Erfahrung legt die Erkenntnis nahe, daß unter Berücksichtigung des Standes der Technik und der gravierenden Sicherheitsvorschriften, die für die Konstruktion und den Betrieb von Klemmkauschen anzuwenden sind, ein Versagen des Seileinbandes unwahrscheinlich ist.

Dem ist aus theoretischer Sicht entgegenzuhalten, daß konstruktiv und durch mögliches menschliches Versagen der Seileinband, als eine nicht formschlüssige Verbindung durch Verminderung des Reibwertes versagen kann.

Daher ist als eine weitere Sicherheitsmaßnahme die Mehrseilförderung zu begrüßen. Im übrigen sei auf die Notwendigkeit einer zuverlässigen Werkstoffqualitätsgarantie für die Einzelteile der Zwischengeschirre hingewiesen.

6.1.3.3 Andere Teile der Zwischengeschirre

6.1.3.3.1 Beschreibung des Ereignisses

Die Elemente des Zwischengeschirrs erfahren während des Förderzuges quasistatische und kinetische Beanspruchungen.

Obwohl bei der Berechnung dieser Elemente nach statischen Gesichtspunkten die Sicherheitszahlen sehr hoch gewählt

werden, treten infolge von Ermüdung des Werkstoffes, Korrosion, ungünstiger Formgebung etc. Daueranrisse auf, durch die diese Teile zerstört werden können.

6.1.3.3.2 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Es sind aus dem verfügbaren Datenmaterial nur zwei Fälle, die beide mit dem Bruch eines Kreuzgelenkes zusammenhängen, bekannt.

In einem Fall aus dem Jahr 1963 brach ein Kreuzgelenk von einem der vier Zwischengeschirre ohne weitere Folgen. Die Ursache wird sowohl in einer zu harten Bremseinstellung als auch in Werkstoffmängeln am Kreuzgelenk gesehen.

In zweiten Fall aus dem Jahr 1970 kam es zum Absturz von zwei Fördergefäßen durch Bruch des einen Kreuzgelenks. Die Ursache wurde in zwei Daueranrissen gesehen, die "nur durch außergewöhnliche Betriebsbeanspruchungen mit hohen Spannungsspitzen und Biegebelastungen entstehen könnten" (4.184, 1970).

Der Vorfall hat zu Auswirkungen auf die gültigen Bestimmungen für Werkstoffe von Zwischengeschirren geführt.

6.1.3.3.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Wenngleich man aus theoretischer Sicht den Elementen von Zwischengeschirren (mit Ausnahme der Klemmkauschen) die höchste Sicherheit zurechnen müßte, ist es zum Bruch von Kreuzgelenken gekommen, die beide nachträglich durch Überbeanspruchung bzw. Materialfehler zu erklären waren.

Es ist die Auffassung zu vertreten, daß sich die Überwachungsmethoden (Anlage 6) sowie die Konstruktionsvorschriften für Zwischengeschirrtteile entwickelt haben.

Dennoch ist als eine weitere Sicherheitsmaßnahme die Mehrseilförderung zu begründen.

Auf die Notwendigkeit der Werkstoffqualitätsgarantie wurde bereits verwiesen.

6.1.4 Treibscheiben und Seilscheiben

6.1.4.1 Beschreibung des Ereignisses

Zu den tragenden Bauelementen von Schachtförderanlagen sind auch die Treibscheiben und soweit vorhanden die Seilscheiben und die Ablenkscheiben zu zählen.

Als theoretisch denkbare Ereignisse sind Ermüdungsbrüche anzusehen, die eventuell durch Materialfehler bzw. Konstruktionsabweichungen durch Schiefelage des Fördergerüsts begünstigt werden, und nur schwer wartungstechnisch zugänglich sind.

Folgende Bauelemente sind direkt betroffen:

- Scheibenkonstruktion,
- Welle bzw. Achse,
- Lager und
- Übergang Welle/Scheibe, bzw. Achse/Scheibe.

Der Bruch von Seilscheiben und Treibscheiben bzw. ein Versagen ihrer Achsen bzw. Wellen kann zur Schiefstellung führen, so daß das Seil führungslos wird und das Fördermittel ins "Hängeseil" fällt.

Damit käme es zum Absturz des Fördermittels.

6.1.4.2 Beurteilung der Eintrittshäufigkeit

Insgesamt kam es auf der Grundlage des Datenmaterials zum

- Bruch der Treibscheibenwelle an
 - 2 Tagesschächten (1966, 1955)
 - 4 Blindschächten (1969, 1968, 1967, 1964)

- Bruch der Seilscheibenachse an
 - 6 Tagesschächten (1963, 2 x 1961, 1952, 1951, 1949)
 - 1 Blindschacht (1962).

Dabei ist es in keinem Fall zum Absturz des Fördermittels gekommen.

Bei den Brüchen an Treibscheibenwellen in Tagesschächten ist über die Schiefstellung der Treibscheibe bzw. die Lage des Seils keine Ausführung gemacht. Nur indirekt wird für den Vorfall aus dem Jahr 1955 erwähnt, daß durch sofortiges Stillsetzen der Anlage weiterer Schaden vermieden werden konnte.

Bei den Brüchen an Treibscheibenwellen in Blindschächten ist in zwei Fällen keine nähere Erläuterung gegeben. 1967 erfolgte der Bruch am Ansatz der Verzahnung. Durch die

Lagerung der Welle beidseitig der Treibscheibe kam es zu keiner Schiefstellung. Bei dem Vorfall 1964 handelt es sich um den Bruch der Trommelwelle eines Blindschachtförderhaspels. Die Trommelwelle brach in der Mitte zwischen beiden Trommeln. Die rechte Los-Seiltrommel senkte sich infolge des Wellenbruches am linken Bremskranz etwa um 10 cm nach unten, drehte sich durch das Gewicht des Fördergefäßes in entgegengesetzter Richtung und rollte das Förderseil ab. Das Fördergefäß fiel etwa 30 m tief auf die Schachtsohle. Die linke Seiltrommel hatte durch den Anschluß an das Getriebe eine zusätzliche Lagerung. Sie stand infolge dessen horizontal und konnte durch die Sicherheitsbremse gehalten werden.

Bei den Brüchen an Seilscheibenachsen ist nur bei einem Vorfall aus dem Jahr 1951 in einem Tagesschacht eine nähere Erläuterung zugänglich. Hierbei hat sich die Seilscheibe schräg gegen eine zweite Seilscheibe gestellt, so daß das Seil nicht aus der Seilscheibenrinne herausgerutscht ist.

Auch bei dem Bruch der Seilscheibenwelle in dem Blindschacht im Jahre 1962 wurde ein Abrutschen des Seiles von der Rinne durch die Schräglage der Seilscheibe gegen die Seilscheibenträger verhindert, die dabei verbogen wurden.

Zum Bruch war es durch Verklemmen des aufwärtsgehenden Fördermittels im Fördertrum gekommen, wobei die Bruchlast der Seilscheibenachse überschritten wurde.

Dagegen kam es in Verbindung mit Seil-(Treib)scheiben in zwei weiteren Blindschächten zum Absturz des Fördermittels.

Im Jahr 1946 stellte sich die Seilscheibe in einem Blindschacht durch Abbaueinwirkung schräg, so daß das Seil auf die Achse fiel und riß. Im Jahr 1962 kam es durch Abreißen des Treibscheibenhauptlagers vom Haspelrahmen zur Schiefstellung der Treibscheibe, wonach das Seil von der Treibscheibe über die Welle abglitt und mit dem Fördermittel in den Schacht stürzte.

Beide Vorfälle sind in bezug auf ihre Ursachen als für Tagesschächte nicht relevant anzusehen.

Darüber hinaus sind folgende Fälle mit Treib-(Seil-)Scheiben bekannt, die in bezug auf den Absturz des Fördermittels ohne Auswirkung sind:

- Brüche im Keilrahmen (Befestigung der Futterklötze)
- zu geringe Seilrillentiefe
- Beschädigungen an der Verzahnung der Treibscheibenwelle
- Risse in der Treib-/Seilscheibe.

Als kritisches Bauelement der Seil- und Treibscheibenkonstruktion sind daher nach Betrachtung der Ursachen folglich die Achsen und Wellen anzusehen.

Das Auftreten der Achsenbrüche unterteilt nach Jahr und Blind- bzw. Tagesschacht ist aus den Abb. 12 und 13 ersichtlich.

Seit 1966 bei den Treibscheibenwellen und seit 1963 bei den Seilscheibenachsen ist kein Bruch mehr aufgetreten.

Die Ursachen deuten, soweit dies zu erkennen ist, auf konstruktive Mängel hin, die unter Berücksichtigung heute gültiger Normen und Vorschriften nicht hätten entstehen können.

Als weitere Einschränkung ist die Betriebsweise der Fördermaschine zu nennen. Sofern es sich um Dampffördermaschinen bzw. unregelmäßige Drehstromantriebe handelt, sind unterschiedliche dynamische Belastungen zu erwarten.

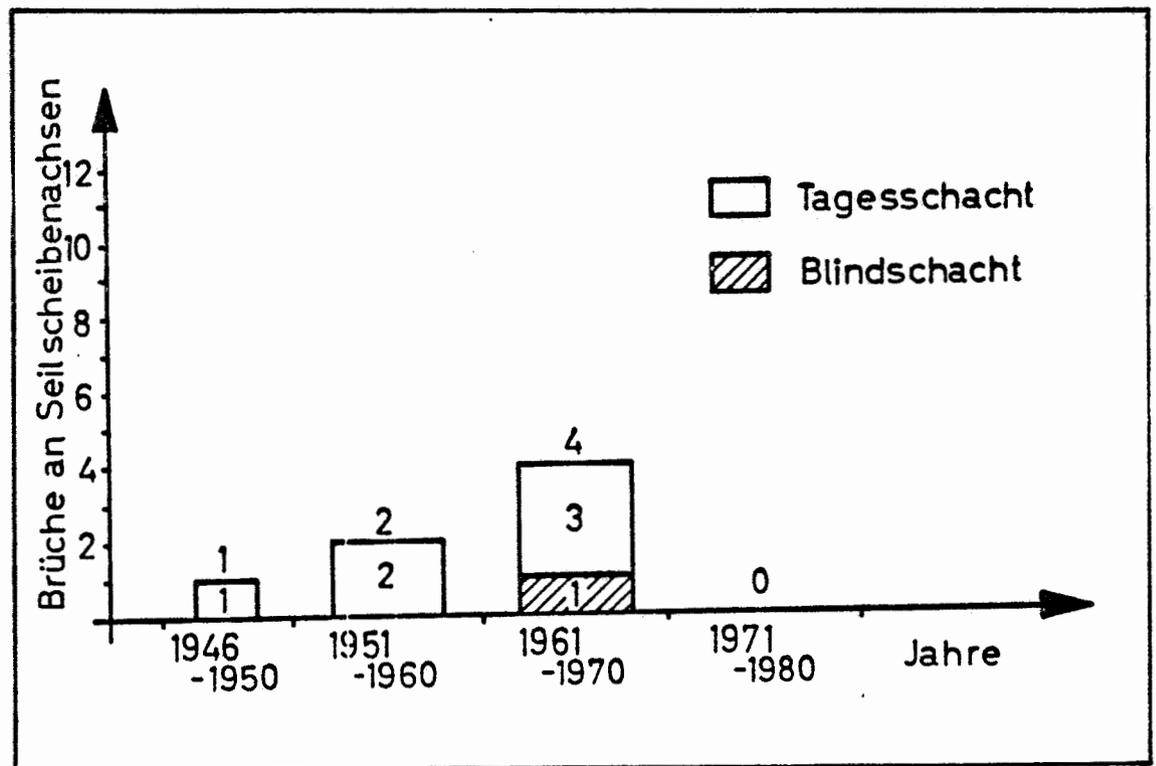


Abb. 12 : Brüche an Seilscheibenachsen.

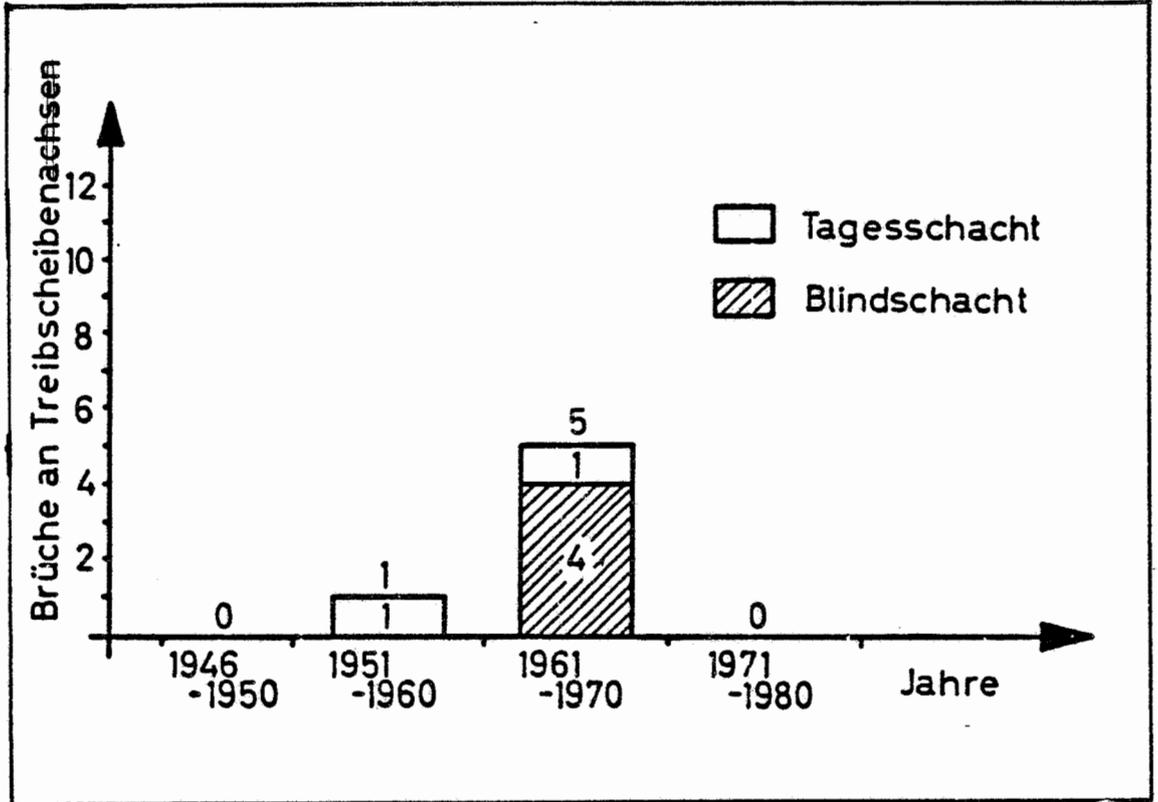


Abb 13 : Brüche an Treibscheibenwellen

Das Datenmaterial ist ferner bezüglich der Verhinderung des Abgleitens des Seiles aus dem Futter unvollständig. Es kann nur vermutet werden, daß in der Regel aller Fälle eine zu hohe Schiefstellung der Seil- oder Treibscheibe durch ihre konstruktiven Ausmaße verhindert wird.

6.1.4.3 Beurteilung der Vermeidbarkeit

Unter Berücksichtigung geltender technischer Regeln und Vorschriften ist der Bruch von Seil- und Treibscheiben sowie ihrer Achsen und Wellen mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen (Anlage 7).

Sowohl Seil- als auch Treibscheiben sind darüber hinaus theoretisch gegen Schiefstellung auch bei Bruch ihrer Achsen und Wellen gesichert.

Dies trifft insbesondere für die Treibscheiben zu, die bei beidseitiger Anordnung der Bremsen und in Anbetracht ihrer Größe (insbesondere bei Mehrseilförderung) nicht soweit kippen können, daß es zum Ausrutschen der Seile kommt.

Als weiterer Grund sind die weiterentwickelten Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zu nennen, die für Achsen und Wellen in der Schachtfördertechnik zur Anwendung kommen.

Als weitere indirekte Sicherheitsvorkehrung muß die Überwachung der Lagertemperatur gelten. Der Anbruch der Welle führt zu einer stärkeren Durchbiegung der Welle und damit zu einer Erhöhung der Kantenpressung. Diese kann bei Warmlaufen des Lagers meßtechnisch erfaßt werden.

6.2 Verlust der Aufhängung des Fördermittels im Rahmen der Schadenkategorie I B

6.2.1 Überblick

In der Schadenkategorie I B sind alle Fördermittelabstürze erfaßt, die durch einen Störfall an einem nicht direkt mit der Aufhängung verbundenen Bauteil verursacht werden. Dabei tritt - abweichend vom Regelbetrieb - eine Belastung an der Aufhängung auf, die über das konstruktions-technisch und behördlich vorgesehene Maß hinausgeht und zum Verlust der Aufhängung führt.

Es sind zwei Gruppen von Vorfällen zu berücksichtigen:

- Äußere Einwirkung
- Fahrt gegen Hindernis

6.2.2 Äußere Einwirkung auf die Aufhängung

6.2.2.1 Beschreibung des Ereignisses

Die äußere Einwirkung auf die Aufhängung des Fördermittels kann verursacht werden durch den Brandfall im Schacht bzw. durch einen im Schacht frei fallenden Gegenstand. Beide Ereignisse können zur thermischen bzw. mechanischen Schwächung oder Durchtrennung der Aufhängung führen. Beide Fälle sind prinzipiell auch der Schadenkategorie II und III zuweisbar, sie seien jedoch ausführlicher an dieser Stelle behandelt, da sie eine unmittelbare Verknüpfung mit den anderen Vorgängen nicht aufweisen.

Die thermische Einwirkung auf das Förderseil ist durch zwei Ereignisse denkbar:

- Blitzeinschlag
- Brand von Schachteinbauten, eventuell durch Blitzschlag oder elektrischen Brand am Schachtkabel verursacht.

Frei fallende Gegenstände im Schacht können folgende betriebsbedingte Ursachen haben:

- Absturz von den Anschlägen
- Absturz vom Fördermittel
- Absturz von Schachteinbauten
- Eisfall

In jedem dieser Fälle ist die Zerstörung der Aufhängung des Fördermittels nicht zwangsläufig, aber möglich.

Der Absturz vom Fördermittel ist für den Einlagerungsvorgang bezüglich der Aufhängung nicht relevant. Es kann aber bedingt durch die Fahrweise der Fördermaschine bzw. durch Ungenauigkeit der Führungseinrichtung zu Stößen auf, bzw. zu Schiefstellungen im Fördermittel kommen, so daß die Abfallgebinde bei ungenügender Arretierung vom Fördermittel abrollen, sich in den Einstrichen verkanten und möglicherweise abstürzen.

Als Sonderfall ist weiterhin der Eisfall zu betrachten. Zur Eisbildung kommt es insbesondere in feuchten Einziehschächten bei winterlichen Temperaturen.

Sofern die Schächte, die für den Einlagerungsvorgang vorgesehen sind, als Ausziehschächte konzipiert sind, d.h. durch sie die im Grubengebäude aufgewärmten Wetter ausgetragen werden, ist dieser Vorfall als nicht relevant anzusehen.

6.2.2.2 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Es ist kein Fall vorgekommen, bei dem es durch Blitzschlag zum Schachtbrand gekommen wäre. Vereinzelt ist jedoch der Blitz ins Seil geschlagen und hat zur Erwärmung geführt. In der TAS (TAS 1.1.8) sind Blitzschutzanlagen ausdrücklich vorgeschrieben.

Es sind nur zwei Fälle eines Schachtbrandes bekannt, die zum Oberseilriß geführt haben. Es handelt sich um einen Tagesschacht im Jahr 1949. Der Brand wurde verursacht durch Kabelkurzschluß. Im zweiten Fall kam es 1948 durch Brand zur Schwächung des Förderseils mit folgendem Riß.

Der Absturz von Betriebsmitteln (i.A. Förderwagen) von den Anschlägen bzw. der Rasenhängebank ist ein vergleichsweise häufiges Ereignis. Er hat jedoch nur in drei Fällen zum Oberseilriß geführt, die vor 1958 liegen (2 Tages-, 1 Blindschacht).

Darüber hinaus sind seit 1946 insgesamt 34 Vorfälle bekannt geworden, bei denen es zum Absturz von Förderwagen an Anschlägen kam. Die Vorfälle sind unterteilt nach Tages- und Blindschächten sowie gegliedert nach der Ursachenstruktur in Tab. 3 dargestellt.

Als wesentliche Ursache ist menschliches Fehlverhalten insbesondere in Verbindung mit falscher oder unzeitiger Signalgebung anzusehen. Hierbei sind auch die Produktionsverhältnisse im Bergbau zu berücksichtigen. Durch die hohe Förderdichte ist die Belastung der Anschläger enorm.

Das mechanische Versagen der Schachtsperre (Anlage 8) führte in 12 Fällen zum Absturz von Förderwagen. Da die Schachtsperre sehr hohen Beanspruchungen ausgesetzt ist, wenn sie bei jedem Aufschieben von Wagen benutzt wird, ist sie großem Verschleiß ausgesetzt.

Ursache	Vorfälle	
	in Blindschächten	in Tagesschächten
Menschliches Fehlverhalten (Signalgebung etc.)	15	2
Nichteingreifen Schachtsperre	9	3
Geöffnetes Schachtotor	-	1
Nichteingreifen Rücklaufsperrvorrichtung	1	1
Logikfehler im Automatikbetrieb	1	-
Fehlerhafte Signaleinrichtung	1	3

Tab. 3: Förderwagenabsturz von den Anschlägen (1946 - 1980)

Der Absturz von Förderwagen oder Material aus dem Fördermittel durch Verkanten gegen die Schachteinbauten ist vergleichsweise häufig. Der Vorfall ist bewirkt durch

- Absturz von Material aus dem Fördermittel
(12 Vorfälle)

- Absturz des Förderwagens aus dem Fördermittel
(10 Vorfälle)

- Festklemmen des Fördermittels durch aus dem Fahrtrum herausragende Teile, bzw. schwere Beschädigung der Schachteinbauten (11 Vorfälle).

Die Vorfälle sind mehrheitlich auf ungenügend arretierte Förderwagen bzw. Transportmaterial zurückzuführen.

Als sehr seltener Vorfall ist der Absturz eines Fördermittels in einem Tagesschacht im Jahr 1969 durch Verklemmen im Fördertrum anzusehen. Dabei ragte eine als Riegelverschluß dienende Korbstange aus dem Korb heraus und konnte das Fördermittel so festklemmen, daß es nach Hängeseilbildung zum Fördermittelabsturz kam.

Der Absturz von Schachteinbauten ist seit 1946 in fünf Fällen gemeldet worden. Das Abplatzen von Ziegeln aus der Mauerung des Schachtausbaus (1966) ist als nicht relevant einzustufen. In einem weiteren Fall (1956) kam es zum Absturz einer Rohrleitung, deren Eigengewicht sich infolge Verkrustung und Korrosion erheblich erhöht hatte.

In drei Fällen kam es zum Absturz von Schachtdeckeln, die in Ausziehschächten Bestandteil der Wetterschleuse sind. Dabei ist es in einem Fall (1968) zum Durchtrennen von

zwei Seilen einer Vierseilförderanlage gekommen. Die Lage des Schachtdeckels war bis dahin nicht überwacht.

Der Fall von Eisbrocken in Einziehschächten wurde dreimal in den Jahren 1963, 1971 und 1976 berichtet. Die genannten Beschädigungen sind als erheblich anzusehen. 1963 wurden starke Beschädigungen an Fördereinrichtungen, Schachteinbauten und Schachtausbau erwähnt.

Problematisch sind insbesondere Folgewirkungen an den Führungseinrichtungen im Schacht. So wurde 1971 ein Verlagerungsträger durch Eisfall in das Fördertrum hineingedrückt und führte zum Festklemmen des Korbes. Der festgeklemmte Korb fiel in der Folge ins Hängeseil, ohne daß es jedoch zum Seilriß kam.

1976 wurde das Dach eines Förderkorbes in einem Einziehschacht durch freifallende Eisbrocken durchschlagen. 2 Bergleute wurden tödlich verletzt.

6.2.2.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die Störfälle

- Blitzeinschlag,
- Brand von Schachteinbauten und
- Absturz von Schachteinbauten

sind als im Rahmen der technischen Vorschriften vermeidbar anzusehen.

Der Eisfall stellt eine sehr ernsthafte Gefahrenquelle dar, gilt aber in bezug auf Ausziehschächte als nicht relevant.

Der Absturz von Förderwagen von den Anschlägen ist in mehrerer Hinsicht als Gefahrenquelle zu berücksichtigen. Der Vorfall ist in überwiegendem Maße auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen.

Der Vorfall ist - unabhängig von der eigentlichen Förderung - relevant, wenn sich Abfallgebände zum Transport am Anschlag befinden und aus unterschiedlichsten Gründen in den Schacht geschoben werden könnten. Dieses Ereignis ist gleichbedeutend mit dem Förderkorbabsturz. Es ist daher alle mögliche Vorsorge zu treffen, den unkontrollierten Zugang zum Schacht für Förderwagen durch geeignete Dimensionierung, Auslegung und Überwachung von

- Schachtsperre,
- Schwingbühne (soweit vorhanden) und
- Schachttor

zu verhindern.

Darüber hinaus bildet jeder im Schacht fallende Gegenstand eine ernsthafte Gefahrenquelle für die Aufhängung des Fördermittels. Zur Vermeidung gilt das oben Gesagte.

Der Absturz vom Fördermittel bzw. ein Verklemmen des Fördermittels durch ungenügend gesichertes Fördergut ist als schwerwiegendes Ereignis nur zu vermeiden, wenn der Arretierung des Abfallgebändes im Fördermittel große Sorgfalt gegeben wird.

6.2.3 Fahrt gegen Hindernis

Über das konstruktionstechnische Maß hinausgehende Belastungen der Aufhängung treten insbesondere auf, wenn

- entweder das Fördermittel an den Endstellungen nicht verzögert wird (Übertreiben)
- oder dem bewegten Fördermittel ein mechanischer Widerstand entgegengesetzt wird. Wenn die Führungseinrichtung des Fördermittels einwandfrei ist, kann es sich nur um ein Hindernis im Fördertrum handeln. Im anderen Fall sprechen wir von defekter Führungseinrichtung.

Der Fall, daß das Fördergut aus dem Fördermittel austritt, wird in 6.2.2 behandelt.

Diesen drei Vorfällen ist gemeinsam, daß sie nicht zwangsläufig zum Verlust der Aufhängung des Fördermittels führen, sondern den Abschluß einer Wirkungskette von Ereignissen bilden, die in der Mehrzahl der Fälle, bevor die Aufhängung zerstört wird, abbricht. Da gleichzeitig die Ursachenstruktur dieser Vorfälle vergleichsweise komplex ist, erscheint es sinnvoll, auf die initiierenden Ereignisse zurückzugehen und dabei zu berücksichtigen, daß jedes vorangehende Ereignis der in Kap. 5 definierten Kategorien II und III bei Eintreten bestimmter Umstände zum Fördermittelabsturz führen kann.

Als Sonderfall des Vorgangs Fahrt gegen Hindernis ist das Fahren in eine Klemmstellung zu berücksichtigen.

Die Klemmstellung des Fördermittels ist gefährlich, sofern es bei Hängeseilbildung oder in der Spurlattenverdickung der freien Höhe zum erneuten Freiwerden kommt. Damit fällt im ersten Fall das Fördermittel aus der beschleunigten Bewegung ins Seil und führt i.a. schon nach wenigen Metern freien Falls zum Seilriß. Im zweiten Fall kommt es direkt zum Fördermittelabsturz, wenn zuvor das Seil abgeschert wurde.

6.3 Vorgang "Fahrt gegen Hindernis" im Rahmen der Schadenkategorie II

6.3.1 Überblick

Der Vorgang "Fahrt gegen Hindernis" im Rahmen der Schadenkategorie II führt zu mechanischen Einwirkungen auf die Aufhängung des Fördermittels, die über das betriebsübliche Maß hinausgehen, aber nicht den Verlust der Aufhängung bewirken.

Die Ereignisse sind entsprechend den Ursachen zu gliedern in

- Übertreiben
- Hindernis im Fördertrum
- Defekt der Führungseinrichtung

Das Übertreiben hat seine Ursachen generell in der Schadenkategorie III und wird daher in 6.4 behandelt.

Störfälle der Schadenkategorie II, bei denen ursächlich die Führungseinrichtung beteiligt ist, können verursacht werden durch Versagen der Führungseinrichtung selbst (endogene Ursachen) oder durch Ereignisse in der Schadenkategorie III, die aber zur Beeinträchtigung oder auch Beschädigung der Führungseinrichtung führen. Letztere seien als exogene Ursachen bezeichnet.

Bei der Behandlung der Störfälle ist generell zwischen zwei verschiedenen Arten der Fördermittelführung in Schächten zu unterscheiden: Es sind diese die Führung durch Seile einerseits und durch Spurlatten andererseits.

Als drittes technisches System ist nach beiden Führungsarten getrennt die Gestaltung der Fördermittelführung im Bereich der Be- und Entladestellen zu untersuchen.

Die dritte Möglichkeit zur Fahrt gegen ein Hindernis besteht durch ein Hindernis im Fördertrum selbst, das nicht mit der Führungseinrichtung in Verbindung steht.

6.3.2 Seilführung

6.3.2.1 Endogene Ursachen

Als endogen wären Störfälle zu bezeichnen, bei denen das Fördermittel ohne äußere Einwirkung durch Versagen der Seilführung führerlos wird.

Da die Seilführung vom technischen Prinzip her aus mehreren voneinander unabhängigen Einrichtungen bezüglich der Führungsseile und der Führungsösen besteht, ist ein gleichzeitiges Versagen praktisch auszuschließen.

Tatsächlich ist der Verschleiß an Führungsseilen nach Angaben aus der Literatur (4.48) als minimal zu betrachten, so daß in der Vielzahl der Anlagen Lebensdauern der Führungsseile zwischen 10 und 20 Jahren erreicht werden.

Bedingt durch die geringen Erfahrungen in der Bundesrepublik Deutschland sind auch keine derartigen Vorfälle erfaßt worden.

Endogene Ursachen sind damit praktisch auszuschließen.

6.3.2.2 Exogene Ursachen

6.3.2.2.1 Beschreibung des Ereignisses

Im Gegensatz zur Spurlattenführung ist die Seilführung ein nicht starres System, das bedingt durch die geringe Widerstandskraft der Führungsseile schon bei geringen seitlichen Kräften nachgibt und ferner zu Verdrehungen des Fördermittels um die Schwerpunktachse in vertikaler (Verkippen) und horizontaler (Drall) Richtung führen kann (Anlage 9).

Die wesentlichen Einflußgrößen sind

- azentrische Verteilung der Nutzlast im Fördermittel
- aerodynamische Vorgänge
- mechanische Beschleunigungen und Verzögerungen im Förderspiel.

Es kann daher zur Überschreitung der konstruktionstechnisch vorgesehenen Mindestmaße im Abstand zum Gegentrum und zu Schachteinbauten kommen.

Als weiteres Problem ist die Schiefstellung des Fördermittels anzusprechen, die bei überlagerten Schwingungen im Fördersystem zum Austreten bzw. Verrutschen des Fördergutes auf dem Fördermittel führen kann. Im Gegensatz zur kopfseitigen Führung der Stahlspurlatten ist das Fördergut gegen Herausfallen aus dem Fördermittel nicht gesichert.

Wie auch bei der Spurlattenführung sind als weitere mögliche Einflüsse die Verkrustung der Führungsseile bzw.

Führungsösen mit Salzbildung bzw. in Einziehschächten bei kalter Witterung mit Eis zu beachten.

6.3.2.2.2 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Von den wenigen in der BRD ausgeführten Anlagen mit Seilführung sind keine Zusammenstöße der sich begegnenden Fördermittel noch das Berühren der Schachteinbauten bekannt.

Dagegen kam es 1962 an einer Bobinenförderung zum Oberseilriß, nachdem sich die Führungsseile nach einer mehrtägigen Förderpause mit Salz verkrustet hatten. Dabei klemmte sich das Gegengewicht bei langsamer Abwärtsfahrt fest und fiel anschließend ins Hängeseil, was folglich zum Seilriß führte.

6.3.2.2.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die horizontalen Beschleunigungen sowie das Kippen des Fördermittels machen es erforderlich, das Fördergut während des Treibens sicher zu arretieren.

Die in der TAS enthaltenen Richtlinien müssen angesichts der Erfahrungen im Ausland unter gleichen Bedingungen als ausreichend angesehen werden.

Dabei ist gegebenenfalls kritisch zu prüfen, ob bei einer Veränderung der Einsatzbedingungen in bezug auf hohe Wettergeschwindigkeiten die Führung der Wetter an Wetterschleusen und die Erhöhung der Nutzlast die verbleibende Sicherheit von pauschalen Abstandsangaben als ausreichend anzusehen ist.

Dies gilt insbesondere auch für den Transport von schweren außermittigen Lasten.

Die Gefahr der Verkrustung der Führungsmittel mit Salz und Eis ist gegebenenfalls wartungsmäßig zu berücksichtigen. Ein Fördermittelabsturz ist als vermeidbar anzusehen.

Es ist zu betonen, daß die theoretischen Grundlagen sowie die meßtechnische Beherrschung der Vorgänge bei der Seilführung in Abhängigkeit von den relevanten Parametern nur unzureichend ausgebildet sind.

6.3.3 Spurlattenführung

Die Ursachen für Störfälle durch Versagen der Spurlattenführung können in endogene und exogene unterteilt werden.

Obwohl in der Regel keine klare Unterscheidung beider Ursachenarten möglich sein dürfte, soll sie hier vom analytischen Standpunkt beibehalten werden.

Unter Spurlattenführung ist das System aus

- Spurlatte und ihrer Verlagerung im Schacht,
- Rollenführung und
- Führungsschuh

zu verstehen.

Kommt es zum Versagen eines dieser drei Elemente, ohne daß Einwirkungen über das konstruktionstechnische Maß hinaus aufgetreten wären, betrachten wir dies als endogene Ursachen. Wenn Ursachen außerhalb dieser Systeme liegen, bspw. durch Abbaueinwirkung oder mechanische Zerstörung, sprechen wir von exogen. Die Grenze liegt jeweils im konstruktionstechnisch berücksichtigten Maß.

Bei Versagen der Führung des Fördermittels kommt es entweder zum Entgleisen des Fördermittels oder zur Klemmstellung. Beide Vorfälle können zum Fördermittelabsturz führen.

Beim Entgleisen des Fördermittels kommt es zum Anschlagen an die Schachteinbauten bzw. zum Zusammenstoß mit dem Fördermittel oder Gegengewicht im Gegentrum. Das Entgleisen kann sich bei voller Treibgeschwindigkeit unbemerkt bis zum Ende des Förderzuges fortsetzen.

Die Klemmstellung des Fördermittels ist in ihren Auswirkungen abhängig von der jeweiligen Treiberichtung.

Beim Abwärtstreiben kommt es zur gefürchteten Bildung von Hängeseil über dem festgeklemmten Korb. Das bedeutet, daß bei weiterem Drehen der Treibscheibe loses Seil auf dem Fördermittel auflastet, wenn die Reibung zwischen Seil und Treibscheibe, die durch das Eigengewicht des Seiles erzeugt wird, ausreicht. Gleichzeitig wird das Unterseil angezogen, um die Längenänderung auszugleichen. Durch beide Effekte, Auflasten des losen Seiles und eventuelles Anziehen des Unterseiles kann das Fördermittel aus der Klemmstellung freikommen und beschleunigt im freien Fall auf der Länge des Losseiles. Dabei kommt es in aller Regel zum Seilriß.

6.3.3.1 Endogene Ursachen

Die unvermeidbaren Unebenheiten der Spurlattenstränge regen die Fördermittel und die Gegengewichte zu Schwingungen mit zufälligen Amplituden an. Diese Schwingungen sind Ursache für die Einwirkung der Fördermittel und Gegengewichte auf die Schachtführungseinrichtungen mit stochasti-

schen Kräften. Diese wiederum bewirken nicht nur einen Verschleiß an den Spurlatten, sondern auch Lockerungen der Verbindungen von Spurlatte und Einstrich sowie Einstrich und Konsole (Mauerwerk).

Durch die Wechselwirkung der Kräfte unterliegen nicht allein nur die Führungseinrichtungen, sondern auch die Fördermittel und Gegengewichte stochastischen Beanspruchungen, die zu Anrissen und Brüchen in den tragenden Teilen führen können.

Zum Entgleisen oder Festklemmen kann es folglich kommen, wenn

- die Festigkeit der Spurlatten und Einstrichverbindungen überschritten wird,
- der Zustand des Werkstoffes der Spurlatten und Einstriche ungenügend ist,
- die Querschnitte der Spurlatten infolge Verschleißes unter der zulässigen Grenze liegen,
- die fördermittelseitigen Führungselemente versagen.

Eine Systematik der Schadenursachen zeigt Abb. 14.

6.3.3.2 Exogene Ursachen

Da die Spurlatte starr mit dem Gebirge verbunden ist, führen Gebirgsbewegungen, die häufig durch Abbaueinwirkungen hervorgerufen werden, unmittelbar zur Spurerweiterung bzw. -verengung. Darüber hinaus werden die Verbindungselemente

zusätzlich beansprucht und es kann zum Bruch der Schrauben oder Verbindungen kommen.

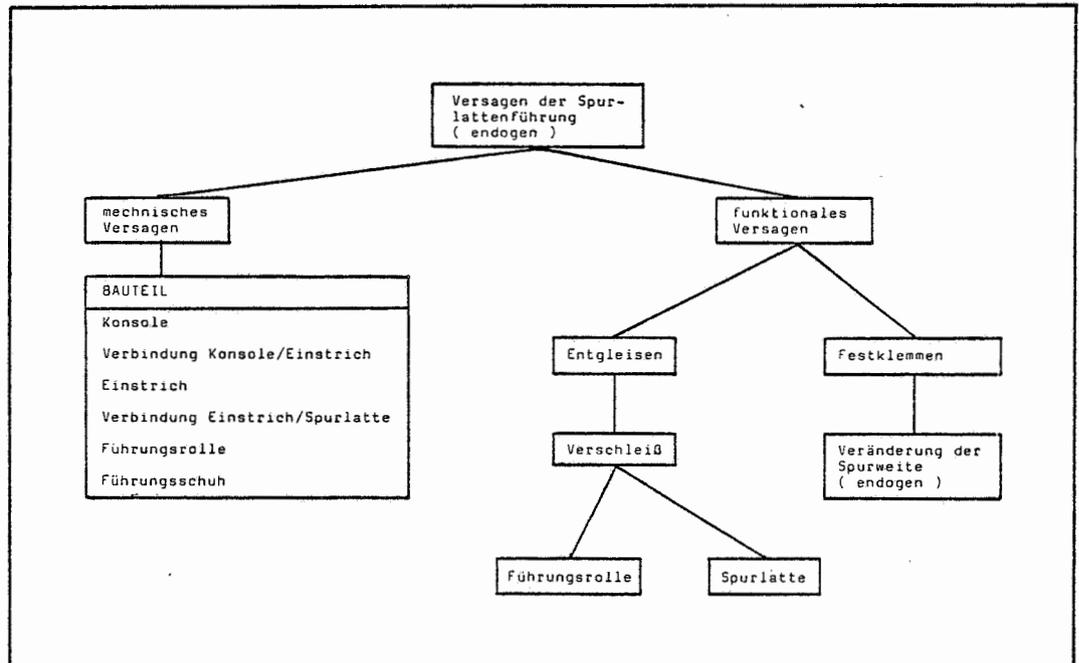


Abb. 14: Endogene Ursachen für ein Versagen der Spurlattenführung

Externe Ursachen bilden auch im Schacht frei fallende Gegenstände, die gegebenenfalls zur Zerstörung der Spurlatten oder Führungselemente führen können. Ferner ist das Verkeilen eines Gegenstandes zwischen Führungsschuh und Spurlatte denkbar.

Als exogene Ursachen sind ferner Eisbildung und Salzverkrustung an den Führungseinrichtungen anzusehen.

6.3.3.3 Bewertung der Eintrittshäufigkeit

Insgesamt ist es, ohne eine Unterscheidung zwischen endogenen und exogenen Ursachen zu treffen, seit 1946 in 16 Fällen zum Oberseilriß durch Versagen der Führungseinrichtung gekommen (Tab. 4).

Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung, die zum Oberseilriß geführt haben

	<u>Vorfälle</u>
1. Endogene Ursachen	
- Spurerweiterung durch Verschleiß (Entgleisen)	1
2. Exogene Ursachen	
- Eisbildung	1
- Abbaueinwirkung	2
- Salzverkrustung	1
3. (nicht zuzuordnen)	
- Klemmstellung	11
	<hr/>
Summe	16

Tab. 4 : Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung mit Folge eines Oberseilrisses.

Mit Ausnahme eines Störfalls aus dem Jahr 1959, bei dem es durch natürlichen Verschleiß an der Spurlattenführung zum Entgleisen kam, ist die Mehrheit der 15 verbleibenden Vorfälle auf exogene Ursachen zurückzuführen, die alle eine Klemmstellung des Fördermittels bewirkt haben, aus der heraus sich das Fördermittel wieder befreien konnte und folglich ins Hängeseil fiel. Damit kam es zum Oberseilriß.

An diesen Ereignissen sind 11 Tagesschächte und 5 Blindschächte beteiligt, so daß als Ursache nicht alleine die mangelnde Überwachung von Nebenförderanlagen angeführt werden kann.

Die Klemmstellung wird in 11 Störfällen nicht näher spezifiziert. Es darf jedoch unterstellt werden, daß zwei Gründe maßgeblich sind:

- Gebirgsbewegung durch Abbaueinwirkung
- Vorfälle in Verbindung mit Holzspurlatten und Führungsschuhen

Als Sonderheit sind zwei weitere Ursachen hervorzuheben.

Im Jahr 1976 wurde an einem Tagesschacht die Klemmstellung durch Eisbildung an den Führungseinrichtungen bewirkt. Im Jahr 1957 kam es im Schacht einer Kalischächtanlage durch mit Salz verkrustete Spurlatten zur Klemmstellung. Beide Fälle führten zum Fördermittelabsturz.

Aufgrund dieser Ursachenstruktur wäre zu formulieren, daß Fördermittelabstürze überwiegend durch unter Abbaueinwirkungen verursachte Klemmstellungen hervorgerufen werden. Dabei sind Förderanlagen in Tagesschächten ebenso häufig beteiligt, wie in Blindschächten. Der Einfluß von Führungen mit Holzspurlatten in Verbindung mit Führungsschuhen ist nicht deutlich.

Eine Zusammenstellung der Ursachenstruktur für die Versagen der Führungseinrichtungen, die keinen Oberseilriß zur Folge gehabt haben, ist in Tab. 5 enthalten.

Aus dem Datenmaterial ist damit wiederum die Versagenshäufigkeit auch in Tagesschächten belegt.

<u>Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung ohne Folge eines Oberseilrisses</u>		<u>Vorfälle</u>
1.	Blindschächte	
1.1	Exogene Ursachen	
	- Klemmstellung durch Abbauwirkung	4
	- Versagen der Spurlattenhalterung durch Abbaueinwirkung (Entgleisen)	2
1.2	Endogene Ursachen	
	- Versagen der Befestigungsschrauben (Fahrt gegen Hindernis)	2
	- Beschädigung der Spurlatte	1
2.	Tagesschächte	
2.1	Exogene Ursachen	
	- Entgleisen der Führungsschuhe	2
	- Klemmstellung durch Eisbildung	1
	- Klemmstellung durch Abbaueinwirkung	3
	- Klemmstellung durch andere Ursachen	2
2.2	Endogene Ursachen	
	- Entgleisen	35
	- Festklemmen am Spurlattenstrang	2
		<hr/>
	Summe	54

Tab. 5 : Versagen der Führungseinrichtungen mit Spurlattenführung ohne Folge eines Oberseilrisses

Ein Schwerpunkt der Störfälle ist durch Entgleisen verursacht. Entgleisen tritt überwiegend auf an gebrochenen, beschädigten und gelockerten Spurlatten, wenngleich derartige Vorfälle vermutlich auf Holzspurlatten in Verbindung mit Führungsschuhen zurückzuführen sind.

Im Vergleich zu Tabelle 4 ist damit hervorzuheben, daß ein Entgleisen mehrheitlich nicht zum Fördermittelabsturz führt, aber erhebliche Beschädigungen sowohl am Fördermittel, als auch an den Schachteinbauten hervorrufen kann.

Bei den exogenen Ursachen überwiegen wiederum Klemmstellungen durch Abbaueinwirkungen.

6.3.3.4 Beurteilung der Vermeidbarkeit

Sowohl aus der theoretischen Betrachtung, als auch der Untersuchung der eingetretenen Störfälle sind Führungseinrichtungen mit hölzernen Spurlatten und Führungsschuhen als nicht dem Stand der Technik entsprechend anzusehen.

Ein wesentliches Kriterium ist die Frage der Standfestigkeit und Vertikalität der Schachteinbauten. Aus dem Datenmaterial ist zu erkennen, daß gebirgsbewegende Prozesse über längere Zeiträume erfolgen. Daher sind geeignete Maßnahmen möglich, wenn die vorhandenen Meßeinrichtungen in zeitigen Intervallen benutzt werden. Darüber hinaus ist zu erwarten, daß direkte Abbaueinwirkungen in einem Endlagerbergwerk nicht auftreten werden.

Als Besonderheiten externer Störfälle sind

- Eisbildung
- Salzverkrustung und
- im Schacht frei fallender Gegenstand

zu beachten.

Maßnahmen gegen Eisbildung sind in Ausziehschächten nicht erforderlich.

Die Salzverkrustung von Führungseinrichtungen ist in speziellem Zusammenhang mit dem Auftreten von laugenhaltigen Wässern zu behandeln.

Der frei fallende Gegenstand wird in 6.2.2 betrachtet.

Das Auftreten von Störfällen an Führungseinrichtungen durch exogene Ursachen ist somit bei entsprechender Überwachung der Anlage als vermeidbar einzustufen.

Bei den durch endogene Ursachen hervorgerufenen Störfällen können die auf Entgleisen oder Festklemmen am Spurlattenstrang zurückführbaren Vorfälle aus der Sicht des Datenmaterials ausgeschlossen werden, wenn Stahlspurlatten in Verbindung mit Rollenführungen eingesetzt werden.

Wenngleich aus dem Datenmaterial keine Vorfälle mit Stahlspurlatten und Rollenführungen direkt nachweisbar sind, bleiben aus theoretischer Sicht gewisse Zweifel.

Über die in Führungseinrichtungen tatsächlich auftretenden Belastungen liegen nur geringe Kenntnisse vor.

Dies betrifft insbesondere dynamische Beanspruchungen bei großen Einstrichabständen in Verbindung mit großen Fördermittellasten (Anlage 10).

Die Festigkeit der Spurlatten- und Einstrichverbindungen, sowie der Zustand des Werkstoffes der Spurlatten und der Einstriche kann nur aufgrund einer Schachtbefahrung bei sorgfältiger Beobachtung geklärt werden.

Der Verschleiß der Spurlattung kann mit einem Spurlattenprüfgerät gemessen werden. Dabei ist die Messung der Spurlattenhöhe nicht eindeutig, weil sie von Einflüssen durch Relativbewegungen zwischen den Spurlatten überlagert wird.

Die Frage, ob Querschnittselemente unzulässig stark geschwächt sind, kann nur beantwortet werden, wenn auch noch die Wandstärke einzelner Spurlatten nach Beseitigen von Schmutz und ggf. Rost gemessen wird (4.11).

Zur Kontrolle von Hängeseilbildungen hat man sogenannte Hängeseilüberwachungen konzipiert, die nach verschiedenen Verfahren arbeiten (Anlage 10).

Die Zuverlässigkeit dieser Überwachungseinrichtungen ist nur bedingt gewährleistet. Zudem zeigen sie nur Hängeseil an, wenn dieses bereits eingetreten ist. Sie wären also nur dann wirksam, wenn ihre Ansprechzeit so kurz wäre, daß das inzwischen gebildete Hängeseil nicht zum Seilriß führt.

Im zweiten Fall, d.h. dem Festklemmen des aufwärtsgehenden Fördermittels oder Gegengewichts, tritt prinzipiell nur eine seilrißgefährdende Situation auf, wenn die Treibscheibe unter dem stehenden Förderseil weiterrückt und es zum Seilrutsch kommt. In aller Regel wird zunächst die Überstromauslösung ansprechen.

6.3.4 Einrichtungen im Bereich der Be- und Entladestellen

6.3.4.1 Seilführung

Über die Betriebssicherheit der Führungseinrichtung im Bereich der Be- und Entladestellen liegen bei Seilführung wenig Erfahrungen vor. Als problematisch ist der Übergang von der Seilführung auf die feste Führung anzusehen, da die Stellung des Fördermittels vor der Einfahrt nicht sicher zu fixieren ist.

So berichtet [REDACTED] (4.52) von nicht lotrecht eingebauten Eckführungen, so daß es beim Einfahren in die Eckführungen am unteren Anschlag regelmäßig zu Stößen auf das Fördermittel kam.

Die Einfahrtgeschwindigkeit in die feste Führung muß deshalb zur Verminderung der Stoßkräfte bei der Einfahrt auf 0,8 bis max. 1,5 m/s beschränkt werden.

Die Länge der festen Führung sollte die 1,5fache Fördermittelhöhe betragen und wird mit der Einfahrtgeschwindigkeit bis zum Stillstand durchfahren.

Als kritische Situation ist ferner die Einfahrt in Eckführungen bei Störfällen wie Seilrutsch, Sicherheitsbremsung etc. anzusehen. Hierzu liegen keine Erkenntnisse vor.

So kam es im Jahr 1967 an einer Anlage mit Seilführung zum Auffahren des Korbes auf die Kopfbühne des Anschlages und sodann zum Stoß auf die Klappbühne, so daß der zunächst oberhalb des Anschlages vorstehende Förderkorb durch den

starken Wetterstrom in Drehschwingungen geraten war. Die paarweise zu je 500 mm Abstand angeordneten vier Führungsseile kamen miteinander in Berührung und verklebten auf einer Länge von 350 m aufgrund der Viskosität der Seilschiene.

6.3.4.2 Spurlattenführung

Die Gestaltung der Anschläge bei Spurlattenführung entspricht prinzipiell derjenigen bei Seilführung. Da bei Spurlattenführung die Kopfführung vorherrschend ist, müssen im Bereich der Anschläge Unterbrechungen vorhanden sein.

Die TAS schreibt vor, daß im Bereich der Spurlattenunterbrechungen Eck- und Seitenführungen vorhanden sein müssen (TAS 2.4.2.3). Dies ist nicht erforderlich, wenn durch die Bauart der Fördermittel und Gegengewichte oder durch selbsttätig überwachte Klapp- und Hubspurlatten ein Entgleisen verhindert wird.

Bei Fördermitteln mit Führungsrollen sind an Spurlattenunterbrechungen nur selbsttätig überwachte Klapp- oder Hubspurlatten an den Zwischenanschlüssen zulässig.

Im Bereich der Anschläge kann es damit zu folgenden Störfällen kommen:

- nicht eingezogene Schwingbühnen
- Übergang Spurlatte/Eckführung und umgekehrt
- Versagen an Klapp- und Hubspurlatten
- Toleranz in Eckführungen.

Seit 1946 sind insgesamt 17 Störfälle erfaßt. Die Ursachen verteilen sich wie folgt:

- Schwingbühne	6 Vorfälle
- Übergang Eckführung/ Spurlatte	3 Vorfälle
- Klapp- und Hubspurlatte	2 Vorfälle
- Toleranz in Eckführungen	2 Vorfälle
- nicht zuzuordnen	4 Vorfälle

Die Vorfälle traten in 13 Fällen in Tagesschächten auf. Sie haben in der Auswirkung zum Festklemmen des Fördermittels, Ausspuren bzw. Fallen ins Hängeseil geführt.

Als nicht zuzuordnen sind 3 Vorfälle zu bezeichnen, bei denen es ohne nähere Spezifikation zum "Festsetzen am Anschlag" kam. Ein vierter Fall wurde durch eine pneumatisch-mechanische Wagensperre verursacht (1978). Hierbei wurde die Wagensperre durch einen Zylinder von Anschlag aus betätigt. Aus konstruktiv bedingten Gründen konnte dieser Zylinder bei abwesendem Fördermittel nicht zurückgefahren werden. Er wurde daher vermutlich bei der folgenden Einfahrt des Fördermittels überfahren.

Die Vorfälle mit Beteiligung der Schwingbühnen sowie - falls Zwischenanschlüge vorhanden sind - mit Beteiligung der Klapp- und Hubspurlatten müssen als vermeidbar angesehen werden, wenn entsprechende Vorrichtungen zur Wartung und Überwachung des jeweiligen Zustandes vorhanden sind.

Der Übergang von Spurlattenführung auf Eckführung muß sorgfältig überwacht werden im Hinblick auf die Einhaltung der konstruktionsmäßig vorgesehenen Toleranzen. Gleiches gilt für die in Eckführungen vorgesehenen Toleranzen.

Aus dem Vorfall mit der vom Anschlag betätigten Wagen-sperre ist zu folgern, daß alle möglicherweise in das Fahrtrum hineinragenden Bauteile zu überwachen sind und möglichst mit dem Fahrbremskreis zusammengeschaltet werden sollten.

Dabei ist allgemein die in der TAS für automatischen Betrieb vorgesehene Ausführung der Überwachungsschalter vorzusehen (TAS 5.1.7.2). Demnach muß jede überwachte Einrichtung mit zwei voneinander getrennten Schaltern ausgerüstet sein, die sich gegenseitig auf Nichtübereinstimmung der Schaltstellungen überwachen. Jede Nichtübereinstimmung muß eine Sperrung der Abfahrt bewirken.

6.3.5 Hindernis im Fördertrum

Hindernisse im Fahrtrum können alle Schachtinstallationen bilden, die durch Ermüdung ihrer Befestigung oder durch Gebirgsbewegung in das Fahrtrum hineinragen. Korrekterweise ist auch die Eisbildung in Einziehschächten zu diesen Vorgängen zu rechnen.

Insgesamt sind drei Vorfälle im Untersuchungszeitraum dieser Kategorie zuzuordnen.

In einem Tagesschacht (1979) wurde festgestellt, daß aus den Bohrungen für Kabelhalter in der Tübbingsäule Wasser ausfloß. Dabei kam es zur Eisbildung an den im Schacht hängenden Kabeln auf 120 m Länge. Obgleich auf allen Arbeitsschichten im Schacht Eis gehackt wurde, konnte die Eisfracht an den mechanisch empfindlichen Kabeln nicht vollständig entfernt werden.

Es wird vermutet, daß die Eisbildung von den Kabeln in das Fördertrum hineinragte und zum Ausspuren des aufwärtsgehenden Gefäßes unter Zerstörung der hölzernen Spurlatten führte.

Im Jahr 1980 fuhr im Bereich einer Langsamfahrstrecke der Förderkorb eines Tagesschachtes auf ein Leitblech, wurde ausgelenkt und setzte 2 m tiefer auf einen Rohrverlagerungsträger auf. Der Vorfall führte zu erheblichen Schäden am Fördermittel.

In einem Tagesschacht(1980) stieß der aufwärtsgehende Förderkorb gegen einen Flansch einer neu verlegten Steigleitung (!). Es kam zu einem Riß im Kopffahmen und zu Verformungen an vier von insgesamt acht Hängestreben.

Die Vorfälle, die ja gerade jüngeren Datums sind, zeigen eindringlich, daß durch menschliches Fehlverhalten bzw. Nachlässigkeit schwerwiegende Irrtümer möglich sind, die zum Fördermittelabsturz führen können.

Dabei ist es als vermeidbar einzustufen, wenn durch ein Probetreiben vor Aufnahme des Betriebes die Durchgänglichkeit des Fahrtrums überprüfbar ist.

Abgesehen von Installationsfehlern ist die Belastung von Schachteinbauten statischer Natur. Gleichzeitig ist aber die Wartung von Schachtinstallationen schwierig, weil deren Aufhängungen unzugänglich und kaum überprüfbar sind.

Ein Hindernis im Fördertrum, das einen Fördermittelabsturz zur Folge haben könnte, ist deswegen konstruktiv nicht auszuschließen, wengleich die Wahrscheinlichkeit für ein

Eintreten als sehr gering zu beurteilen ist.

6.3.6 Übertreiben

Ein Übertreiben liegt vor, wenn die Förderkörbe unplanmäßig über die betriebsmäßig äußersten Stellungen hinausgefahren werden. Das Fördermittel gelangt damit in den Bereich der "Freien Höhe" bzw. "Freien Teufe", in der das Fördermittel so zu verzögern ist, daß es zumindest nicht zum Fördermittelabsturz kommt. Wenn man das Übertreiben von der Ursache her betrachtet, ist zunächst kein Unterschied zwischen Störfällen der Kategorie II und III festzustellen. Vom analytischen Standpunkt sehen wir die Grenze darin, daß die Kräfte, die bei Vorfällen der Kategorie II auftreten, das betriebsübliche und konstruktions-technisch vorgesehene Maß überschreiten.

Der Störfall Übertreiben wird daher in Abschnitt 6.4 näher untersucht.

6.4. Ereignisse im Rahmen der Schadenkategorie III

6.4.1 Übertreiben

6.4.1.1 Beschreibung des Ereignisses

Unter einem Übertreiben ist allgemein das Überfahren der betriebsmäßig vorgesehenen Endpunkte im Schacht durch das Fördermittel zu verstehen. Oberhalb des höchsten Standes des Fördergutträgers spricht man von der freien Höhe, unterhalb des tiefsten Standes des Fördermittels spricht man von freier Teufe.

Freie Höhe und freie Teufe bilden somit die letztmögliche Verzögerungsstrecke, ohne daß ein stoßartiger Widerstand auf die Fördermittelaufhängung ausgeübt wird oder das Zwischengeschirr gefährdet wird (TAS 2.3.2).

Ein Übertreiben tritt ein, wenn das Fördermittel aus der Bewegung heraus nicht an seiner Endstellung im Schacht stillgesetzt wird. Hierfür sind prinzipiell drei Ursachen denkbar:

- bei normalen Kräften am Fördermittel ist die Verzögerung nicht ausreichend
- bei betriebsüblicher Verzögerung sind die am Fördermittel angreifenden Kräfte größer als das betriebsübliche Maß
- durch Seilrutsch liegt keine Haftreibung zwischen Treibscheibe und Seil vor, so daß die verzögernden Kräfte nicht auf das Seil übertragen werden können.

Die Ursachen für das Auftreten von Übertreiben werden nach diesen drei Prinzipien in den folgenden Kapiteln näher untersucht.

Dafür ist zunächst ein kurzer Abriß der Sicherheitsvorkehrungen gegen Übertreiben erforderlich.

6.4.1.2 Sicherheitsmaßnahmen gegen Übertreiben

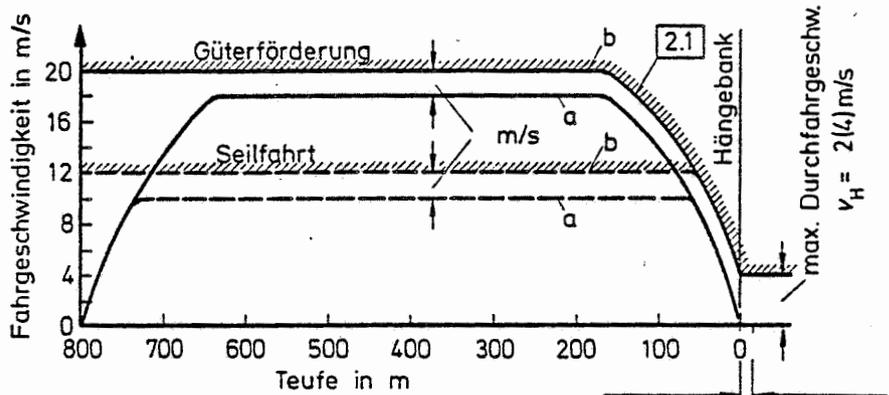
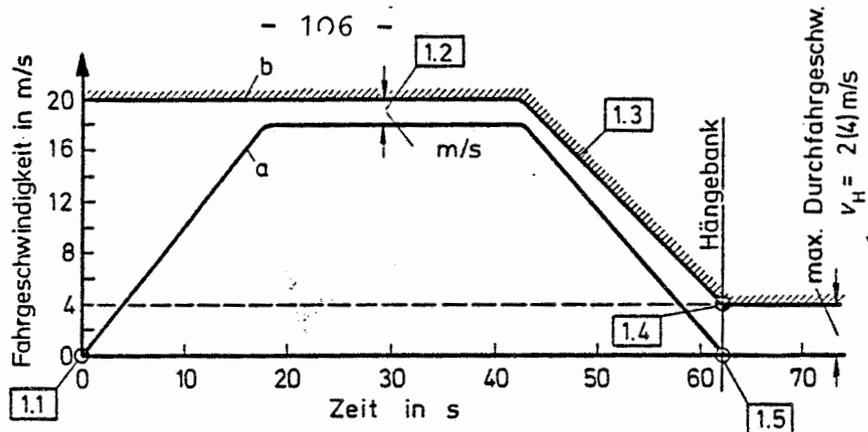
Grundlage der Sicherheitsmaßnahmen gegen Übertreiben ist das Schutzdiagramm, wie es aus den Richtlinien der TAS resultiert (4.11).

Man stellt zunächst darauf ab, die Geschwindigkeit bei Beginn des Übertreibens, wenn es doch einmal auftreten sollte, zu begrenzen.

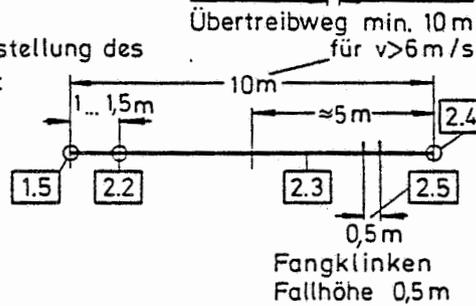
Der prinzipielle Ablauf ist in Abb. 15 dargestellt. Die Fördermaschine verzögert unter Wirkung des wegabhängig überwachten Fahrtreglers.

Als maximal tolerierbare Durchfahrgeschwindigkeit sind gemäß TAS 4 m/s zugelassen, wenn dabei gewährleistet ist, daß nach Ansprechen eines Endschalters (2.2) die Fördermittel und Gegengewichte durch Sicherheitsbremsung zum Stillstand gebracht werden, ohne die Prellträger zu erreichen. Im anderen Fall sollen die Endanschläge nur mit einer Fahrgeschwindigkeit von weniger als 2 m/s überfahren werden.

Dieses Prinzip setzt bereits das weggerechte Verzögern des Fördermittels voraus. Diese Vorbedingung ist zu prüfen.



Vergrößerte Darstellung des Übertreibweges:



Beispiel:

800 m Teufe
 1 m/s^2 Beschleunigung
 und Verzögerung

— Sollgeschwindigkeit a
 // Grenzgeschwindigkeit b

Sicherheitsfunktionen des Fahrtreglers:

- 1.1 Falsches Anfahren (Sicherheitsbremsung)
- 1.2 Zu hohe Geschwindigkeit
- 1.3 Zu geringe Verzögerung
- 1.4 Zu hohe Geschwindigkeit (Sicherheitsbremsung)
- 1.5 Fördermittel in der Hängebank nicht stillgesetzt (Sicherheitsbremsung)

Sicherheitseinrichtungen im Schacht und am Fördergerüst

- 2.1 Schachtmagnetschalter (Sicherheitsbremsung)
- 2.2 Schachtendschalter (Sicherheitsbremsung)
- 2.3 Spurlattenverdickung
- 2.4 Prellträger
- 2.5 Fangklinken gegen Fördermittelabsturz

Abb. 15 : Sicherheit gegen Übertreiben durch Fahrtregler
 (Schutzdiagramm nach BVOS) (4.11)

Ferner kann die Verzögerung nur wirksam werden, wenn es nicht zum Seilrutsch kommt. Der Seilrutsch ist daher als die gefährlichste Form des Übertreibens zu beachten.

Die Maßnahmen zum Schutz gegen Übertreiben im Bereich der freien Höhe und der freien Teufe wurden bereits im Jahr 1927 in der preußischen Bergpolizeiverordnung formuliert (4.33). Dabei handelt es sich im wesentlichen um:

- Festsetzung der freien Höhe und freien Teufe
- Verdichtung (Zusammenziehung) der Spurlatten (2.3)
- Anordnung von Prellträgern (2.4) und Fangstützen (2.5) unter den Seilscheiben
- Ausrüstung der Fördermaschine mit Fahrtregler oder Sicherheitsapparat
- Schachtendschalter (2.2)

Freie Teufe und freie Höhe müssen bei Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 6 m/s wenigstens 10 m betragen. Die freie Teufe muß wenigstens der freien Höhe entsprechen (TAS 2.3.1). Man hat mit dieser Festlegung erreichen wollen, daß der abwärts fahrende Korb bei einem Übertreiben nicht durch das Unterseil ins Nebentrum gezogen wird (4.33).

Die freie Höhe bzw. Teufe wurde so bemessen, daß ein mit 4 m/s einfahrendes Fördermittel beim Übertreiben noch in diesem Bereich mit einer Verzögerung von 2 m/s^2 sicher abgebremst werden kann.

Für ein mit mehr als 4 m/s in die Übertreibung einfahrendes Fördermittel ist ein sicheres Abbremsen vor den Prellträgern nicht mehr möglich (4.97).

Die Spurlattenverdickung ist ursprünglich gefordert worden, um bei einem Übertreiben des Fördermittels ein Abstürzen zu verhindern (4.33). Sie haben nach heutigem Verständnis die Aufgabe, in diesen Bereich eingefahrene Fördermittel mit ihren Führungsschuhen zu bremsen, damit sie entweder zum Stillstand kommen oder nicht mit voller Wucht gegen die unterhalb der Seilscheiben angeordneten Prellträger fahren.

Das Zusammenziehen der Spurlatten ist in Fördergerüsten verboten und in der freien Teufe kaum noch verbreitet.

Die einzelne Spurlatte muß auf jeder Flanke stetig mindestens um je 5 cm breiter werden (TAS 2.4.8.3). Die Verbreiterung darf sich höchstens über 5 m Länge erstrecken.

Nach [REDACTED] (4.34) wird bezweifelt, daß diese Dimensionierung sinnvoll ist, "...denn es ist kaum vorstellbar, daß die Führungsschuhe unzerstört um 10 cm aufgebogen oder die Spurlatten um denselben Betrag zusammengedrückt werden."

Das Abbremsen der Fördermittel und Gegengewichte soll nach Möglichkeit in der freien Teufe früher beginnen als in der freien Höhe (TAS 2.4.8.6). Man erhofft, hierdurch einen künstlichen Seilrutsch zu erreichen (4.33). Dieser wird selbst bei geringen Höhen nicht zu erzielen sein.

Bei Seilführung ist die Spurlattenverdickung in der freien Höhe bzw. Teufe in gleicher Form auszuführen.

Die Wirkung der Spurlattenverbreitung wird von Börger (4.33) eher kritisch beurteilt.

Im Bereich der freien Höhe sind nach seiner Untersuchung die Fördermittel entweder in den ersten 2 - 3 m der verdickten Spurlatten festgefahren oder durch Zerstören der Spurlatten oder Führungsschuhe führungslos geworden, wobei die Bremsenwirkung der Spurlatten entfiel und die Treibscheibe im ungünstigsten Fall noch treibt.

Die Prellträger am Ende des Übertreibweges in der freien Höhe sollen das Auflaufen des Zwischengeschirrs auf die Seilscheiben und eine Weiterfahrt des Fördermittels verhindern. Die Prellträger und ihre Befestigung am Fördergerüst sind entsprechend der Seilbruchlast zu dimensionieren (DIN 4118).

Sie müssen das Förderseil vom Fördermittel trennen, um weitere Schäden am Fördergerüst zu vermeiden.

Bei vollem Anprall des Fördermittels gegen die Prellträger tritt meist Seilbruch auf, und das seillos gewordene Fördermittel ist nach einer Fallhöhe von maximal 500 mm durch seitlich am Führungsgerüst angebrachte Fangstützen (Fangklinken) aufzufangen (TAS 1.3.1).

Nach [REDACTED] (4.33) sind im Zeitraum von 1927 bis 1960 in neun ermittelten Fällen Fördermittel unter dem Prellträger seillos geworden, von diesen ist nur einer von den Fangstützen gehalten worden.

Durch die inzwischen erfolgte Überarbeitung der Auslegungsvorschriften (TAS 1.3, DIN 4118) dürfte dieser Einwand hinfällig sein. Allerdings findet sich diese Argumentation

auch bei [REDACTED] (4.97). Die Konstruktion der Fangstützen wurde ausdrücklich in DIN 4118 sowohl in der Fassung vom September 1960 als auch in der neuen und verschärften Fassung vom Juni 1981 bestimmt.

6.4.2 Vorgang "Beschleunigung trotz aufliegender Bremse"

6.4.2.1 Fördermaschine

Störungen an den elektrischen Anlagen der Fördermaschinen sind möglich.

Durch sie kann es zu einem unkontrollierten Fahrverhalten der Fördermaschine kommen.

Auf der Grundlage des Datenmaterials sind 22 Fälle ermittelt worden, die derartige Schäden beinhalten.

Es ist in keinem dieser Fälle, die überwiegend bei stehender Fördermaschine auftraten, zum Übertreiben gekommen.

Nach Auffassung der WBK (Anhang 4.2) verliefen alle Vorfälle ohne Risiken für Seilfahrende und Fördergut.

Durch eine sachgerechte Geschwindigkeitsüberwachung (s. Anlage 11) wären alle diese Fälle abgedeckt.

Es ist daher zu folgern, daß ein Übertreiben durch Defekte an den elektrischen Anlagen mit großer Wahrscheinlichkeit vermeidbar ist bzw. seine Folgen bei Vorhandensein der Sicherheitseinrichtungen nicht zum Seilriß führen.

6.4.2.2 Überlast

Der Begriff "Überlast" bezeichnet allgemein die Differenz der in den beiden Trumen einer Treibscheibenförderanlage befindlichen Gesamtlast aus Oberseil, Fördermittel, Zwischengeschirr und Unterseil.

Wenn im folgenden von Überlast gesprochen wird, so ist hierunter eine über das betrieblich vorgesehene Maß hinausgehende Überlast zu verstehen.

Dieser Ansatz ist berechtigt, da sich alle in der TAS vorgesehenen Berechnungsannahmen stets auf die "größte betriebliche Überlast" beziehen.

Eine größere Überlast kann entstehen:

- wenn der Lastausgleich durch das Unterseil verloren geht; d.h. wenn das Unterseil reißt
- wenn das Fördermittel über die vorgesehene Nutzlast hinaus beladen wird.

Diese Überlast hat Auswirkungen auf

- die Seilrutschsicherheit, Derartige Störfälle werden in Kap. 6.4.4 betrachtet .
- die Berechnungsannahmen insbesondere für die Verzögerungswirkung der Fördermaschine und der Sicherheitsbremse.

Da sowohl die Seilrutschsicherheit wie auch die Bremsicherheit noch zur Verfügung stehen, führt eine Überlast nicht zum Seilrutsch, sondern erst bei Hinzutreten von

Fehleinstellungen an der Bremse bzw. verminderter Seilrutschsicherheit kann es zum Seilrutsch kommen. Gewissermaßen ist damit eine konstruktionsbedingte Sicherheit gegen Überlast gegeben.

6.4.2.2.1 Unterseilriß

Eine Überlast, die das betriebsgewöhnliche Maß überschreitet, ergibt sich, wenn das Unterseil reißt. Damit werden die für die Auslegung der Seilrutschsicherheit und der Bremsen getroffenen Annahmen überschritten und es kann zum Übertreiben kommen.

Aus diesem Grund entsprechen die sicherheitlichen Anforderungen der Bergbehörde an Unterseile nahezu denjenigen für Oberseile (Anlage 11).

Auf der Grundlage des Datenmaterials ist es nachweislich nur in zwei Fällen (1954 und 1949) durch einen Unterseilriß infolge der Überlast zum Übertreiben gekommen.

Demgegenüber stehen im Zeitraum von 1946 - 1980 insgesamt 90 Unterseilrisse, bei denen es nicht zum Übertreiben gekommen ist.

Die Verteilung der Unterseilrisse auf einzelne Ursachen zeigt Tab. 6.

Auffallend ist die hohe Zahl der Vorfälle, die auf Korrosion zurückzuführen ist. Dabei sind die Umgebungsbedingungen für das Unterseil im einzelnen zu berücksichtigen. Das Auftreten aggressiver Schachtwässer, feuchte Atmosphäre im Schacht sowie gegebenenfalls das Eintauchen der Unterseilbucht in den Schachtsumpf begünstigen die Korrosion.

Hinzu kommt die Drallverschiebung im Unterseil sowie die Biegewechselbeanspruchung des Unterseils während des Treibens.

<u>Ursachen für Unterseilrisse</u>	<u>Störfälle</u>
Unterseil durch Rost geschwächt	50
Unterseil gerät in Schwingungen und verhakt sich am Gegenkorb	14
Unterseil gerät in Schwingungen und verhakt sich an Schachteinbauten	2
Dauerbiegebelastung	11
Fallende Gegenstände	3
Fallendes Rieselgut und Bergebrocken	1
Unterseil durch Klanke in Unterseilbucht blockiert	3
Unterseil durch Drall zusammengedreht und verkrustet	1
Unterseilriß nach Übertreiben	2
ohne Angabe	3
	Summe <u>90</u>

Tab. 6: Verteilung der Unterseilrisse auf ihre Ursachen

Diese Erscheinungen wirken vorzugsweise in der Seilbucht bei an den Endanschlügen vorstehendem Fördermittel. In der Mehrzahl der Fälle tritt somit Seilbruch etwa 10 - 20 m unterhalb des Unterseileinbandes auf.

Bei Selbstschwächung tritt der Bruch dann vorzugsweise beim Verzögern des aufwärtsgehenden Fördermittels kurz vor dem Anschlag auf.

Neben der Korrosion tritt häufig auch die Überschreitung der Biegewechselfestigkeit auf (11 Dauerbiegebrüche).

Als wichtige Ursache ist auch der Fall anzusehen, daß das Unterseil in Schwingungen versetzt wird und sich dabei entweder an Schachteinbauten verklemmt oder im Zwischengeschirr des Gegenkorbes verfängt. Im letzten Fall reißt das Unterseil dann zuerst an der Begegnungsstelle der beiden Fördermittel im Schacht. Die ins Unterseil eingeleiteten Schwingungen sind zurückzuführen auf die ungleichmäßige Fahrweise der Fördermaschine, den Verschleiß der Spurlatten und können in speziellen Fällen auf Sicherheitsbremsungen zurückgeführt werden. Die ungleichmäßige Fahrweise ist insbesondere bei Dampffördermaschinen zu beobachten. Ihr Anteil an den 14 Störfällen durch Schwingungserregung ist jedoch nicht zu ermitteln.

Als kritischer Bereich ist auch die Unterseilbucht anzusehen. Durch den unvermeidbaren Drall im Unterseil sowie durch Fehlen einer definierten Unterseilführung kommt es zu mehr oder weniger starken Schlingerbewegungen. Hierdurch sind dann Klankenbildungen, Beschädigungen durch die Schachteinbauten und Korkenziehereffekte möglich.

Abb. 16 zeigt die zeitliche Verteilung der Störfälle mit Unterseilriß in Tages- und Blindschächten. Es ist zu vermuten, daß eine recht hohe Dunkelziffer zumal in Blindschächten existiert.

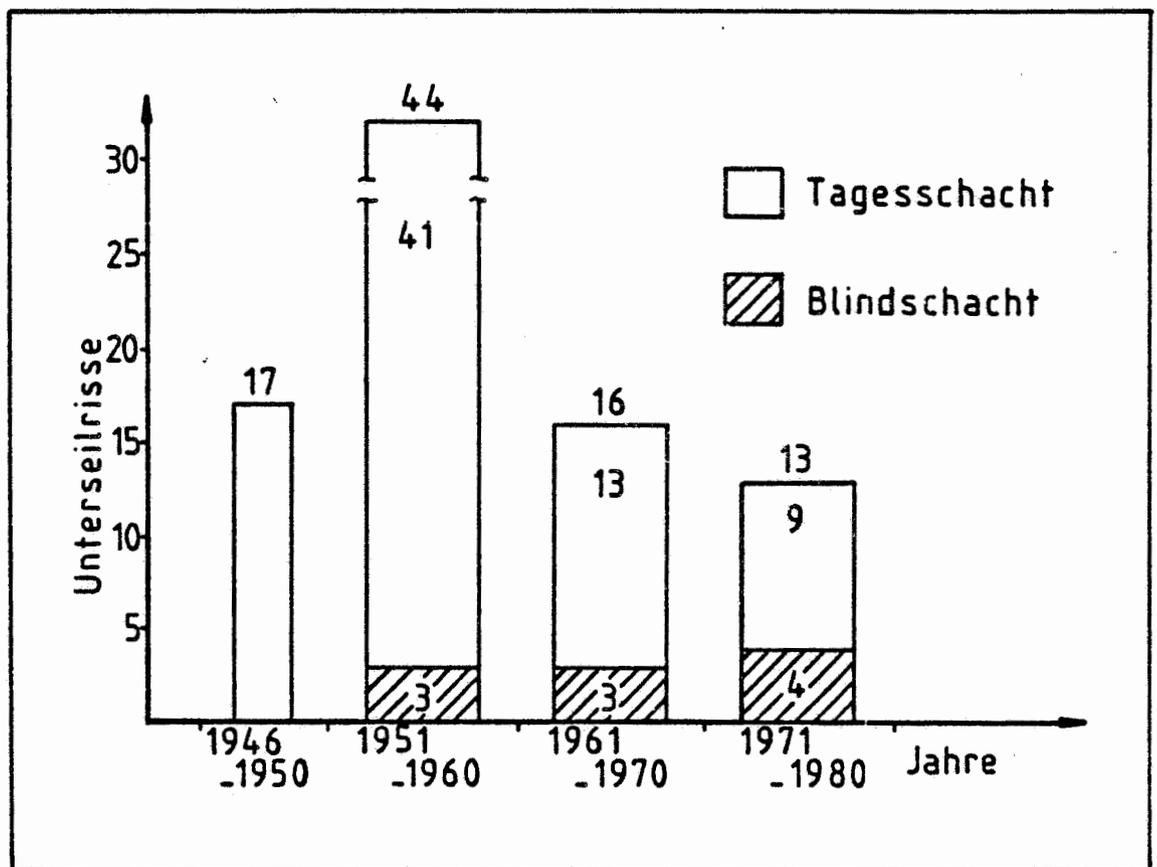


Abb. 16: Verteilung der Störfälle mit Unterseilriß in Tages- und Blindschächten (1946 - 1980)

Die Korrosion des Unterseils ist allein durch augenscheinliche Begutachtung zu erfassen. Dem steht entgegen, daß das Unterseil meist stark mit Fett verschmiert ist, zudem sind Revisionsbühnen zur Beobachtung der Unterseile zwischen den Fördertrumen nicht immer vorhanden.

Demzufolge muß die Sorgfalt der Überwachung für Unterseile besonders betont werden.

Zum Schutz gegen Verkürzungen der Unterseillänge, wie sie durch Klankenbildung und vertikale Schwingungen eintreten können, ist in der TAS die Überwachung der Wendehölzer in der Unterseilbucht bei Förderanlagen mit einer Geschwindigkeit über 4 m/s vorgeschrieben.

Die Wendeholzüberwachung sollte auf den Fahrbremskreis wirken, wie dies bei automatischen Anlagen auch in der TAS vorgesehen ist.

6.4.2.2.2 Bedienungsfehler

Im hier betrachteten Fall haben prinzipiell nur Störfälle Bedeutung, bei denen eine außergewöhnliche Überlast an Gestellförderungen auftritt. Damit sind derartige Ereignisse vom Anschläger kontrolliert. Eine Überlast tritt folglich als Bedienungsfehler auf, wohl möglich in Unkenntnis der tatsächlich aufgeschobenen Gewichte.

Insgesamt wurden 10 Fälle ermittelt, bei denen eine Überlast an einem Störfall mit Übertreibenwirkung beteiligt war.

In drei Fällen kam es infolge des Übertreibens zu einem Absturz des Fördermittels. Diese Vorfälle liegen vor dem Jahr 1954.

Im Jahr 1953 wurde das Übertreiben durch eine außergewöhnlich große Überlast bei einer verhältnismäßig kleinen Teufe von 85 m verursacht, weil der Haspelfahrer mit dem Beginn des Bremsens zu lange gewartet hatte.

Im Jahr 1952 wurde in einem Tagesschacht durch die Überlast aus ungeklärten Gründen aus dem Stillstand der Korb unter die Prellträger gezogen, so daß das Förderseil abriß. Es konnte kein mechanischer Fehler an der Bremse festgestellt werden.

Im dritten Fall wurde im Jahr 1946 durch eine defekte Meßtaschenklappe an einem Fördergefäß eine Überlast aufgebracht (Blindschacht). Durch die Überlast wurde das Fördergefäß in den Sumpf gezogen, während das Gegengewicht in den Prellträger klemmt. Bei dem Versuch, dieses frei zu bekommen, tritt ein erneutes Übertreiben ein, bei dem das Seil gewaltsam aus der Kausche gezogen wird.

Die Störfälle, bei denen es durch eine Überlast zum Übertreiben kam, liegen vor 1972.

Charakteristisch ist, daß die Überlast - wie auch schon theoretisch abgeleitet - zumeist in Verbindung mit Seilrutsch bzw. Bremsversagen auftritt.

Dies ist charakteristisch für die jüngsten Störfälle aus dem Jahr 1971. Hierbei kam es durch ein übermäßig starkes Ansprechen der Sicherheitsbremse bei Überlast zum Seilrutsch, wobei der Korb unter die Prellträger gezogen wurde.

In den vier Fällen, die vor 1954 liegen, ist anzunehmen, daß das Übertreiben durch die Fördermaschinenbauart begünstigt wurde (2 Dampffördermaschinen in Tagesschächten, 1 Blindschachthaspel, einmal nicht erwähnt).

Die Überlast durch Bedienungsfehler kann meßtechnisch erfaßt werden, indem eine Überwachungseinrichtung eingebaut wird, die nach dem Abfahrtsignal die Überlast durch Messung des Ankerstroms der Fördermaschine erfaßt. Dies trifft allerdings nur im Falle der aufwärtsgehenden Überlast zu, bei eingehängter Überlast wirkt die Fördermaschine generatorisch bremsend.

Das Übertreiben infolge einer außergewöhnlichen Überlast ist als möglicher Störfall zu berücksichtigen. Er ist allein durch die Aufmerksamkeit und Kontrolle des jeweiligen Anschlägers vermeidbar. Außergewöhnliche Überlasten können gefährliche Auswirkungen haben, da sie die Sicherheitsmarge gegen Seilrutsch und Bremsversagen herabsetzen.

6.4.3 Vorgang "Keine oder zu geringe Verzögerung"

6.4.3.1 Überblick

Um das Fördermittel am Endanschlag bündig zu setzen, muß aus der Beharrungsphase die Verzögerungsphase eingeleitet werden. Die Verzögerung wird bewirkt durch:

- Reibung des Fördermittels
- elektrisches Verzögern
- mechanisches Verzögern
- aufwärtsgehende Überlast

Es ist dafür zu sorgen, daß die Verzögerungsphase in Abhängigkeit von dem Betriebszustand so rechtzeitig beginnt, daß die zulässigen Verzögerungswerte nicht überschritten werden.

Ein Übertreiben ist damit möglich, wenn entweder die Verzögerungsphase nicht rechtzeitig eingeleitet wird, d.h. Regeleinrichtung und Sicherheitskreis (einschließlich menschlichen Versagens) nicht funktionieren, oder trotz korrekter Steuerimpulse die Verzögerung durch mechanisches oder elektrisches Versagen ausbleibt. Im ersten Fall ist von exogenen Ereignissen zu sprechen, die nicht die verzögernden Bauteile selbst betreffen; im zweiten Fall nennen wir sie endogen.

Der Vorgang "Keine oder zu geringe Verzögerung" ist somit in einem Mehrbarrierenkonzept zu erfassen.

Erstens sorgt die Fahrtregelung (Steuerteil) für die Einhaltung der wegabhängigen Geschwindigkeit.

Die Fahrtregelung ist zu überwachen (Überwachungsteil).

Eine Abweichung führt zur Auslösung der Sicherheitsbremse durch den Sicherheitsstromkreis.

Diese vier Anlagenelemente sind im folgenden näher zu untersuchen.

6.4.3.2 Vorgang "Keine oder zu geringe Verzögerung" durch Bremsversagen (endogen)

6.4.3.2.1 Versagen der Fahrbremse

Ein Versagen der Haltebremse führt bei gegebener Überlast zum Ausfahren des Fördermittels aus der Anschlagstellung und bedeutet damit eine ernsthafte Gefahr für den Be- und Entladevorgang.

Ein Versagen der Haltebremse kann bei ungünstiger Überlast und gleichzeitigem Spannungsfreiwerden der Fördermaschine

zum Übertreiben führen.

Ein Versagen der Fahrbremse ist nur unter folgenden Voraussetzungen denkbar:

- Verminderung des Reibkoeffizienten durch
 - o Verschmieren der Bremsscheibe
 - o Abnutzung bzw. Wandlung der Bremsbeläge
- Bruch des Bremskranzes
- Bruch oder Verklemmen der Bremskolben
- Fehlende oder reduzierte Bremskraft

6.4.3.2.2 Versagen der Sicherheitsbremse

Das Ansprechen der Sicherheitsbremse setzt eine Störung an einem überwachten Bauteil oder Vorgang der Fördereinrichtung voraus, der zum Auslösen des Sicherheitskreises führt.

Die Sicherheitsbremse ist damit in vielen Fällen die erste und letzte Vorrichtung, die eine mechanische Einwirkung auf die Aufhängung des Fördermittels verhindern kann.

Die spezielle Problematik ist darin zu sehen, daß die Verzögerung der Sicherheitsbremse in definierten Grenzwerten gehalten werden muß.

Einerseits muß das Fördermittel nach geringstmöglichem Bremsweg stillgesetzt werden, andererseits darf die dabei auftretende Bremsverzögerung nicht so groß sein, daß Überbeanspruchungen der Bauteile auftreten.

Des weiteren ist bei Treibscheibenfördermaschinen die Bremsverzögerung nach oben durch die Seilrutschgrenze begrenzt (Anlage 12).

6.4.3.2.3 Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Insgesamt ist es in 17 Fällen zum Übertreiben gekommen, das ursächlich auf ein Bremsversagen zurückzuführen ist. Von diesen 17 Fällen kam es 3 mal zum Absturz des Fördermittels.

Die Verteilung der Vorfälle über den Zeitraum seit 1946 sowie die Tages- und Blindschächte zeigt Abb. 17.

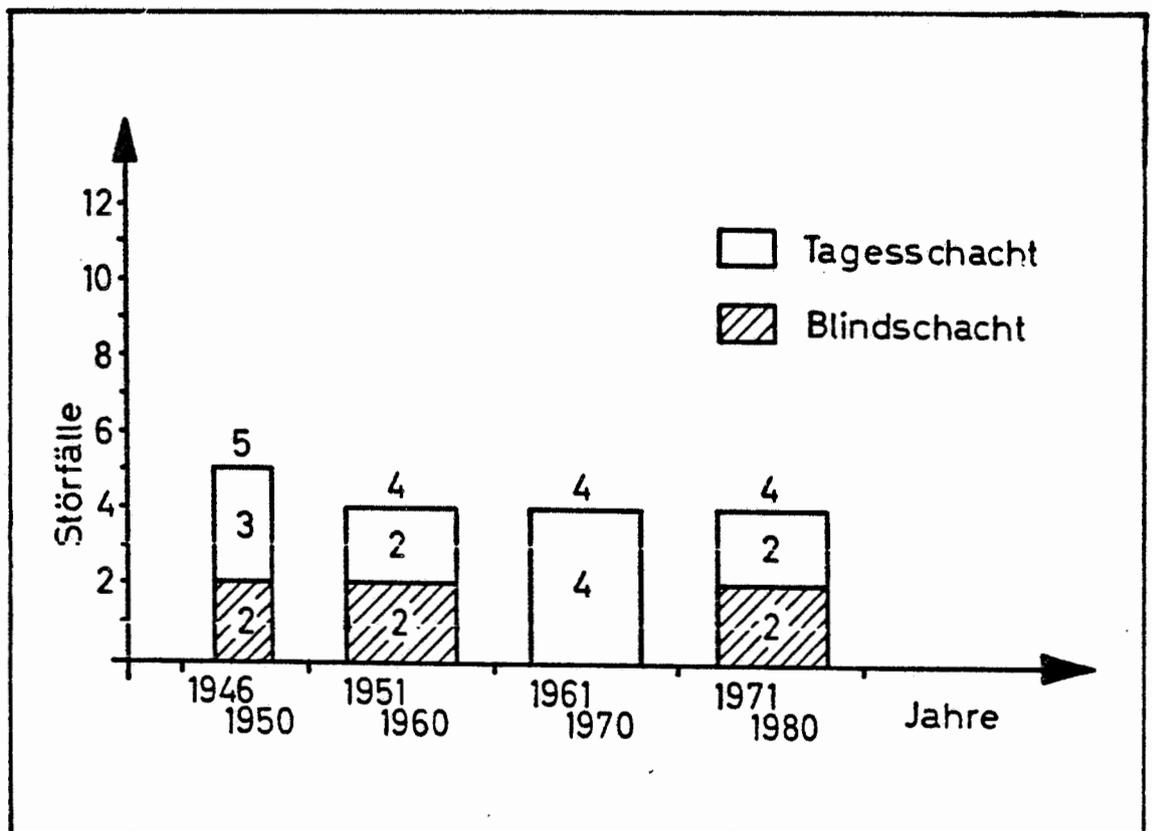


Abb. 17: Verteilung der Störfälle mit Bremsversagen in Tages- und Blindschächten (1946 - 1980)

Hieraus ist zunächst abzuleiten, daß die Anzahl der Vorfälle im Vergleich gesehen relativ gering ist, daß jedoch andererseits die Vorfälle mit Bremsversagen keine sich deutlich verringernde Tendenz zeigen. Die Ursache mag in dem komplexen Aufbau von Bremseinrichtungen mit einer vergleichsweise komplizierten Steuereinrichtung zu suchen sein.

Nach der Versagensursache wurden die Störfälle in vier funktionelle Bereiche gegliedert. Die Störfälle verteilen sich folgendermaßen:

Krafterzeugung	3 Fälle
Kraftübertragung	5 Fälle
Reibungskoeffizient	2 Fälle
Steuerung	<u>8 Fälle</u>
insgesamt	18 Fälle

In einem Fall ergibt sich eine zweifache Ursache.

In allen Fällen handelt es sich um Backenbremsen. Ein Versagen von Scheibenbremsen, die erstmalig Ende der 60er Jahre in einer Schachtförderanlage der Bundesrepublik Deutschland eingesetzt wurden, ist aus dem Datenmaterial nicht bekannt.

Zu den Elementen der Kraftübertragung bei Backenbremsen gehören Hebel, Zug- und Druckstangen sowie die Wellen in den Gelenken. Die Zugstange ist als kritisches Element der in der Bundesrepublik Deutschland gebräuchlichen Backenbremsenkonstruktion anzusehen, da in ihr gemäß TAS Fahr- und Sicherheitsbremse vereinigt sein dürfen. Da i.d.R. keine zweite zusätzliche Zugstange erforderlich ist, führt

ihr Versagen zum Ausfall der gesamten Bremseinrichtung. Die Zugstange war in zwei Fällen am Versagen der Bremseinrichtung beteiligt, die beide nach Übertreiben zum Oberseilriß geführt haben. Dabei ist der Vorfall aus dem Jahr 1947 in einem Blindschacht als nicht relevant einzustufen, während der andere aus dem Jahr 1959 (Tageschacht) durch konstruktive und wartungstechnische Fehler verursacht wurde.

In den drei anderen Fällen kam es zum Bruch an Teilen der Kraftübertragung (Welle, Kolbenstange des Bremsluftzylinders, Gewindegzugspindel), die nicht eindeutig aus dem Datenmaterial nachweisbar sind.

Bei drei Fällen versagte die Krafterzeugung. Ein Klemmen des Fallgewichtes (1946) ist als nicht relevant einzustufen. Im Jahr 1957 ergab sich durch das Nachstellen des Bremsgestänges ein ungenügender Hub für das Fallgewicht. Im dritten Fall kam es zum Bruch der Tragstange des Fallgewichtes (1947).

Eine Verringerung des Reibwertes wird in zwei Fällen in Tagesschächten aus den Jahren 1976 und 1965 als wesentliche Ursache für Übertreiben angegeben. In beiden Fällen wird eine außerbetriebliche Überlast als zusätzlicher Grund angegeben.

Die Steuerung von Bremseinrichtungen ist ein sehr komplexer Vorgang. Es sind insgesamt 8 Fälle dieser Kategorie zuzurechnen.

Davon sind zwei Fälle aus dem Jahr 1947 auf ein selbsttätiges Lösen der Fahrbremse durch mangelnde Arretierung zurückzuführen und als nicht relevant anzusehen.

Als kritische Bauelemente sind anzusprechen:

- Bremsmagnet (1 Fall)
- Drosselung des Haltezylinders (2 Fälle)
- Schaltkontakt (1 Fall)
- Sicherheitsbremsventil (1 Fall)
- Schnellschlußwirkung (1 Fall)

6.4.3.2.4 Beurteilung der Vermeidbarkeit

Die Bremseinrichtung ist das sicherheitstechnisch bedeutsamste Bauteil in Schachtfördereinrichtungen.

Vom Bauprinzip gewährleisten Scheibenbremsapparate eine von einzelnen Bauteilen unabhängige Bremswirkung. Sie bilden somit sicherheitstechnisch optimale Möglichkeiten, wenn sie auf zwei voneinander unabhängige Bremsscheiben wirken.

Aus den theoretischen Betrachtungen ist jedoch abzuleiten, daß die Regelung und Steuerung der Bremskraft in Abhängigkeit von dem durch Umwelteinflüsse bestimmten Reibbeiwert gegenwärtig nicht gewährleisten kann, daß die Sicherheitsbremskraft stets im zulässigen Toleranzbereich zwischen Seilrutschgrenze und Mindestverzögerung liegt.

Während die Kraft der Haltebremse als generell ausreichend anzusehen ist, birgt die Auslösung der Sicherheitsbremse prinzipiell die Gefahr des Übertreibens.

Handelt es sich um eine eingehängte Überlast, so wird dieses Übertreiben jedoch entweder in seinen mechanischen Auswirkungen begrenzt sein oder doch in jedem Fall ein Absturz des Fördermittels vermieden.

Zu begegnen ist diesem Problem nur durch oftmaliges Prüfen der Bremswirkung. Mit entsprechend gewählten Prüfungsintervallen erscheint ein Übertreiben vermeidbar, zumal anzunehmen ist, daß sich eine Veränderung der Reibungsverhältnisse nicht kurzfristig ergibt.

6.4.3.3 Vorgang "Nicht Eingreifen der Verzögerung" durch Defekt der Fahrtregelung

Die Darstellung erfolgt auf der Grundlage des Gutachtens der WBK vom 11.7.1983 (Anhang 2).

6.4.3.3.1 Beschreibung des Ereignisses

Der Fahrtregler ist neben der Bremseinrichtung das wesentliche Sicherheitselement einer Fördermaschine.

Er ist ein mehr oder weniger umfangreiches technisches Gebilde mit der Aufgabe, einen Förder- oder Seilfahrtzug ohne Risiken zu Ende zu führen, wenn der Fördermaschinist ausgefallen ist.

Überwachungseinrichtungen für die Geschwindigkeit sollen darüber hinaus den Förder- oder Seilfahrtzug über die Sicherheitsbremse stillsetzen und damit unterbrechen, falls der Fahrtregler versagt oder ein automatischer Zug zu schnell fährt bzw. nicht rechtzeitig verzögert wird.

Der von der Bergbehörde geprägte Begriff "Fahrtregler" gilt sowohl für einfache Rückführungsgestänge als auch für echte Regler im Sinne der DIN Definition (DIN 19 226). Ob Regler notwendig sind oder nicht, richtet sich nach dem Drehzahlverhalten des Antriebs. Antriebe mit eindeutiger Steuerung, d.h. Proportionalität zwischen Steuerhebelauslage und Drehzahl, unabhängig von der Belastung,

benötigen nur eine Rückführungsmechanik oder -elektronik bei Zugende. Antriebe ohne diese Proportionalität erfordern einen Fahrbremsregler oder Regler für elektrisches Bremsen als Fahrtregler, damit ein führerloser Zug risikolos zu Ende geführt werden kann.

Überwachungseinrichtungen gibt es für drehzahlgeregelte Antriebe schon seit etwa 1955. In den Vorschriften erscheinen sie jedoch erst 1978 (TAS).

Man unterscheidet die kontinuierlich (mechanisch bzw. elektronisch) und die punktweise arbeitende Ausführung. Überwacht werden die Höchstgeschwindigkeit und die Teilschwindigkeiten im Verzögerungsabschnitt am Ende des Förderweges.

Kennzeichnend für die jeweilige Konstruktion ist die Art, wie die Überwachungssollgeschwindigkeit dargestellt wird.

Eine von der Fördermaschine angetriebene Kurvenscheibe mit Abtastrolle und Spannungsgeber ist die Grundlage der kontinuierlichen Überwachung. Da bei Treibscheibenanlagen der synchrone Lauf von Kurve und Fördermittel nicht gewährleistet ist, kann auf mindestens einen magnetischen Schachtschalter zur Kontrolle des weggerechten Einsatzes der Verzögerungsüberwachung nicht verzichtet werden. Zusätzlich muß der Antrieb überwacht werden.

Ein von der Fördermaschine angetriebener Impulsgeber zusammen mit Auswertgerät und Digitalanalogwandler werden dazu benutzt, eine Spannungskurve für den Überwachungssollwert auf elektronischem Wege für eine kontinuierliche Überwachung herzustellen.

Der Synchronvergleich zwischen Fördermittel und Impulsgeber mit Hilfe eines Schachtschalters sowie eine Impulsgeberantriebsüberwachung sind auch hier erforderlich.

Kennzeichnend für die punktweise Überwachung sind drei oder mehr magnetische Schachtschalter, mit denen eine stufenförmige, weggerechte Spannungskurve als Sollwert der Verzögerungsüberwachung dargestellt wird. Weil das Fördermittel bei dieser Konstruktion unmittelbar und unabhängig von der Steuerung überwacht wird, entfallen entsprechende Kontrollen.

Zur Steigerung der Zuverlässigkeit aller dieser Überwachungseinrichtungen hat es sich eingeführt, den Istwert der Überwachung ständig mit dem Istwert der Regelung zu vergleichen und außerdem nach jedem Zug abzufragen, ob der Sollwert den Minimalbetrag erreicht hat.

Zur Klärung der Begriffe ist es notwendig zu wissen, daß der ursprüngliche Fahrtregler keine Überwachungseinrichtung besaß. Seit 1978 ist im Begriff Fahrtregler eine Überwachungseinrichtung eingeschlossen. Damit ergibt sich die Gelegenheit, den neuen Fahrtregler aufzugliedern. Er besteht jetzt aus einem Steuer- bzw. Führungsgrößen- teil (ursprünglicher Fahrtregler) und einem Überwachungs- teil.

Tab. 6 verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen den Vorschriften und den technischen Problemlösungen.

Antriebe	Antriebe mit eindeutiger Steuerung		Antriebe ohne eindeutige Steuerung	
	geregelt Antriebe	ungeregelte Gleichstromantriebe	ungeregelte Drehstromantriebe	ungeregelte Dampfantriebe
Vorschriften von 1927 - 1977	<u>Steuerteil:</u> Steuerhebel- oder Sollwertrück- führungsmechanik bzw. -elektronik <u>Überwachungsteil:</u> kontinuierliche oder punktweise Überwachung	<u>Steuerteil:</u> Steuerhebel- oder Sollwertrück- führungsmechanik bzw. -elektronik <u>Überwachungsteil:</u> - nicht vorhanden	<u>Steuerteil:</u> Fahrbremsregler (elektro- oder hydraulisch-pneu- matisch oder Elektrobremsregler (Gleichstrombremsung) <u>Überwachungsteil</u> nicht vorhanden	<u>Steuerteil:</u> Fahrbremsregler (hydraulisch) <u>Überwachungsteil:</u> - - nicht vorhanden
Vorschriften ab 1978	ohne Änderung	Überwachungsteil zusätzlich		

- 128 -

6.4.3.3.2 Bewertung der Eintrittshäufigkeit

Die insgesamt eingetretenen 25 Vorfälle sind nach ihrer Ursache in drei Kategorien zu untergliedern:

- Übertreiben durch Defekt in der Steuerung bei fehlender Überwachungseinrichtung (12 Fälle)
- Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und der Überwachungseinrichtung infolge fehlender Unabhängigkeit (8 Fälle)
- Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und ungenügender Überwachungseinrichtung trotz Unabhängigkeit (5 Fälle).

Die Vorfälle sind in Anhang 2 ausführlich dargestellt.

Keines dieser Übertreiben hat zum Verlust der Aufhängung des Fördermittels geführt.

6.4.3.3 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die 12 beurteilten Übertreibenfälle an Elektrofördermaschinen durch Störung in der Steuerung bei fehlender Überwachung bedürfen keiner Diskussion. Bei fehlender Überwachung ereignen sich diese Übertreiben mehr oder weniger zwangsläufig. Fahrtregler ohne Überwachungen sind nicht mehr Stand der Technik.

Die 8 Übertreibenfälle durch gleichzeitige Störung der Steuerung und Überwachung infolge fehlender Unabhängigkeit zwischen Steuerung und Überwachung machen grundsätzliche Gedankenfehler bei der Konstruktion deutlich. Man kann sie über drei Jahrzehnte, bei vielen Konstruktionen sogar bis in die neuesten Vorschriften hinein (TAS), verfolgen.

Entscheidend ist die Auslegung des Begriffs Unabhängigkeit. Eine sehr häufig verwendete Fahrtreglerkonstruktion besteht pro Trum aus einer Kurvenscheibe mit Rollenhebel und Spannungsgeber für die Verzögerungssteuerung am Fahrwegende sowie einer zweiten gleichartig ausgestatteten Kurvenscheibe für die Überwachung dieser Verzögerung.

Steuerkurve und Überwachungskurve werden gemeinsam über dieselbe Mechanik vom Seilträger bewegt. Das gemeinsame Versagen und damit Übertreiben ist mit dieser Konstruktion vorprogrammiert. Erste Abhilfe gegen diese vollkommene Abhängigkeit von Steuerung und Überwachung war ein Schacht-

magnetschalter vor Beginn der Verzögerung als Kontrollpunkt für den Korb-Fahrtreglervergleich.

Unglücklicherweise hat man früher aus Sorge um ungewollte Sicherheitsbremsungen diesen Vergleichsschalter oft nur bei automatischem Betrieb auf den Sicherheitskreis geführt. Bei einigen Anlagen erschien im Handbetrieb und bei gefährlichem Voreilen des Korbes gegenüber der Fahrtreglerkurve eine Störmeldung. Im Ernstfall wäre ein Maschinist kaum in der Lage gewesen, das Übertreiben zu verhindern.

Andere Schadensfälle haben zu weiteren Verbesserungen dieses Korb-Fahrtreglervergleichs geführt. In den neuen Vorschriften (TAS) heißt es jetzt, daß mindestens ein Schachtschalter das rechtzeitige Einsetzen der Überwachungskurve feststellen muß.

Eine andere Abhilfemaßnahme gegen das o.a. Grundübel der Konstruktion ist die gegenseitige Überwachung der beiden Tachomaschinen. Da die Regeltachomaschine unmittelbar vom Seilträger angetrieben wird und die Überwachungstachomaschine vom Fahrtregler, erfüllt die sog. gegenseitige Überwachung zugleich mehrere Funktionen: Der Übertragungsweg zwischen Seilträger und Fahrtregler wird überwacht, eine unerläßliche Forderung an die sonst untaugliche Konstruktion und das Vorhandensein der Istspannungen wird abgefragt. Würde der Überwachungswert ausfallen, wäre die Geschwindigkeitsüberwachung unbemerkt ohne Wirkung und würde der Regelwert ausfallen, geriete die Geschwindigkeitsregelung außer Kontrolle.

Hierbei ist Voraussetzung, daß beide Tachomaschinen nicht nur mechanisch getrennt sind wie beschrieben, sondern auch elektrisch unabhängig sein müssen; darüber hinaus ist das gemeinsame Ausfallen nicht einkalkuliert. Die 8 Vorfälle beweisen, wie lange es gedauert hat, bis das Grundübel der kontinuierlichen Überwachung, die Abhängigkeit von der Steuerung und vom ungesicherten Gleichlauf zwischen Seil und Seilträger, einigermaßen behoben wurde.

Das in diesem Zusammenhang geprägte Wort Hüllkurvenüberwachung soll auf die Lückenlosigkeit hinweisen, kann aber über die geschilderten Schwächen kaum hinweghelfen. Es ist auch keineswegs sicher, ob alle zukünftigen Störungsmöglichkeiten mit den beschriebenen Abhilfemaßnahmen abgesichert sind.

Im Gegensatz zu dieser Gesamtkonzeption der kontinuierlichen Überwachung steht die für Treibscheibenanlagen gedachte, schachtabhängige, punktweise Verzögerungsüberwachung. Sie ist von einer Elektrofirma vor drei Jahrzehnten eingeführt worden und hat sich bisher in allen Fällen als überlegen gezeigt. Sie ist ähnlich, aber nicht gleichwertig der Konstruktion unter Verwendung von Grenzwertinstrumenten und einer Tachomaschine, über die noch berichtet werden soll. Ein Fahrtregler mit dieser Überwachung besteht z.B. pro Trum aus einer Kurvenscheibe mit Rollenhebel und Spannungsgeber für die Verzögerungssteuerung am Fahrwegende. Die Überwachungskurve fehlt jedoch. Lediglich die Überwachungstachomaschine befindet sich noch am Fahrtreglerapparat. Entlang der Verzögerungsstrecke im Schacht sind drei, vier oder mehr magnetische Schachtschalter angeordnet, die eine Widerstandskette so schalten, daß eine stufenförmige, ebenfalls lockenlose Hüllkurve entsteht.

Die Unabhängigkeit dieser Verzögerungsüberwachung von allen Steuerelementen der Maschine ist offensichtlich. Außerdem ist diese Überwachung vom Ursprung her weggerecht. Zur Absicherung des Istwertes, wie bei allen Überwachungen, ist es lediglich noch notwendig, die Tachomaschine zusammen mit der Regeltachomaschine am Seilträger gegenseitig zu überwachen sowie die Schachtschalter am Ende jedes Zuges auf ihren Schaltzustand abzufragen. Obwohl die Qualitäten dieser Überwachung auf der Hand liegen und ihre Zuverlässigkeit seit etwa 1954 bekannt ist, sollte sie bei den Vorarbeiten für die Abfassung der Vorschriften 1973 - 1977 (TAS) zunächst übergangen werden. Sie fand schließlich Aufnahme in die TAS, jedoch mit Auflagen, die nicht zufällig mit denen identisch sind, die einer kontinuierlichen (Kurvenscheiben) Überwachung erst zur "Unabhängigkeit" verholfen haben, dem Charakter der punktweisen Überwachung aber widersprechen.

Die nach (TAS) Nr. 3.6.13.1.3 für alle Fahrtregler geforderte Überwachung der Stellungen von Fahrtreglerkurven und Fördermitteln ist ausschließlich kennzeichnend für die Gleichlaufschwächen der kontinuierlichen Überwachung.

Die nach Nr. 3.6.13.1.4 für alle Fahrtregler geforderte Antriebsüberwachung ist wieder ausschließlich kennzeichnend für die mangelnde Unabhängigkeit der kontinuierlichen Überwachung von der Steuerung. Die punktweise Überwachung löst die beiden Probleme der weggerechten und unabhängigen Überwachung unmittelbar und optimal, womit der Kurvenfördermittelvergleich, noch dazu mit nur einem Schalter, entbehrlich ist. Die Antriebsüberwachung ist bei der punktweisen Überwachung ebenso entbehrlich, weil das Versagen des Fahrtreglerantriebs und mit ihm der einzigen noch vorhandenen Kurve, der Steuerkurve, der klassische

Störungsfall für das Eingreifen der davon unabhängigen Überwachung ist. Im übrigen ist der Antrieb ohnehin nach TAS Nr. 3.6.12 überwacht, indem beide Tachomaschinen gegeneinander geschaltet sind, die eine am Seilträger, die andere am Ende des Übertragungsweges vom Seilträger zum Fahrtregler.

Fortgeführt wird die wenig sachliche Behandlung der punktweisen Überwachung in TAS Nr. 3.6.13.3 mit der an sich berechtigten Forderung, daß die Fördermittel bei Ansprechen der Überwachung rechtzeitig zum Stillstand kommen müssen, ohne in die verdickten Spurlatten einzufahren. Die gleiche Bedingung hätte auch in TAS Nr. 3.6.13.2 für die kontinuierliche Überwachung gestellt werden müssen. Es ist durchaus nicht selbstverständlich, daß irgendeine, irgendwie geformte Kurve den richtigen Spannungsverlauf für die Überwachung abgibt, ohne daß die verdickten Spurlatten tangiert werden.

Zusammenfassend können alle 8 Übertreibungsfälle durch gleichzeitige Störung der Steuerung und Überwachung mit der geschilderten, seit ihrem Ersteinsatz unveränderten punktweisen Überwachung abgedeckt werden und natürlich auch mit der nach jedem Schadensfall angepaßten kontinuierlichen Überwachung.

Leider ist eine kontinuierliche Überwachungskonstruktion billiger herzustellen und zu verkaufen als eine punktweise mit teuren Schachtschaltern, der Verkabelung und Montage im Schacht. Zumal auch die punktweise Überwachung in den Vorschriften (TAS) mit ungerechtfertigten Auflagen verbunden wurde, ist sie beim scharfen Konkurrenzkampf der Hersteller oft aus den Angeboten verschwunden. Zahlreiche Bergwerksunternehmer haben sich jedoch schon über-

zeugen lassen, daß eine Steigerung der Betriebssicherheit gewisse Zusatzausgaben rechtfertigt.

Die 5 Übertreibenfälle durch Defekt in der Steuerung und ungenügender Überwachungseinrichtung haben sich ereignet, obwohl sog. punktweise Überwachungen in Betrieb gewesen sind. Mindestens 3 Anlagen haben jedoch Überwachungen mit Grenzwertinstrumenten. Von einer Anlage wird darüber nichts berichtet. Die Qualitäten punktweiser Überwachungen mit einem Grenzwertinstrument sind den bisher geschilderten mit stufenförmiger Hüllkurve unterlegen. Es handelt sich bei der Schaltung um eine Kette von jeweils 2 parallel geschalteten Relaiskontakten, jeweils der eine für den Schachtschalterwegpunkt und der andere für die Grenzschnelligkeit. Die Zahl der Schaltkontakte ist damit pro Trum verdoppelt gegenüber der stufenförmigen Hüllkurvenschaltung. Die Betriebssicherheit wird halbiert. Ferner ergeben sich durch die Verstellerschrauben am Grenzwertinstrument zahlreiche Möglichkeiten, die Überwachung wissend oder unwissend zu entschärfen. Die vorgeschriebenen regelmäßigen Prüfungen erfordern zudem, die Grenzwerte jedesmal herunterzudrehen, falls nicht mit einer Fremdspannung geprüft wird. Einzelne Instrumente sind auf diese Weise schon unbrauchbar geworden.

Von 25 untersuchten Übertreibenfällen an Elektrofördermaschinen ist nur einmal die punktweise Überwachung mit stufenförmiger Hüllkurve betroffen und nicht einmal eindeutig. Nach dem Bericht sprechen alle Anzeichen für eine Überladung. Damit wäre der Fall in die Übertreibengruppe mit ungenügender Bremskraft einzustufen.

Fast alle Übertreibenfälle hätten durch die punktweise Verzögerungsüberwachungseinrichtung vermieden werden können. Auch die mehrfach verbesserte kontinuierliche Überwachung nach heutigem Stand hätte die Fälle abgedeckt.

Aus dem Vergleich beider Überwachungen scheint aber deutlich zu werden, daß zukünftige Übertreibenfälle mit noch unbekannter Ursache mit mindestens gleich großer Wahrscheinlichkeit von der punktweisen Überwachung abgedeckt werden dürften wie von der kontinuierlichen.

6.4.3.4 Vorgang "Nicht Eingreifen der Sicherheitsbremse durch Defekt im Sicherheitskreis" (exogen)

Alle Auslösungen der Sicherheitsbremse sind in einem oder mehreren eigenen Sicherheitskreisen zusammenzufassen. Sicherheitskreise bewirken nach ihrem Ansprechen das Stillsetzen und verhindern das Ingangsetzen der Antriebsmaschine.

Die Auslösungen der Sicherheitsbremse sind in der TAS weitgehend geregelt (TAS 3.8.3) und in den einzelnen Kapiteln angesprochen.

Entsprechend der Bedeutung der Sicherheitskreise ist ihre Ausführung in TAS 3.8.7 weitgehend geregelt.

Auf der Grundlage der untersuchten Störfälle sind
- abgesehen vom Nicht-Funktionieren von Schachtmagnetschaltern - keine Übertreiben durch Defekte im Sicherheitskreis bekannt.

Von [REDACTED] (4.47) wird darauf hingewiesen, daß insbesondere in der TAS Anforderungen an Sicherheitskreise nach der "Fail safe" Philosophie gestellt werden.

Als spezielles Problem ist die Frage anzusehen, wie bei Vorprüfungen die sicherheitliche Auslegung von Sicherheitskreisen festgestellt werden kann. Dies gilt insbesondere für verbindungsprogrammierte und speicherprogrammierte Steuerungen (4.47, 4.143).

6.4.4 Vorgang Seilrutsch

6.4.4.1 Beschreibung des Ereignisses

Bei Treibscheibenförderanlagen besteht zwischen dem Seil und dem Treibscheibenfutter nur eine durch Haftreibung erzeugte kraftschlüssige Verbindung.

Vereinfacht kann das Seilreibungsgesetz nach Eytelwein angenommen werden. Demnach tritt kein Seilrutsch ein, wenn gilt

$$\frac{S_1}{S_2} \leq e^{\mu \alpha}$$

Dabei sind S_1 und S_2 die am Seil angreifenden Kräfte. Der Umschlingungswinkel α ist i. a. wenig beeinflussbar. Als kritischer Punkt ist der Haftreibungskoeffizient μ anzusprechen.

Die Seilkräfte können konstruktionstechnisch ausreichend genau ermittelt werden. Ein Seilrutsch durch Veränderung des Verhältnisses der Seilkräfte setzt daher eine Betriebsstörung voraus und ist als exogen anzusehen.

Dagegen ist der Reibungskoeffizient μ zwischen Seil und Futter einer genauen Festlegung bei den auftretenden Betriebszuständen schwer zugänglich (Anlage 13). Das Auftreten von Seilrutsch durch unvorhergesehene Auswirkungen einer falschen Bestimmung der Reibungsverhältnisse ist insofern als endogener Vorgang zu bezeichnen.

Die Folgen eines Seilrutsches sind sehr unterschiedlich zu bewerten.

Zum einen ist die Situation von der jeweils geförderten Überlast abhängig. Eine aufwärts gehende Überlast wirkt selbst verzögernd.

Zum weiten wird die Gleitreibung des Seiles auf der Treibscheibe die Tendenz haben, überschüssigen Schmierstoff selbsttätig abzutragen bzw. das Seil in das Treibscheibenfutter einzuarbeiten.

Daher bestehen innerhalb des Systems Gründe, die neben der auftretenden Gleitreibung seilrutschhemmend wirken.

Demgegenüber ist durch die Reibwirkung während des Seilrutsches eine Temperaturerhöhung zu erwarten. Demzufolge wird der Reibbeiwert noch weiter absinken.

Neben dem Übertreiben liegt die zweite Gefahrenwirkung des Seilrutsches in der Funktionsbehinderung der Fahrtregelung. Der Fahrtregler befindet sich in Unkenntnis der tatsächlichen Position des Fördermittels. In diesem Fall gilt das unter 6.4.3.3 Gesagte.

6.4.4.2 Beurteilung der Eintrittshäufigkeit

Beim Vorfall Seilrutsch ist mit einer sehr hohen Zahl von nicht erfaßten Störfällen zu rechnen, bei denen ein aufgetretener Seilrutsch nicht zum Übertreiben führt und daher nur eine Korrektur der Fahrtreglerpositionierung erforderlich macht (vgl. 6.4.3.3.1).

Insgesamt sind aus dem Datenmaterial 15 Fälle bekannt, bei denen es durch Seilrutsch zum Übertreiben gekommen ist. Ein Fördermittelabsturz ist durch Seilrutsch nicht bewirkt worden.

Seit 1960 sind nur 5 Fälle veröffentlicht worden. Dabei handelt es sich dreimal um ein neuaufgelegtes Seil in Verbindung mit weiteren Ursachen (extreme Erwärmung, Überlast, verschmutzte Treibscheibe).

In zwei Fällen, bei denen es zum Übertreiben kam, ist jedoch eine ungenügende Beherrschung der Seilfutter/Schwerstoffkombination nicht auszuschließen.

Interessant ist ein Vorfall an einem Tagesschacht aus dem Jahr 1968, bei dem durch den Ablauf des Förderseils auf der Treibscheibe überschüssiger Schmierstoff sich verstärkt auf den Seilstrecken im Verzögerungsbereich sammelt und hier zu einer überhöhten Schwerstoffkonzentration führt.

Die 10 Vorfälle vor 1960 sind auf drei Ursachengruppen zurückzuführen:

- Mangelhafte Seil-/Treibscheibenfutterkombination 2
- Einlegen eines neuen Futters 1
- zu starke Schmierung 7

Hervorzuheben ist ein Vorfall aus dem Jahr 1955, bei dem der Seilrutsch zu einer stark beschleunigten Rutschbewegung führt.

Darüber hinaus sind 14 Fälle von Seilrutsch gemeldet worden, die nicht zum Übertreiben geführt haben, deren Ursachenstruktur aber interessant ist, um sie hier näher zu beleuchten.

Neben dem bereits genannten Auftreten von endogenen Ursachen sind hier exogene Gründe vertreten; im wesentlichen

- Überlast
- Bremsverhalten

Auf diese Ursachen wird in 6.4.2.2 und 6.4.3.2.1 näher eingegangen.

Bemerkenswert ist ein Vorfall von Seilrutsch in Verbindung mit einem speziellen Treibscheibenfutter. Dieses entflammte unter den gegebenen Seilrutschbedingungen. Während nach DIN 21258 ein Flammpunkt von mehr als 55 °C vorgeschrieben ist, kann dieser Vorfall ein Indiz für bei Seilrutsch auftretende Temperaturen sein.

6.4.4.3 Beurteilung der Vermeidbarkeit

Aufgrund der nicht vollständig befriedigenden Beherrschung der Reibverhältnisse zwischen Seil und Treibscheibenfutter ist dem Seilrutsch als denkbarem Störfall große Aufmerksamkeit zu widmen.

Bei unglücklicher Konstellation für den Einhängetrieb kann der Seilrutsch beschleunigt erfolgen, insbesondere wenn es durch die Erhitzung des Seilfutters zur Reduzierung des Gleitreibungskoeffizienten kommt.

Die Seilrutschsicherheit sollte daher entsprechend großzügig ausgelegt werden.

Wichtigste Maßnahme zur Kontrolle der Seilrutschsicherheit sind die regelmäßigen Fahr- und Sicherheitsbremsprüfungen durch Sachverständige. Den Aufsichtspersonen muß der Grad der Sicherheit gegen Seilrutsch bekannt sein.

In kritischen Fällen (Wetterlage, Förderbedingungen) sind vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen:

- Erhöhung des Reibwertes durch Pudern d. Seils (Florideal)
- Beseitigung von überflüssigen Schmierstoffen
- Änderung der Belastung
- Rücknahme der Anfahrbeschleunigungen und Verminderung der Bremswirkung durch einen Sachverständigen, insbesondere die der Sicherheitsbremse.

6.5 Fördermittelabsturz und Fördergeschehen

Die bisherigen Betrachtungen zur Sicherheit der Schachtfördertechnik unterstellen den Fördermittelabsturz als absolutes Ereignis, das in seiner Vermeidbarkeit auf der Grundlage der technischen und sicherheitlichen Zusammenhänge zu behandeln ist. Dabei geht der Blick für das Fördergeschehen insgesamt verloren. Die ermittelten

Fördermittelabstürze sollen daher in diesem Kapitel in Relation zur Anzahl der Schachtförderanlagen gestellt werden.

6.5.1 Abgrenzung

Die folgenden Ausführungen bieten Ansätze, Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeitskennziffern über die Sicherheit von Schachtförderanlagen zu bilden, bei denen im Zähler die Anzahl der Störfälle und im Nenner eine Meßgröße für das Fördergeschehen steht. Von derartigen Kennziffern sollte ohne Kenntnis des Datenmaterials und seiner Unzulänglichkeit (vgl. Kap. 2.2.4) kein weiterer Gebrauch gemacht werden, sondern die ermittelten Werte sollen Schätzgrößen sein, um das Störfallgeschehen in seiner Bedeutung für die Bergbaupraxis verstehen zu können.

Die Untersuchungen sind beschränkt auf Tagesschächte. Dies hat mehrere Gründe. Da im folgenden die Übertragbarkeit auf die Tagesschächte von Endlagerbergwerken angestrebt wird, sind die Betrachtungen von Blindschächten nur eingeschränkt relevant:

Blindschachtanlagen werden in der Regel mit Haspelförderungen ausgerüstet, deren maximale Fördergeschwindigkeit 4 m/s beträgt. Aus diesem Grunde und in Anbetracht der geringeren Teufe müßte die Beanspruchung der Blindschachtanlagen sehr viel schonender sein. Tatsächlich ist aber das Störfallgeschehen in Blindschächten intensiver. Der Ausbildungsstand der Haspelfahrer ist erheblich geringer. Blindschächte haben in der Regel keinen kontinuierlichen Förderbetrieb, d.h. sie werden meist nur kurzzeitig für einzelne Bauhöhen in Anspruch

genommen und dienen ansonsten nur vereinzelt der Fahrung und dem Materialtransport. Damit ist die Aufmerksamkeit und der Wartungsaufwand in Blindschächten im allgemeinen geringer als im Vergleich zu Tagesschächten, die für Bergwerke die Hauptschlagader bilden.

Hinzu kommt, daß die Blindschachtförderungen sehr erschwertten Bedingungen durch gebirgsmechanische und umweltmäßige Einflüsse ausgesetzt sind.

Die im folgenden genannten Zahlen sind bezogen auf den Betrachtungsgegenstand, d.h. die Schachtförderanlagen der in Kap. 2.2.4 genannten Bergamtsbezirke seit dem Jahr 1945, soweit entsprechende Berichte verfügbar waren. Als wesentliche Einschränkung ergibt sich, daß der Bezirk Niedersachsen erst ab 1962 und der Bezirk Bonn erst ab 1952 erfaßt werden konnten. Über die Anzahl der Fördermittelabstürze, die nicht in den erfaßten Berichten erwähnt werden, können keine Aussagen gemacht werden. Sie wird jedoch als sehr gering eingeschätzt.

Der Zeitraum bis 1951 ist nicht in die Betrachtungen einbezogen, da hier in starkem Maße Einflüsse der Nachkriegszeit gewirkt haben.

6.5.2 Bezugsgrößen

Eine Bezugsgröße für die Anzahl der Fördermittelabstürze muß ein Maß sein, das die Vergleichbarkeit von Angaben für unterschiedliche Beanspruchungen von unterschiedlicher Anlagenelementen (Bauart) an unterschiedlichen Förderanlagen gewährleistet. Im Bergbau der Bundesrepublik Deutschland wird insbesondere für Förderseile bereits seit mehreren Jahrzehnten mit entsprechenden Bezugsgrößen

gearbeitet. Auf ihre Anwendung soll in dieser Untersuchung verzichtet werden, da sie teilweise zu nicht anschaulichen Resultaten führen, erheblichen Rechenaufwand erfordern oder nur bedingt aussagefähig sind.

Da die Schachtförderung ein diskontinuierlicher Vorgang ist, dessen Einzelmerkmal das Treiben oder sog. Förderzug ist, können rein zeitbezogene Merkmale nicht befriedigen, sondern es muß die Förderdichte einer Schachtanlage, ausgedrückt in Förderzügen pro Jahr mit berücksichtigt werden. Erst hierdurch ist es möglich, das Störfallgeschehen zu relativieren in bezug auf den Grundvorgang, der zur Beanspruchung führt: das einzelne Treiben mit den Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen bei gleichzeitig dynamischem Lastwechsel.

Die durchschnittliche Anzahl der Förderzüge je Schachtanlage und Jahr konnte auf der Grundlage der bei der Seilprüfstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum geführten Zählblätter für abgelegte Förderseile (Seilstatistik) ermittelt werden.

Aus Gründen der Anschaulichkeit wurde ferner die Anzahl der im Untersuchungszeitraum in Betrieb befindlichen Schachtfördereinrichtungen herangezogen. Hierbei ergibt sich die Problematik, daß die betrachtete Grundgesamtheit deckungsgleich mit der hierin resultierenden Anzahl der Fördermittelabstürze sein muß. Aus der Verfügbarkeit des Datenermaterials resultieren zwei Grundgesamtheiten:

- die Anzahl der Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt
- die Anzahl der in der Seilstatistik der WBK erfaßten Schachtförderanlagen, bei denen es sich um Hauptseilfahrtanlagen mit Treibscheibenförderung handelt.

Die Anzahl der Förderanlagen in Tagesschächten resultiert aus den Berichten der Oberbergämter im jeweiligen Zeitraum. Sie umfaßt damit alle Förderanlagen in Tagesschächten, d.h. ohne Beachtung der Bauart (Trommel, Treibscheibe, Bobine) oder Betriebsart (Seilfahrtanlage oder Güterförderanlage).

Diese Zählweise ermöglicht einen größeren Umfang an einbezogenen Förderanlagen. Es ist jedoch zu vermuten, daß Störfälle relativ häufiger an weniger intensiv betriebenen Nebenanlagen bzw. kleinen oder mittleren Seilfahrtanlagen auftreten als vergleichsweise an Hauptseilfahrtanlagen.

Es werden daher in einem weiteren Schritt die in der Seilstatistik der WBK erfaßten Anlagen in bezug zu den an ihnen aufgetretenen Fördermittelabstürzen gesetzt. Entsprechend verringert sich die Anzahl der einbezogenen Fördermittelabstürze im Vergleich zu der Anzahl der Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt.

Einschränkend ist festzustellen, daß die Seilstatistik nicht vollständig ist. Dies ist erkennbar aus der zahlenmäßigen Differenz zu den Berichten der Oberbergämter. In der Statistik sind exemplarisch Hauptseilfahrtanlagen erfaßt mit dem Ziel, die mit Seilen erbrachte Förderarbeit zu beobachten und für Vergleichszwecke zu quantifizieren. Die Untersuchung wird beschränkt auf Treibscheibenförderanlagen, um eine möglichst große Vergleichbarkeit zu erzielen.

Für beide Grundgesamtheiten wurde eine Differenzierung in Dekaden vorgenommen, um die zeitliche Entwicklung des Fördergeschehens zu erfassen, in der die technische

und sicherheitliche Weiterentwicklung ihren Ausdruck findet.

6.5.3 Fördermittelabstürze an Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt

Die Entwicklung der Anzahl der Schachtförderungen und ihrer Förderdichte zeigt Tab. 8

Zeitraum	Bundesland	Mittlere Anzahl der Schachtförderungen in Tagesschächten	Mittlere Anzahl der Treiben je Tag und Förderung ³⁾
1951-1960	NRW	609	222
	Saarland	65	222 ²⁾
	Hessen	32 ⁴⁾	281
	Niedersachsen ¹⁾	--	--
1961-1970	NRW	583	221
	Saarland	66	221 ²⁾
	Hessen	32	274
	Niedersachsen	78	250
1971-1980	NRW	345	238
	Saarland	54	238 ²⁾
	Hessen	15	398
	Niedersachsen	50	270

1) kein Datenmaterial
 2) Wert von NRW übernommen
 3) 365 Fördertage
 4) geschätzt

Tab. 8: Entwicklung der Anzahl der Schachtförderungen und der Förderdichte (Basis: Schachtfördereinrichtungen in Tagesschächten insgesamt)

Deutlich ist, daß die Anzahl der Tagesschächte im Untersuchungszeitraum deutlich zurückgegangen ist, während die Förderdichte sich nicht wesentlich im Mittel der Anlagen gesteigert hat.

Eine Ausnahme bildet der Bezirk Hessen, bei denen eine deutliche Konzentration auf wenige Großschachtförderungen unter Stilllegung von Kleinbergwerken zum Ausdruck kommt.

Die Fördermittelabstürze zeigt Tab. 9 in Relation zur Anzahl der Treiben insgesamt.

Zeitraum	Fördermittel- abstürze in Tagesschächten	Anzahl der Tagesschächte (Durchschnitt)	Anzahl der Treiben insgesamt
1951-1960	8 ¹⁾	706 ¹⁾	579 x 10 ⁶
1961-1970	9	759	626 x 10 ⁶
1971-1980	3	464	418 x 10 ⁶
1) ohne Niedersachsen			

Tab. 9: Fördermittelabstürze in Tagesschächten in Relation zur Anzahl der Treiben insgesamt (Basis: Schachtfördereinrichtungen in Tagesschächten insgesamt)

Hieraus ergäbe sich eine Relation in der Größenordnung von einem Absturz auf 10^8 Treiben an einer Schachtförderanlage. Da an dieser Stelle die zahlenmäßige Relation herausgestellt werden soll, erübrigt sich eine weitere Diskussion der Ursachen bei den einzelnen Störfällen.

6.5.4 Fördermittelabstürze an Hauptseilfahreranlagen mit Treibscheibenförderung

Um den Einfluß der kleinen bzw. Nebenförderanlagen zu eliminieren, wurde als weiterer Schritt die in der Seilstatistik der WBK erfaßten Hauptseilfahreranlagen als Bezugsgröße gewählt. Hierbei fallen die Schachtanlagen des Saarlandes aus der Betrachtung. Die Ergebnisse zeigen Tab. 10 und 11.

Zeitraum	Bundesland	Mittlere Anzahl der Schachtförderungen in Tagesschächten	Mittlere Anzahl der Treiben je Tag und Förderung 1)
1951-1960	NRW	434	222
	Hessen	9	281
	Niedersachsen	47	231
1961-1970	NRW	289	221
	Hessen	9	274
	Niedersachsen	34	250
1971-1980	NRW	111	238
	Hessen	6	398
	Niedersachsen	22	270

1) 365 Fördertage

Tab. 10: Entwicklung der Anzahl der Hauptseilfahreranlage mit Treibscheibenförderung und der Förderdichte (Basis: Seilstatistik)

Zeitraum	Fördermittel- abstürze in Tagesschächten	Anzahl der Tagesschächte (Durchschnitt)	Anzahl der Treiben insgesamt
1951.-1960	1 ¹⁾	443 ¹⁾	357 x 10 ⁶
1961.-1970	2	332	272 x 10 ⁶
1971.-1980	0	139	127 x 10 ⁶
1) ohne Niedersachsen			

Tab. 11: Fördermittelabstürze in Relation zur Anzahl der Hauptseilfahrtanlagen mit Treibscheibenförderung (Basis: Seilstatistik)

Die Anzahl der hierin zu berücksichtigenden Fördermittelabstürze ist derart gering, daß Zufälligkeiten in der Auswahl der Grundgesamtheit bzw. in den erfaßten Fördermittelabstürzen sehr stark Einfluß nehmen. Größenordnungsmäßig ergibt sich ein Absturz in Relation zu $3 \cdot 10^8$ Treiben. Die Anzahl der Hauptseilfahrtanlagen ist im Betrachtungszeitraum deutlich stärker zurückgegangen, als bei den Förderanlagen in Tagesschächten insgesamt.

7 Übertragung der Ergebnisse auf Einrichtungen ausgeführter Anlagen

7.1 Bewertungsgrundlagen

Die im Vorausgegangenen behandelten Untersuchungen sind angesichts der Komplexität der Materie im gegebenen Umfang zu empirisch begründeten, im wesentlichen qualitativen Wertungen der Zuverlässigkeit der einzelnen Bauteile von Schachtförderanlagen gekommen.

Daher sind auch bei der Übertragung dieser Ergebnisse nur qualitative Aussagen möglich.

Diese stützen sich allerdings auf die langjährigen und umfangreichen Erfahrungen in der Schachtförderung der Bundesrepublik Deutschland.

Ein Maß zur Beurteilung kann folglich nur darin gesehen werden, ob die geltenden Vorschriften als ausreichend angesehen werden, den Katastrophenfall einer Schachtförderanlage, also den Fördermittelabsturz zu verhindern.

Dabei ist generell zu unterstellen, daß der Faktor menschlichen Versagens durch geeignete Maßnahmen zu minimieren ist.

Insbesondere dürfte hierbei der angesichts der Bedeutung des Transportgutes einsichtig werdende sorgsame Umgang mit der Förderung eine Rolle spielen, zumal, wenn gleichzeitig der Einlagerungsvorgang nicht den ökonomischen Zwängen eines normalen Förderbetriebes unterworfen ist.

Wir können unserer Auffassung nach Störfälle in dem Maße ausschließen, wie keine menschliche Einflußnahme auf Vorgänge möglich ist und gleichzeitig durch geeignete Konstruktion redundante technische Systeme geschaffen werden.

Liegt eine dieser beiden Voraussetzungen nicht vor, so sehen wir Störfälle als nach menschlichem Ermessen vermeidbar an.

7.2 Förderanlage Schacht Asse II

7.2.1 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A

7.2.1.1 Fördermittelabsturz durch Seilriß

Es handelt sich um Treibscheiben-Flurfördermaschinen mit Gegengewicht und Einzelförderung. Verwendet wird ein verzinktes Rundseil mit 46,5 mm Durchmesser in Gleichschlag-Machart.

Die Ausführung des Seils entspricht den geltenden Anforderungen. Ein Seilriß ist nach menschlichem Ermessen vermeidbar.

Das verbleibende Restrisiko ist durch Umrüstung der Anlage auf Mehrseilförderung auszuschalten. Diese Umrüstung ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

7.2.1.2 Fördermittelabsturz durch Klemmkauschenversagen

Die Klemmkausche ist bauartlich zugelassen und entspricht den geltenden Anforderungen. Ein Versagen der Klemmkausche ist nach menschlichem Ermessen vermeidbar.

Das verbleibende Restrisiko ist durch Umrüstung der Anlage auf Mehrseilförderung auszuschalten. Diese Umrüstung ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

7.2.1.3 Fördermittelabsturz durch Versagen des Zwischengeschirrs (andere Teile)

Das Zwischengeschirr entspricht den geltenden technischen Anforderungen. Ein Versagen des Zwischengeschirrs ist nach menschlichem Ermessen vermeidbar.

Das verbleibende Restrisiko ist durch Umrüstung der Anlage auf Mehrseilförderung auszuschalten. Diese Umrüstung ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

7.2.1.4 Fördermittelabsturz durch Bruch des Fördermittels oder Gegengewichts

Das Fördermittel entspricht den gültigen Anforderungen.

Es besteht in den tragenden Teilen aus acht unabhängigen Hängesteben. Der Bruch des Fördermittels ist damit ohne Zusatzerfordernungen auszuschließen.

Das Gegengewicht entspricht den gültigen Anforderungen.

Der Bruch des Gegengewichtes ist damit ohne Zusatzerfordernungen auszuschließen.

7.2.1.5 Versagen von Seil- oder Treibscheibe

Ein Versagen von Seil- oder Treibscheibe, das zum Fördermittelabsturz führt, ist auszuschließen.

7.2.2 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B

7.2.2.1 Äußere Einwirkung

Der Fördermittelabsturz infolge thermischer Einwirkung

ist auszuschließen, da keinerlei brennbare Einbauten im Schacht vorhanden sind.

Der Fördermittelabsturz durch einen frei fallenden Gegenstand könnte während des Einhängvorgangs von der Rasenhängebank wie auch vom Anschlag der 490 m Sohle verursacht werden.

An der Rasenhängebank ist ein Schachttor installiert. Es ist zu prüfen, ob das Schachttor der mechanischen Beanspruchung bei Auffahrt des Gabelstaplers oder anderer Transportmittel gewachsen ist.

Die Torüberwachung an der Rasenhängebank ist mit der Fördermaschine bei vorstehendem Fördermittel verriegelt (Abfahrsperrung).

Bei nicht vorstehendem Fördermittel kann das Schachttor geöffnet werden. Es ertönt eine Warnhupe, die dem Fördermaschinenisten das Öffnen des Tores anzeigt.

Die Betriebserfahrung zeigt, daß sich praktisch keine Behinderungen des Treibens ergeben, weil auch keine Notwendigkeit zum Öffnen des Schachttores besteht. Das Öffnen setzt ein vorsätzliches Handeln voraus. Es erscheint daher nicht notwendig, das Schachttor an der Rasenhängebank mechanisch während des Treibens zu verriegeln.

Die Füllörter unter Tage, auf der 490 m- und der 750 m-Sohle sind durch Stahlblech- bzw. Stahlgittertore gesichert, die auf der 490 m-Sohle durch Elektro-Verstellgeräte und auf der 750 m-Sohle mechanisch geöffnet und geschlossen werden. Die dortigen Maßnahmen sind als aus-

reichend zu werten, um einen Absturz von den Anschlägen zu verhindern.

Als Sonderfall ist der Absturz von Gebinden vom Fördermittel zu betrachten. Nach Angaben der Schachtanlagen werden die im Fördermittel transportierten Gebinde durch Querstangen am Boden des Fördermittels gesichert.

Diese Form der Arretierung hat bisher zu keinen bedenklichen Betriebszuständen geführt. Es wäre darüber hinaus empfehlenswert, eine verriegelte Arretierung der Gebinde im Fördermittel vorzusehen, um auch stoßartige Einwirkungen auf das Fördermittel beherrschen zu können.

7.2.2.2 Übertreiben mit Seilriß durch Seilrutsch

Beim Einhängetrieb ist als Grenzfall das Einhängen der gesamten Nutzlast von 10 t mit 5 t aufgeschobenem Gegengewicht anzusehen.

Die Seilrutschgrenze liegt bei einer Verzögerung von $2,10 \text{ m/s}^2$ gemäß Anlage 14. Die Sicherheitsbremse ist auf $1,2 \text{ m/s}^2$ eingestellt. Daraus folgt, daß bei Sicherheitsbremsung genügend Seilrutsicherheit vorhanden ist. Demgegenüber liegt die Verzögerung an der unteren Grenze zulässiger Werte.

Den für die Anlage berechneten Zusammenhang zwischen zulässiger Grenzverzögerung und Reibwert zeigt Abb. 18.

Ein Seilrutsch mit Folge des Fördermittelabsturzes ist bedingt durch die eingehängte Überlast mit hoher Wahrscheinlichkeit vermeidbar.

Der Absturz des aufwärtsgehenden Gegengewichtes dürfte theoretisch ohne Einwirkungen auf das Fördergut im

Schachtsumpf sein.

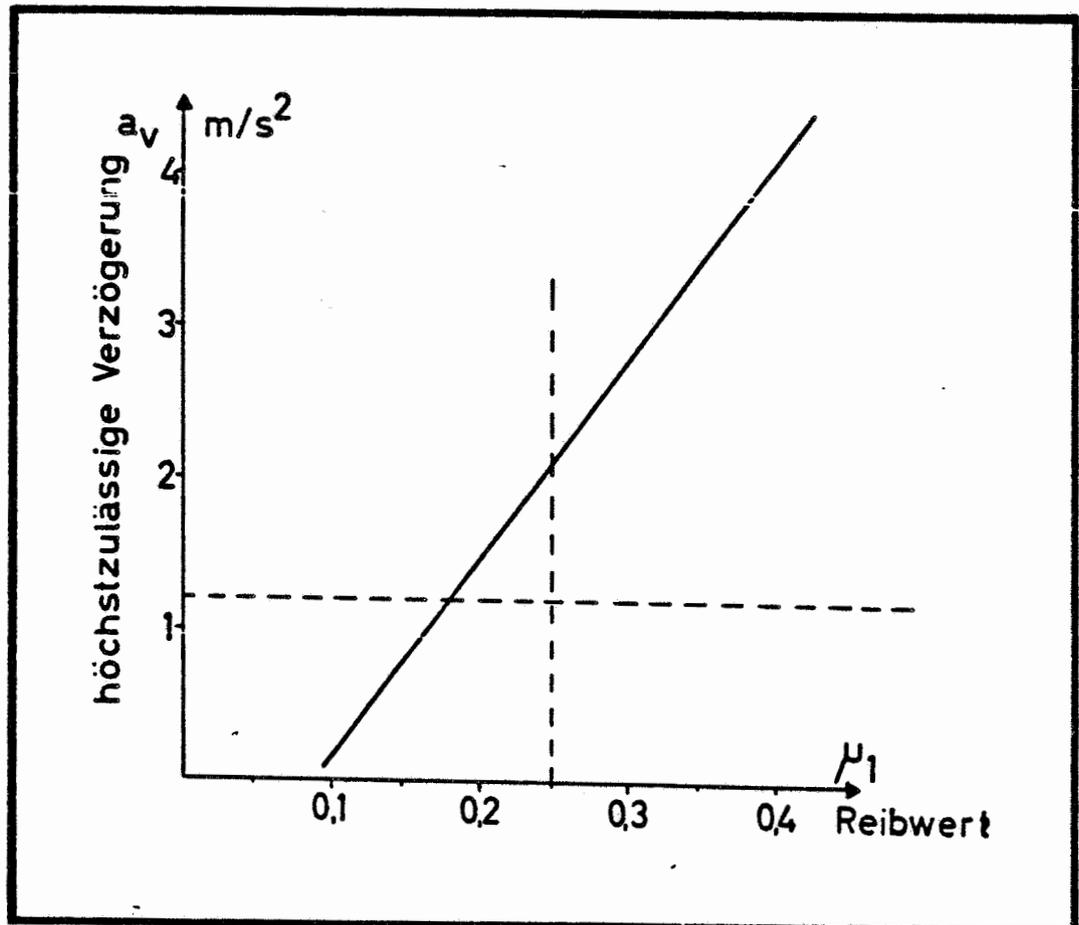


Abb. 18: Rechnerische Seilrutschsicherheit an der Förderanlage Schacht Asse 2

7.2.2.3 Übertreiben mit Seilriß durch fehlende Verzögerung

Der mechanische Fahrtregler ist durch eine weggerechte punktweise Verzögerungsüberwachung überwacht.

Schachtendschalter und Übertreibeschalter werden täglich überwacht.

Die Fördermaschine ist mit einer Schnellschlußbremse JM 505 der Fa. Siemens ausgerüstet.

Einseitige Backenbremsen dieser Bauart sind in einzelnen Teilen nicht redundant konstruiert. Die Vorschriften der TAS lassen dies auch ausdrücklich zu.

Das Versagen der Bremse tritt ein

- a) als Haltebremse beim Einhängvorgang am unteren Anschlag
- b) als Sicherheitsbremse nach Auslösung durch den Sicherheitskreis bzw. den Fördermaschinenisten.

In beiden Fällen kommt es zu einem gefährlichen Einfahren des Fördermittels in den Bereich der freien Teufe.

Ein Fördermittelabsturz mit dem Einlagerungsgut nach Seilloswerden ist demnach nicht denkbar.

Der kritische Fall resultiert folglich nur in der Situation, wenn bei an der Hängebank vorstehendem Fördermittel das mit 5 t beschwerte Gegengewicht noch die Überlast bewirkt, während das Fördermittel noch nicht vollständig beladen ist.

Kommt es dann zum Versagen der Haltebremse bei gleichzeitig fehlendem elektrischen Moment der Fördermaschine, würde der teilbeladene Korb in die freie Höhe gezogen werden.

Die hierbei auf der kurzen Beschleunigungsstrecke auftretenden Kräfte reichen erfahrungsgemäß nicht, um die Seilbruchlast zu überschreiten.

7.2.2.4 Übertreiben mit Seilriß durch Überlast

Der in 6.4.2 behandelte Vorgang "Beschleunigung trotz aufliegender Bremse" ist praktisch auf die durch eine Überlast verursachten Störfälle zu reduzieren. Die Förderanlage ist daher vor allem auf mögliche Bedienungsfehler beim Beladevorgang des Förderkorbes zu untersuchen.

Nach der bisherigen Praxis der Schachtanlage wurden Abfallgebände mit einem 10 t-Gabelstapler beladen. Der Gabelstapler ist mit einer elektronischen Wägeeinrichtung versehen. Nach Angabe der Schachtanlage arbeitet die Wägeeinrichtung ausreichend genau. Dies wird (wurde) während des Einlagerungsvorganges stichprobenartig durch Kontrollmessungen bestätigt. Als zusätzliche Sicherung ist die vorgeschriebene Gewichtsmarkierung der Abfallgebände zu werten. Eine das vorgeschriebene Maß überschreitende Beladung des Förderkorbes ist daher praktisch nicht vorgekommen.

Das Aufschieben einer Überlast kann bei Überschreitung der Seilrutschgrenze zum Übertreiben durch Seilrutsch führen. Dieser wird erst in der Verzögerungsphase am unteren Anschlag eintreten. Nach den in 6.4.4 beschriebenen Erfahrungen liegen die hierbei praktisch zu erwartenden Seilrutschgeschwindigkeiten in geringer Höhe.

Es kommt daher maximal zum Einfahren des mit Gebinden beladenen Fördermittels in den Schachtsumpf. Das aufwärtsgehende Gegengewicht würde dabei erfahrungsgemäß in der Spurlattenverdickung in der freien Höhe verkeilt.

Demzufolge ist ein Fördermittelabsturz durch Verlust der Aufhängung auszuschließen.

Eine außerbetriebliche Überlast kann ferner die Verzögerungswirkung der Fördermaschine und folglich der Sicherheitsbremse überschreiten. Die Folge wäre ebenfalls ein Einfahren in die freie Teufe, ohne die Aufhängung zu verlieren.

7.2.2.5 Versagen der Führungseinrichtung

Der Förderkorb und das Gegengewicht werden an Stahlspurlatten mit einer Rollenführung geführt.

Die Fördergeschwindigkeit beträgt nach Angabe der PTB 8 m/s für Seilfahrt und Güterförderung und wird durch den Fahrtregler begrenzt.

Die Berechnung der Spurlatten erfolgt gemäß den geltenden Richtlinien.

Da zu bewegende Gewichte und Fördergeschwindigkeiten im unteren Bereich ausgeführter Anlagen liegen, bestehen keine Bedenken, einen Fördermittelabsturz infolge Versagens der Führungseinrichtung auszuschließen.

Die Förderung der Abfallgebände erfolgt im Einziehewetterstrom. Da es sich um einen geteilten Schacht handelt, der durch eine Wetterscheidewand gleichzeitig Auszieh- und Einziehschacht ist, werden die einziehenden Wetter

durch die im Grubengebäude erwärmten ausziehenden Wetter aufgeheizt. Da der Schacht als sehr trocken zu bezeichnen ist, ist somit auch die Gefahr einer Eisbildung an den Spurlatten nicht gegeben.

4.2.2.6 Hindernis im Fahrtrum

Es ist durch Wartungsmaßnahmen zu gewährleisten, daß die Schachteinbauten standsicher installiert sind und nicht in das Fahrtrum hineinragen können.

Die Spurlattenunterbrechung am Anschlag auf der 470 m-Sohle ist durch die mechanische Verriegelung der Schwenkspurlatte und die Torüberwachung ausreichend gesichert.

7.3. Förderanlage Gorleben Schacht I

7.3.1 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I A

7.3.1.1 Fördermittelabsturz durch Seilriß

Es handelt sich um eine 8-Seil-Turmförderanlage ohne Seilscheiben. Die Fahrgeschwindigkeit der Güterförderung beträgt 12 m/s.

Unter Beachtung der geltenden technischen Randbedingungen ist ein Fördermittelabsturz durch gleichzeitiges Versagen aller acht Seile auszuschließen.

7.3.1.2 Fördermittelabsturz durch Klemmkauschenversagen

Die acht Förderseile sind über acht Zwischengeschirre direkt am Fördermittel angeschlagen.

Unter Berücksichtigung der geltenden technischen Randbedingungen ist ein Fördermittelabsturz durch gleichzeitiges Versagen aller acht Klemmkauschen auszuschließen.

7.3.1.3 Fördermittelabsturz durch Versagen des Zwischengeschirrs (andere Teile)

Unter Berücksichtigung der geltenden technischen Randbedingungen ist ein Fördermittelabsturz durch gleichzeitiges Versagen aller acht Klemmkauschen auszuschließen.

7.3.1.4 Fördermittelabsturz durch Bruch des Fördermittels oder Gegengewichts

Das Fördermittel besteht in seinen tragenden Teilen aus acht voneinander unabhängigen Hängestreben.

Der Bruch des Fördermittels ist damit ohne Zusatzanforderungen auszuschließen.

Gleiches gilt für den Bruch des Gegengewichtes.

7.3.1.5 Fördermittelabsturz durch Versagen der Treibscheibe

Ein Versagen der Treibscheibe, das zum Fördermittelabsturz führt, ist unter Beachtung der geltenden technischen Randbedingungen auszuschließen.

7.3.2 Fördermittelabsturz im Rahmen der Kategorie I B

7.3.2.1 Äußere Einwirkung

Der Fördermittelabsturz infolge thermischer Einwirkung durch einen Schachttorbrand ist auszuschließen, sofern im Schacht keine brennbaren Installationen für Einstriche, Konsolen und Wetterscheider vorgenommen sind.

Der Fördermittelabsturz durch einen frei fallenden Gegenstand könnte während des Einhängevorganges von der Rasenhängebank verursacht werden.

Unterlagen über die Gestaltung des Anschlagbereiches sowie der Aufschiebeeinrichtungen lagen nicht vor.

Es bleibt zu prüfen, ob die getroffenen Maßnahmen als ausreichend anzusehen sind.

Des weiteren ist die Sicherheit des Abfallgebundes gegen Verrutschen im Fördermittel zu beachten.

Nach den vorhandenen Unterlagen ist keine Arretierung des Plateauwagens im Fördermittel vorgesehen.

Der Plateauwagen ist auf dem Fördermittel zu arretieren.

Die vorgesehene Arretierungsanordnung kann mangels Unterlagen nicht beurteilt werden; es ist aber zu bezweifeln, daß sie sowohl eine einwandfreie Positionierung des Plateauwagens im Förderkorb, als auch eine Sicherheit bei unruhiger Förderung gewährleistet.

Die Arretierungsvorrichtung für die Gebinde auf dem Plateauwagen wird als dringend erforderlich angesehen.

Gemäß den vorhandenen Unterlagen erfolgt die Auslegung der Arretierungsnocken nur gegen Schub in Längsrichtung des Plateauwagens.

Das Eingreifen der Arretierung muß gewährleistet sein.

Da eine Spurlattenführung vorgesehen ist, sollte die Auslegung der Arretierung auch gegen Kippmomente vorgenommen werden, wie sie beim Überfahren nicht bündiger Spurlattenstöße auftreten können.

7.3.2.2 Übertreiben mit Seilriß durch Seilrutsch

Beim Einhängetrieb ist der Grenzfall das Einhängen der gesamten Nutzlast von 40 t mit Gegengewichtsausgleich von 46 t. Dabei beträgt die betriebsübliche Überlast 20 t.

Die Seilrutschgrenze liegt bei einer Verzögerung von $2,7 \text{ m/s}^2$ gemäß Anlage 15.

Den für die Anlage berechneten Zusammenhang zwischen zulässiger Grenzverzögerung und Reibbeiwert zeigt Abb. 19.

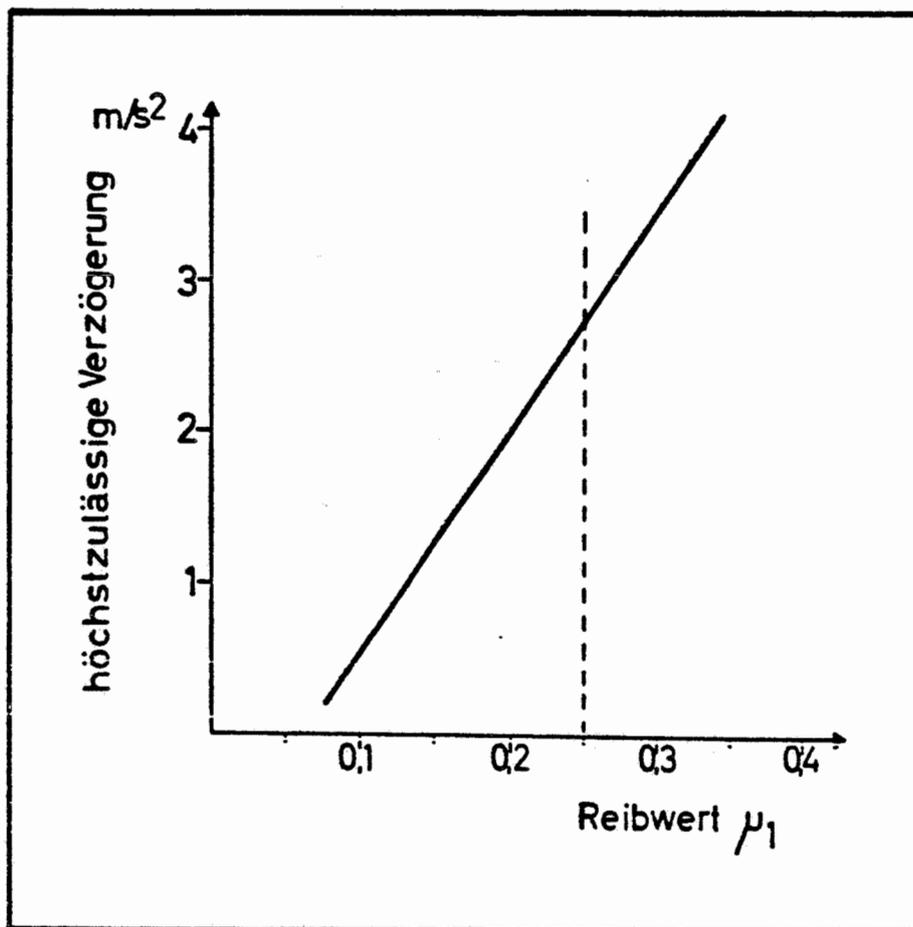


Abb. 19 : Rechnerische Seilrutschsicherheit an der Förderanlage schacht Gorleben.

Im Vergleich zu ausgeführten Anlagen (s. Tab. 2 in Anlage 13) bietet die Konstruktion somit vergleichsweise hohe Sicherheit gegen Seilrutsch.

Ein Übertreiben durch Seilrutsch ist damit bei Einhaltung der zulässigen Verzögerungswerte wahrscheinlich auszuschließen.

Der Absturz des aufwärtsgehenden Gegengewichtes dürfte ohne Einwirkungen auf das Fördergut im Schachtsumpf sein.

7.3.2.3 Übertreiben mit Seilriß durch fehlende Verzögerung

Bei Einhängetrieb mit abwärtsgehender Überlast besteht prinzipiell keine Gefahr, daß das mit Abfallgebinden beladene Fördermittel seillos wird. Es kommt im äußersten Fall zum Übertreiben bzw. zur Einfahrt in die verdickten Spurlatten in der freien Teufe.

Über Steuer- und Regeleinrichtungen der Fördermaschine liegen keine Angaben vor. Es ist zu unterstellen, daß die geltenden technischen Randbedingungen Beachtung finden.

Bei ordnungsgemäßem Funktionieren der Bremseinrichtung ist ein Übertreiben folglich mit hoher Wahrscheinlichkeit vermeidbar.

Die Förderanlage ist mit 7 Scheibenbremspaaren ausgerüstet, die auf einen Bremskranz wirken.

Daher ist selbst bei Versagen einzelner Bremsselemente die Haltekraft der Fahrbremse gewährleistet. Ein Übertreiben durch Versagen der Haltebremse ist folglich auszuschließen.

Es wurde begründet, daß die Regelung der Bremskraft für die Sicherheitsbremse als problematisch anzusehen ist.

Hieraus folgt, daß ein Übertreiben nach Auslösung der Sicherheitsbremse aus theoretischen Überlegungen - d.h. durch zu große Ansprechzeit bzw. zu geringe Bremskraft - denkbar ist.

Im Falle der eingehängten Überlast kann der Vorfall jedoch nicht zum Absturz des Fördermittels führen.

Für das unter die Prellträger gezogene Gegengewicht gelten die beschriebenen Sicherheitsmaßnahmen.

Der Absturz des Fördermittels durch fehlende oder zu geringe Verzögerung ist demnach im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen auszuschließen.

7.3.2.4 Übertreiben mit Seilriß durch außerbetriebliche Beschleunigung

Das Aufschieben einer Überlast, die das betriebsüblich vorgesehene Maß übersteigt, ist durch geeignete Wiegeeinrichtungen mit Sicherheit festzustellen.

Derartige Vorrichtungen sind in den vorhandenen Unterlagen nicht erkenntlich.

Die Überlast wird sich beim Einhängen erst in der Verzögerungsphase bemerkbar machen. Demzufolge ist ein Absturz des Fördermittels durch Verlust der Aufhängung auszuschließen (vgl. 7.2.2.3).

7.3.2.5 Versagen der Führungseinrichtung

Nach Auskunft der PTB ist eine Rollenführung des Fördermittels an Stahlspurlatten vorgesehen.

Dabei handelt es sich um eine zweiseitige, asymmetrische Anordnung der Spurlatten.

Konstruktionspläne haben nicht vorgelegen.

Die asymmetrische Anordnung bietet den Vorteil, daß an den Anschlägen keine Spurlattenunterbrechungen in Verbindung mit Eckführungen erforderlich sind.

Die Problematik des Übergangs in Eckführungen entfällt somit theoretisch, wenngleich in den vorliegenden Unterlagen Eckführungen vorgesehen sind.

Gleichzeitig verstärkt sich die Bedeutung der Arretierung des Plateauwagens im Fördermittel.

Die Be- und Entladung einer Nutzlast von 40 t bei bündiger Stellung des Fördermittels ist eine Neukonstruktion, für die bisher keine Erfahrungen vorliegen.

Die Dehnung bzw. Kontraktion der Seillänge wird i.a. durch Schwingbühnen am Anschlag ausgeglichen. Die momentan aufgeschobenen Gewichte liegen in der Regel jedoch bei weniger als 10 t.

Demzufolge muß die am Schacht Gorleben I die Be- und Entladung bei festgesetztem Fördermittel erfolgen.

Hierzu ist - soweit dies aus den eingereichten Unterlagen ersichtlich ist - ein Absetzboden vorgesehen, der zwischen einer Absetzklinke und einer Abhebesicherung auf beiden Seiten des Fördermittels arretiert wird.

Die Konstruktion gemäß Abb. 2.8.1/8 im Bereich VSB Endlager sowie die zugehörige Ablauferklärung machen folgende Einwände erforderlich.

- 1) (Zum Einfahren, Beschicken und Abfahren aus Füllortstellung:)

Die Position der einzelnen Absetzklinken im ausgefahrenen wie im eingefahrenen Zustand ist zu überwachen.

Nicht mögliche Zustände sind in den Sicherheitsstromkreis mit einzubeziehen.

Die automatische Arretierung des Plateauwagens im Fördermittel ist aus der Zeichnung nicht ersichtlich.

Sie ist gegebenenfalls geeignet zu überwachen.

- 2) (Zum Einfahren, Entladen und Abfahren von der Absetzposition u.T.):

Es kann nicht zulässig sein, die Absetzklinken vor Erreichen der Absetzgeschwindigkeit auszufahren. Für die Positionierung der einzelnen Absetzklinken gilt das oben Gesagte.

Es ist nicht erkenntlich, wie das Ausfahren der nutzlastabhängigen Seillängung meßtechnisch überwachbar ist.

Dementsprechend ist zu befürchten, daß

- a) überdem arretierten Fördermittel Hängeseil gefahren wird,
- b) die Konstruktion der Klemmkauschen bzw. des Zwischengeschirrs bei regelmäßiger Entlastung überansprucht wird,
- c) die Seillängung nicht vollständig ausgefahren wird. Demzufolge käme es nach Entriegelung der nicht näher spezifizierten Abhebesicherung zu einem vorzeitigen Zusammenziehen des Seilzuges.

Es sind generell sich selbsttätig überwachende Schalter vorzusehen.

Die o.a. Bedenken lassen es geraten erscheinen, die Konstruktion der Aufsetzvorrichtung zu überdenken.

7.3.2.6 Hindernis im Fahrtrum

Es ist durch Wartungsmaßnahmen zu gewährleisten, daß die Schachteinbauten standsicher installiert sind und keine Einbauteile in das Fahrtrum hineinragen können.

7.4 Förderanlage Konrad 2

7.4.1 Beurteilungsgrundlagen

Zur Beurteilung der Konzeption der Schachtförderanlage Konrad 2 hat das Papier der PTB zu Aufgaben-Nr. 2224.02 mit dem Titel "Erarbeiten von ausreichend aussagefähigen Planunterlagen für das Planfeststellungsverfahren der Schachtfördereinrichtung Konrad 2" (ohne Datum) vorgelegen.

7.4.2 Einschätzung und Randbedingungen

Für die Schachtförderanlage Konrad 2 ist der Aufgabenbeschreibung zufolge eine Mehrseil-Koepeförderung mit Gegengewicht vorgesehen. Die Nutzlast soll 25 t betragen. Die Führung von Fördermittel und Gegengewicht erfolgt an Spurlatten.

Da die Richtlinien der TAS für die Erstellung der Planunterlagen zugrunde gelegt werden, ist für die Einschätzung der Sicherheit der Anlage gegen Fördermittelabsturz im

Rahmen der Schadenkategorie I A das in Kapitel 7.3.1 Gesagte übertragbar.

Die Einschätzung der Sicherheit der Anlage gegen Fördermittelabstürze im Rahmen der Kategorie I B ist ohne Vorliegen näherer Unterlagen nicht vorbehaltlos möglich.

Es sind bei Einhaltung der Richtlinien der TAS die in Kap. 6 dargestellten Aussagen übertragbar.

Da ein Be- und Entladevorgang analog den Verhältnissen in Gorleben vorgesehen ist, sind die in 7.3.2.5 geäußerten Bedenken gleichermaßen anwendbar.

Die Bedeutung der Arretierung des Gebindes in bezug zum Fördermittel sei erneut betont.

8. Zusammenfassung

Zu Beginn der Arbeit werden das Bewußtsein und die Maßnahmen der Bergbautechnik für die Sicherheit der Schachtförderung herausgestellt. Im Gegensatz zum analytischen Denken und dem Bezug zu quantitativen Methoden in der allgemeinen Sicherheitstechnik in der Reaktortechnik bzw. im Flugzeugbau verfügt der Bergbau über große empirische Erfahrung in der Schachtfördertechnik, um die Gefahr der Benutzung von Schachtförderanlagen praktisch auszuschließen. Die Rolle und die Bedeutung der Bergbehörde in der Betriebsüberwachung wird dargestellt.

Die beiden folgenden Kapitel geben einen Abriß der Bauelemente von Schachtförderanlagen und ihrer Funktionsweise.

Der Kern der Arbeit besteht aus dem analytisch ermittelten Störfallmodell und der daraus abgeleiteten Untersuchung der Einzelvorfälle. Die Systematik der möglichen Schadenursachen wird in Kapitel 5 erläutert. Es ist zu unterscheiden zwischen Fördermittelabstürzen im Regelbetrieb (Schadenkategorie I A), bei denen im gewöhnlichen Betrieb eines der Aufhängungselemente versagt und zum Absturz des Fördermittels führt, und andererseits Fördermittelabstürzen im gestörten Betrieb, bei denen ein Gewaltbruch der Aufhängung durch einen (nicht mit der Aufhängung verbunden) Störfall stattfindet (Schadenkategorie I B).

Der verursachende Störfall und der bewirkte Fördermittelabsturz sind hierbei über eine Ereigniskette verbunden. Ein Schaden ist daher als Ereigniskette zu interpretieren.

Hieraus folgt, daß Schäden, die nicht zum Fördermittelabsturz geführt haben (Kategorie II und III), in bezug auf ihre Ursache potentiell einen Schaden der Kategorie I B ausmachen können.

Das Störfallgeschehen an Schachtförderanlagen wurde auf der Grundlage der seit 1946 in der Bundesrepublik Deutschland veröffentlichten Berichte der Bergbehörden ermittelt.

In der Schadenkategorie I A (Fördermittelabsturz im Regelbetrieb) stehen der Seilriß und das Klemmkauschenversagen im Vordergrund. Insgesamt ereigneten sich im Untersuchungszeitraum 21 Förderkorbabstürze. Zwei verbleibende Fälle nach 1960 sind für den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit nicht relevant. Bei den Fällen mit einem Versagen der Klemmkausche ist es achtmal zum Absturz des Fördermittels gekommen.

Der deutliche Rückgang der Fördermittelabstürze seit 1946, bzw. die Tatsache, daß es seit 1970 in der Kategorie I A zu keinem Absturz gekommen ist, weist auf die seither vollzogene Entwicklung der Technik und der Sicherheitsvorschriften und -vorkehrungen hin. Bei Wahrung der in TAS und BVOS existierenden Vorschriften ist bei Einseilanlagen die Wahrscheinlichkeit eines Fördermittelabsturzes durch Seilriß oder Klemmkauschenversagen sehr gering. Eine entsprechende Sorgfalt ist dabei auch auf die Kontrolle der Qualität der verwendeten Werkstoffe und Bauteile (einschließlich Regel- und Steuerorganen) zu verwenden.

Es bleibt bei Einseilanlagen ein geringes Restrisiko, da die Aufhängung des Fördermittels über einen einzigen metallischen Querschnitt erfolgt. Der Einsatz von Mehrseilförderungen, wie er für die neuen Schächte in Endlagerbergwerken auch vorgesehen ist, erlaubt, jedes Risiko in bezug auf ein Versagen der Aufhängung im Regelbetrieb auszuschließen.

Das Versagen anderer Teile des Zwischengeschirrs, von Teilen des Fördermittels selbst sowie Brüche von Treibscheiben oder Seilscheibenwellen hat nur vereinzelt in Fällen vor 1970 zu Förderkorbabstürzen geführt. Sie sind entweder in ihrem Hergang nicht relevant für den Untersuchungsgegenstand dieses Berichtes oder aufgrund der zwischenzeitlichen Weiterentwicklung von Werkstoffen, Prüfverfahren und Sicherheitsvorschriften für die Zukunft in Hauptschächten auszuschließen.

Die Fördermittelabstürze in der Schadenkategorie I B, die ursächlich nicht von der Aufhängung des Fördermittels verursacht worden sind, können in sechs Kategorien geordnet werden.

Sie wurden verursacht durch

- Überlast (außerbetrieblich) in 3 Fällen
- Versagen der Seilführung in 1 Fall
- Versagen der Spurlattenführung in 15 Fällen
- Äußere Einwirkung in 5 Fällen
- Hindernis im Fördertrum in 1 Fall
- Bremsversagen in 3 Fällen

Dazu sind bei allen Fördermittelabstürzen die Schadensereignisse zu rechnen, die nicht zum Absturz geführt haben, aber ähnliche oder gleiche Ursachen aufweisen.

Der Vorfall "Äußere Einwirkung" im Schacht berücksichtigt den Brandfall und den Absturz von Gegenständen im Schacht. Der Brandfall (2 Vorfälle) ist auszuschließen, da keine brennbaren Einbauten im Schacht vorhanden sein werden. Die Ursachen lagen u.a. in elektrischen Bränden. Eine weitere äußere Einwirkung ist der Absturz von Gegenständen im Schacht mit der Folge der Beschädigung der Aufhängung des Fördermittels. Es überwiegt hier der Absturz von Förderwagen in den Schacht, die an den Anschlägen unbeabsichtigt in den Schacht geschoben wurden. Dieses

vergleichsweise häufige Ereignis hat jedoch nur in drei Fällen zum Oberseilriß geführt, die alle vor 1958 liegen. Werden die Zugänge an den Schächten ausreichend gesichert, so ist dieser Störfall bei sorgfältiger Überwachung der Zugänge auszuschließen. In gleichem Maße ist die Arretierung des Fördergutes im Fördermittel wesentlich, um ein Verkanten gegen die Schachteinbauten oder ein Verklemmen des Fördermittels durch ein verrutschtes Fördergut ausschließen zu können. Bei insgesamt 33 Vorfällen dieser Art ist es nur in einem Fall zum Absturz des Fördermittels gekommen. Die Gefahr des sich verklemmenden Fördermittels liegt in der Hängeseilbildung mit anschließendem Fallen ins Hängeseil, das bereits nach wenigen Metern freier Fallhöhe zum Seilriß führt.

Das neben den Bremsen und der Aufhängung des Fördermittels bedeutsamste Bauteil ist die Fördermittelführung. Zu unterscheiden ist hierbei die flexible Seilführung, die in der Bundesrepublik Deutschland nur vereinzelt zu finden ist, und die starre Spurlattenführung. Die sicherheitliche Beurteilung beider Systeme läßt bei Abwägung der Vor- und Nachteile keine eindeutige Präferenz zu. Auf der Grundlage der größeren empirischen Erfahrung mit der Spurlattenführung werden diesem System unter hiesigen Bedingungen Vorteile eingeräumt.

Aus ihrer geringen Verbreitung ist zu erklären, daß über die Seilführung kein Datenmaterial vorliegt, das ausreichende Schlüsse erlaubt.

Dagegen hat die Spurlattenführung sehr häufig zu schweren Störfällen geführt. Von den insgesamt 70 Vorfällen mit einem Versagen der Führungselemente ist es in 16 zum

Absturz des Fördermittels gekommen. Der Anteil der Vorfälle mit Stahlspurlatten und Rollenführung ist nicht deutlich erkennbar. Es ist explizit kein Vorfall bekannt, bei dem ein Versagen in Verbindung mit Stahlspurlatten zum Fördermittelabsturz geführt hätte. Die Gründe für die hohe Zahl von Versagen der Führungseinrichtungen sind auf teilweise schlecht gewartete oder in schlechtem Zustand befindliche Holzspurlatten in Verbindung mit Abbaueinwirkung in Schächten zurückzuführen.

Ein weiterer wichtiger Bereich ist die Gestaltung der Führungseinrichtungen im Anschlagbereich. Bei der Spurlattenführung sind insbesondere der Übergang auf Eckführungen innerhalb der Toleranzen und die Gestaltung von Spurlattenunterbrechungen und ihre Überwachung zu beachten. An diesen Stellen sind insgesamt 10 Störfälle erfaßt worden, die jedoch zu keinem Fördermittelabsturz geführt haben.

Hindernisse im Fördertrum können sich durch aus ihrer Position geratene Schachtinstallationen oder durch Verkrustung der Führungseinrichtungen oder der Schachtstöße mit Eis oder Salz ergeben. Die Eisbildung, die zudem nur in Einziehschächten auftreten kann, und die Salzverkrustung können bei entsprechend sorgfältiger Wartung begrenzt werden.

Dagegen ist die Befestigung von Schachtinstallationen nur bedingt der Wartung zugänglich. Tatsächlich ist kein Fördermittelabsturz mit dieser Ursache bekannt, dagegen kann die Möglichkeit zu einem Vorfall nicht absolut ausgeschlossen werden. Seine Eintrittswahrscheinlichkeit ist allerdings als sehr gering einzustufen.

Letztlich sind alle jene Fördermittelabstürze zu betrachten, bei denen durch ein Übertreiben des Fördermittels die Bruchlast des Förderseils überschritten wurde. Die Gründe für ein Übertreiben können liegen im

- Versagen der Bremseinrichtung
- Auftreten von Seilrutsch
- Ausfall des Fahrtreglers oder der Fahrtreglerüberwachung
- Auftreten von Überlast

Die Wechselbeziehungen zwischen diesen Ursachen wird deutlich in der Studie herausgestellt.

Die Möglichkeit eines Übertreibens mit Folge eines Fördermittelabsturzes durch Defekt der Fahrtregelung wird in Anlehnung an die Aussage der WBK (Anhang 2) ausgeschlossen.

Durch Seilrutsch ist es in keinem Fall zu einem Fördermittelabsturz gekommen. Wenngleich aus der theoretischen Betrachtung der Zusammenhänge der Seilrutsch nur näherungsweise beschrieben werden kann, wird er in der Praxis doch weitestgehend beherrscht.

Bei den Bremseinrichtungen für Schachtfördermaschinen liegen für Scheibenbremsapparate keine praktischen Störfalluntersuchungen vor, da diese erst im letzten Jahrzehnt die Backenbremsen bei Neubau von Anlagen verdrängt haben.

Das Störfallmaterial ist daher auf Backenbremsanlagen begrenzt. Hierbei ist es in drei Fällen zum Übertreiben

des Fördermittels bis unter die Prellträger gekommen, das zum Fördermittelabsturz führte.

Das Auftreten einer Überlast, die das betriebsübliche Maß überschreitet, kann durch Unterseilriß oder das Beladen des Fördermittels mit zu großer Last bewirkt werden. Insgesamt sind nur 3 Fördermittelabstürze, die vor 1953 liegen, aus dem Datenmaterial ermittelt worden. Die Wahrscheinlichkeit eines Fördermittelabsturzes infolge einer Überlast ist als sehr gering zu bewerten. Dieses ist einerseits mit den mechanischen Abläufen beim Einlagerungsvorgang selbst zu begründen, zum zweiten sind durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen die Ursachen zu beherrschen.

Werden die allgemein ermittelten Erkenntnisse zur Beurteilung der zur Förderung von radioaktivem Material vorgesehenen Schächte der Schachtanlagen Asse, Gorleben und Konrad herangezogen, dann ergibt sich der Schluß, daß die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Fördermittelabsturzes als sehr gering einzustufen ist. Dabei ist eine Quantifizierung dieser Aussage nur eingeschränkt möglich.

Die bei den einzelnen Störfallmöglichkeiten erhaltenen Beurteilungen sind in Tab.12 zusammenfassend dargestellt. Als Grenzfall wird die Beurteilung gesehen, daß für die Förderung von radioaktiven Abfallgebinden in einem Schacht der Absturz des Fördermittels als denkbares Ereignis zu berücksichtigen ist.

Störfälle Kategorie	Bewertung der Schacht- förderanlage	Schachtförderanlage			
	Fördermittel- absturz durch	Asse 2	Gorleben Schacht 1	Konrad Schacht 1	
Verlust der Aufhängung Kategorie I A	Seilriß	C	A	A	
	Klemmkauschenversagen	C	A	A	
	Versagen des Zwischen- geschirrs	C	A	A	
	Bruch des Fördermittels	A	A	A	
	Versagen von Treib- bzw. Seilscheibe	A	A	A	
Verlust der Aufhängung Kategorie I B	Äußere <u>Schachtbrand</u>	A	A	A ²⁾	
	Einwirkung <u>Frei fallender Gegenstand</u>	B	B	B ²⁾	
	Übertreiben <u>keine Verzögerung</u>	A	A	A ²⁾	
	mit Seil- riß durch <u>Seilrutsch</u>	A	A	A ²⁾	
		<u>Beschleunigung</u>	A	A	A ²⁾
	Versagen der Führungseinrichtung	A	B ¹⁾	B ^{1) 2)}	
Hindernis im Fördertrum	C	C	C ²⁾		
<p>Wertung : A = Im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen ohne Zusatzanforderungen</p> <p>B = Im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen bei Beachtung zusätzlicher Maßnahmen auszuschließen</p> <p>C = Sehr geringe Eintrittsmöglichkeit</p> <p>D = Als möglicher Störfall zu berücksichtigen</p> <p>1) = In Bezug auf Festsetzvorrichtung am Anschlag</p> <p>2) = Unvollständige Planungsunterlagen, Übertragung der Verhältnisse von Gorleben</p>					

Tab. 12 : Zusammenfassende Bewertung von Schachtförderanlagen gegenüber einem Absturz des Fördermittels bei verschiedenen Schadensursachen

Die Wertungen sind im Einzelfall folgendermaßen zu interpretieren:

- Wertung A

Ein Störfall mit der Wertung A ist im Rahmen der geltenden technischen Randbedingungen ohne Zusatzanforderungen auszuschließen. Geltende technische Randbedingungen bedeuten, daß die Ausführungsvorschriften der Bergbehörde beachtet und die Überwachung und Untersuchung der Anlage nach dem Stand der Technik erfolgen.

- Wertung B

Das Eintreten eines Störfalls mit der Wertung B wird ausgeschlossen, wenn zusätzliche Maßnahmen über die geltenden Vorschriften hinaus getroffen werden.

- Wertung C

Ein Störfall mit der Wertung C ist aus theoretischer Sicht nicht vollständig auszuschließen, die Eintrittsmöglichkeit wird jedoch so gering beurteilt, daß der Störfall nicht konstruktiv zu berücksichtigen ist.

- Wertung D

Ein Störfall erhält die Wertung D, wenn sein Eintritt theoretisch und praktisch möglich ist und damit auf die konstruktive Auslegung der Anlage Einfluß hat.

Es kann demnach gefolgert werden, daß ein Fördermittelabsturz zumindest mit hoher Wahrscheinlichkeit vermeidbar ist.

Die kritischen Anlagenteile sind:

- Einseilförderanlagen
- die Sicherheit im Anschlagbereich
- die Arretierung des Fördergutes auf dem Fördermittel
- Aufsetzvorrichtungen
- Hindernisse im Fördertrum, die nicht mit der Förderanlage in direkter Verbindung stehen.

Anlage 1 : Fristen für Überprüfung, Prüfung und Untersuchung von Bauteilen an Schachtförderanlagen (Auszug aus BVOS)

§ 18

Regelmäßige Überprüfung der Seilfahrtanlagen

(1) An Seilfahrtanlagen sind arbeitstäglich zu überprüfen:

1. Führungseinrichtungen sowie Führungsschlitten und deren Überwachungseinrichtungen,
2. der Wasserstand im Sumpf, die Unterseilführung und ihre Verlagerung,
3. Schachttore, Schachtschleusen,
4. Schachtsperren und Schachtbeschickungseinrichtungen,
5. Feststellvorrichtungen,
6. Förderseile,
7. Fördermittel und Gegengewichte,
8. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten,
9. mechanische Signalanlagen und Schachthammerseile, mindestens auf ihre Funktionsfähigkeit,

10. Seil- und Ablenkscheiben mit Achsen und Lagern,
11. der mechanische Teil der Fördermaschinen oder Förderhäspel mit zugehörigem Brems- und anderen Sicherheitseinrichtungen,
12. elektrische Anlagen einschließlich elektrische Signalanlagen in Grubenbauen, die durch Grubengas gefährdet werden können,
13. Schachtklappen und Kippklappen bei Abteufanlagen.

Außerdem ist der freie Durchgang der Fördermittel und Gegengewichte arbeitstäglich festzustellen.

- (2) An Seilfahrtanlagen sind wöchentlich zu überprüfen:
1. die Gangbarkeit der Fangstützen,
 2. verdickte oder zusammengezogene Spurlatten,
 3. Seilkanäle in Blindschächten,
 4. Unterseile,
 5. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten,
 6. elektrische Anlagen einschließlich elektrische Signalanlagen übertage sowie in Grubenbauen, die nicht durch Grubengas gefährdet werden können.

- (3) Werden mit einer Anlage täglich nicht mehr als 30 Züge ausgeführt, so brauchen die Überprüfungen nach Absatz 1, ausgenommen Nr. 12, nur wöchentlich vorgenommen zu werden, wenn es der Zustand des Schachtes und der Seilfahranlage gestattet. Dem Bergamt ist im Einzelfall nachzuweisen, daß diese Voraussetzungen vorliegen.

§ 19

Regelmäßige Prüfung der Seilfahranlagen

- (1) An Seilfahranlagen sind wöchentlich zu prüfen:
1. Förderseile von Hauptseilfahranlagen,
 2. Förderseile von mittleren Seilfahranlagen, wenn mehr als 200 Züge oder mehr als 6 Stunden je Fördertag gefahren werden oder die Anlagen Abbaueinwirkungen oder anderen schädigenden Einflüssen, insbesondere korrosiven Wettern und Wässern, ausgesetzt sind,
 3. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen in Grubenbauen, die durch Grubengas gefährdet werden können,
- (2) An Seilfahranlagen sind zwölfmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 5 Wochen, zu prüfen:
1. Förderseile von mittleren Seilfahranlagen, sofern sie nicht wöchentlich zu prüfen sind, und von kleinen Seilfahranlagen,
 2. Unterseile,

3. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen übertage und die Grubenbauen, die nicht durch Grubengas gefährdet werden können,
 4. Endschalter und Einfahrüberwachungsschalter, sonstige Schachtschalter,
 5. Führungsseile, Spannwinden und Spannlager, Schachtwinden, Führungsschlitten und deren Überwachungseinrichtungen bei Abteufanlagen,
 6. Schachtklappen und Kippklappen bei Abteufanlagen.
- (3) An Seilfahrtanlagen sind sechsmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 10 Wochen, zu prüfen:
1. Zustand des Schachtes mit Ausbau und Einbauten,
 2. Führungseinrichtungen, außer Seilführungen bei Abteufanlagen,
 3. Schachttore,
 4. Schachtsperren und Schachtbeschickungseinrichtungen,
 5. Feststellvorrichtungen,
 6. Fördermittel und Gegengewichte mit ihren Anschlußteilen zum Zwischengeschirr oder zur Unterseilaufhängung,

7. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten,
8. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten,
9. mechanische Signalanlagen und Schachthammerseile,
10. Bremseinrichtungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln.

(4) An Seilfahreranlagen sind zweimal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 7 Monaten, zu prüfen:

1. Seilscheiben und Ablenkscheiben mit Achser und Lagern, sowie Stärke der Seilnutwanderungen und Form des Seilnutquerschnittes,
2. Verlagerungen von Seilscheiben, Ablenkscheiben, Fördermaschinen und Förderhäspeln bei Anlagen untertage,
3. der mechanische Teil von Fördermaschinen und Förderhäspeln untertage einschließlich ihrer Sicherheitseinrichtungen,
4. Förderseile im Bereich der Seileinbände nach dem Öffnen der Einbände, jedoch erstmals nach einjähriger Aufliegezeit,
5. Förderseile an den Klemmstellen von Klemmen, die nicht zum Seileinband gehören, nach Entfernen dieser Klemmen,

6. automatische Steuerungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln,

(5) An Seilfahranlagen sind einmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 13 Monaten, zu prüfen:

1. Fördergerüste, Abteufgerüste,

2. der mechanische Teil von Fördermaschinen und Förderhäspeln übertage einschließlich ihrer Sicherheitseinrichtungen,

3. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand.

(6) Werden bei Hauptseilfahranlagen täglich nicht mehr als 30 Züge ausgeführt, so brauche die Prüfungen der Förderseile nach Absatz 1 Nr. 1 nur zwölfmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 5 Wochen, vorgenommen zu werden, wenn es der Zustand des Schachtes und der Seilfahranlage gestattet. Dem Bergamt ist im Einzelfall nachzuweisen, daß diese Voraussetzungen zutreffen.

§ 20

Regelmäßige Untersuchung der Seilfahranlagen

(1) An Seilfahranlagen sind zweimal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 7 Monaten, zu untersuchen:

Fahrtregler oder gleichwertige Regeleinrichtungen.

(2) An Seilfahranlagen sind einmal jährlich, und zwar in Abständen von längstens 13 Monaten, zu untersuchen:

1. elektrische Anlagen einschließlich elektrischer Signalanlagen (Jahresrevision),
2. automatische Steuerungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln,
3. Bremseinrichtungen von Fördermaschinen und Förderhäspeln, außer Bremseinrichtungen von mit Druckluft betriebenen Förderhäspeln,
4. starre Führungseinrichtungen bei Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s und mehr als 300 Zügen je Fördertag.

(3) An Seilfahranlagen sind in Abständen von längstens 2 Jahren zu untersuchen:

1. Zwischengeschirre an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand,
2. Unterseilaufhängungen an Fördermitteln und Gegengewichten in ausgebautem Zustand,
3. Haupttragglieder von Fördermitteln, Gegengewichten, Förderkübeln und Behältern sowie die Anschlußteile zum Zwischengeschirr.

Auswertungsbogen	
Schachtanlage :	Reg. Nr.:
Schacht:	Quelle:
Förderung:	Betr.:
1. Anlagenbeschreibung	
Hauptseilfahrtanlage <input type="checkbox"/> mittlere Seilfahrtanlage <input type="checkbox"/> kleine Seilfahrtanlage <input type="checkbox"/> Förderanlage ohne Seilfahrt <input type="checkbox"/> keine Angabe <input type="checkbox"/>	
Tagesschacht <input type="checkbox"/> Blindschacht <input type="checkbox"/>	
Gefäßförderung <input type="checkbox"/> Gestellförderung <input type="checkbox"/>	
Selbstfahranlage <input type="checkbox"/> automatisch <input type="checkbox"/> manuell <input type="checkbox"/> keine Angabe <input type="checkbox"/>	
2. Betriebsart Seilfahrt <input type="checkbox"/> Förderung <input type="checkbox"/> Reparatur <input type="checkbox"/> Materialtransport <input type="checkbox"/> Wartung <input type="checkbox"/> Notfahrunng <input type="checkbox"/>	
3. Stellung des Fördermittels im Schacht	
Rasenhängebank <input type="checkbox"/> Anschlag <input type="checkbox"/> zwischen den Anschlägen <input type="checkbox"/>	
bewegt <input type="checkbox"/> nicht bewegt <input type="checkbox"/>	
4. Vorfall	
5. Ursache zurückführbar auf	
Bedienungsfehler <input type="checkbox"/> Wartungsfehler <input type="checkbox"/> Installationsfehler <input type="checkbox"/> Konstruktionsfehler <input type="checkbox"/> Materialfehler <input type="checkbox"/> externe Einflüsse <input type="checkbox"/>	
Wirkungskette	
6. Sicherheitseinrichtungen	
vorhanden <input type="checkbox"/>	nicht vorhanden <input type="checkbox"/>
angesprochen <input type="checkbox"/>	nicht angesprochen <input type="checkbox"/>
7. Gefährdungspotential V_{max} <input type="checkbox"/> V_B <input type="checkbox"/> V_{B+} <input type="checkbox"/> V_{B-} <input type="checkbox"/>	
8. Eintritt ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> %	
9. Relevanz ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
10. Vermeidung möglich <input type="checkbox"/> nicht möglich <input type="checkbox"/>	

Anlage 2 : Auswertungsbogen zur Störfallkartei

Anlage 3 :Ausfallmechanismen von Förderseilen nach Jehmlich
(4.82)

a) Rechnerisch erfaßbare Ausfallmechanismen im Bereich der
kritischen Seillänge

Ausfallmechanismus	Ausfallkriterium	
	Beobachtungswerte	Berechnungswerte
<u>Verschleiß</u> an der Außenseite der Drähte ohne er- kennbaren inneren Verschleiß	<u>Drahtquerschnitts-</u> <u>minderung</u>	<u>Sicherheitsfaktor</u> - im Seil
<u>Korrosion</u> an der Außenseite der Drähte ohne er- kennbare innere Korrosion		
<u>Drahtbruch</u> durch - Wechsel- beanspruchung - Gewalteinwir- kung - Litzenberührung - Korrosion an sichtbaren Drähten	<u>Drahtbruchzahl</u> in einer Außenlitze und/oder in allen Außenlitzen	<u>Restquerschnitt</u> - des Seiles - der meistge- schwächten Außenlitze
<u>Drahtlockerung</u> sichtbare Drähte <u>Schlaufenbildung</u> <u>Drahtbruch</u> durch - Wechselbean- spruchung an <u>nicht</u> sichtbaren inneren Drähten	Drahtbrüche sind mit gleicher Häufigkeit wie in den sichtbaren Drähten zu erwarten, wenn die Vergleichsspannung aus Zug-, Biege- und Druckspannung für die inneren Drähte größer ist als die Vergleichsspannung für die Außendrähte der Außenlitze des gebroche- nen Seiles.	
<u>Litzenlockerung</u> <u>Korbbildung</u>	Die Querschnitte der gelockerten oder im Korbbildungsbereich befindlichen Litzen sind beim Nachweis der vorhandenen Sicher- heit vom Seilquerschnitt abzuziehen.	

b) Rechnerisch nicht erfaßbare Ausfallmechanismen

Nr.	Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
1	<u>Innere Korrosion</u> - Drähte ohne Korrosionsschutzschicht (Verzinkung/Schmierung) - Pflege des Seiles mangelhaft - Einlage ohne Schmierstoff	Draht Litze Seil	- Drahtquerschnittsminderung - Drahtlockerung - Litzenlockerung - Seildurchmesser- veränderung
2	<u>Innerer Verschleiß</u> - Schmierung ungenügend - Pflege des Seiles mangelhaft - innere Korrosion	Draht Litze Seil Einlage	- Drahtquerschnittsminderung - Drahtlockerung - Litzenlockerung - Seildurchmesser- veränderung - Litzenberührung mit Kerben und Drahtbrüchen
3	<u>Lockerung der Drähte und/oder Litzen</u> - Behandlungsfehler - Herstellungsfehler - Herstellungsdrall - Innere Korrosion - Innerer Verschleiß - Drahtbrüche nach Nr. 4 - Belastungsfall	Litze Seil	- Drahtlockerungen - Längsverformung - Schlaglängenänderung - Seildurchmesser- ringerung - Zugbruch an sichtbaren Drähten nach innerer Schädigung

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
4 <u>Drahtbrüche in oder an Seiltriebelementen</u>	Litze Seil	<ul style="list-style-type: none"> - Drahtlockerungen - Längsverformung - Schlaglängenänderung - Seildurchmesser- verringering - Zugbruch an sichtbaren Drähten nach innerer Schädigung
5 <u>Beschädigung durch unsachgemäße Be- handlung</u>	Draht Litze Seil	<ul style="list-style-type: none"> - Drahtbrüche - Draht- und Litzen- lockerung - Draht-, Litzen- und Seilverformung mit unkontrollierbaren Spannungen in den Drähten
6.1 <u>Korkenzieher bei Litzenseilen</u>	Seil Einlage	<ul style="list-style-type: none"> - Litzenberührung - Berührung mit Seil- triebelementen - Verschleiß
<ul style="list-style-type: none"> - Einlage zu gering oder zu stark bemessen oder zerstört - Herstellungs- und/oder Be- handlungsfehler 		

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
---------------------------------------	----------------------	------------------

6.2 Wellenartige Ver-
formungen bei Litzen-
seilen mit Seileinlage,
Spirallitzenseilen und
Spiralseilen

- | | | |
|--|------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Herstellungs- und/
oder Behandlungs-
fehler - Lockerung der Außen-
litzen als beginnende
Korbbildung - Drahtbrüche im
Seilinneren - Seilzugkraft
ungleichmäßig über
Seilquerschnitt
eingeleitet | Seil | <ul style="list-style-type: none"> - Überlastung der
Stahleinlage, des
Seilkerns oder der
Kernlitze - Verschleiß - Drahtbrüche |
|--|------|---|

Korbbildung

bei Seilen mit Stahl-
einlage, mehreren
Litzeneinlagen, Spiral-
litzenseilen und
Spiralseilen

- | | | |
|---|------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Herstellungs-
und/oder Behand-
lungsfehler - Seilkonstruktion
und/oder Betriebs-
bedingungen
ungünstig | Seil | <ul style="list-style-type: none"> - Überlastung der
Stahleinlage, des
Seilkerns oder
der Kernlitze |
|---|------|--|

Nr. Ausfallmechanismus und Ursache	Wirkungs- bereich	Ausfallkriterium
8 <u>Knoten</u>		
- Einlage beschädigt bzw. Verschleiß	Seil Einlage	- Seildurchmesser- veränderung - Einschnürung nach 9.1
9.1 <u>Einschnürung</u>		
(Einziehen einer Litze bei Litzenseilen mit Fasereinlage in Ver- bindung mit Korken- zieher bzw. Knoten) - Einlage im Durch- messer verringert oder zerstört	Seil Einlage	- Spannungsverteilung in den Drähten und Litzen ungleichmäßig - Seildurchmesser- verringering
9.2 <u>Einschnürung</u>		
(bei Seilen mit Stahl- einlage, Spirallitzen- seilen und Spiralseilen) - Stahleinlage, Kern- litze oder Seilkern zerstört	Einlage Seil	- Überlastung der an der Lastaufnahme beteiligten Litzen - Seildurchmesser- verringering

Anlage 4 : Bestimmung der Ablegereife von Förderseilen

Obwohl Schachtförderseile dynamisch hochbeanspruchte Maschinenelemente sind, werden sie doch noch weitgehend nach statischen Gesichtspunkten bemessen (4.163).

Der wesentliche Bemessungsfaktor ist die statische Sicherheit, die durch das Verhältnis der rechnerischen Seilbruchkraft¹⁾ zur an der Seilscheibe vorhandenen statischen Höchstbelastung des Seiles gegeben ist.

Für Seilfahrt und Güterförderung sind die erforderlichen Mindestsicherheitszahlen abhängig von der Schachtteufe in der TAS festgelegt. Die vorgeschriebenen erforderlichen Sicherheitszahlen sind bei der regelmäßigen Seilfahrt $S \geq 9,5 - 0,001 L$ (TAS 6.9.1.).

Es ist theoretisch als falsch anzusehen, daß die erforderliche Sicherheit mit zunehmender Teufe geringer wird. Die Formel beinhaltet somit einen ökonomischen Kompromiß.

Das statische Material läßt erkennen, daß die gesetzlich festgelegte Mindestsicherheit bei der Ausführung von Förderanlagen kaum überschritten wird (4.163).

Förderseile müssen abgelegt werden, wenn "Anzeichen dafür festgestellt worden sind, daß die beim Auflegen vorhandene ermittelte Bruchkraft^{x)} der Seile um mehr als 15 v.H. vermindert ist" (BVOS § 17 Abs. 2).

x) Zur Definition S. TAS 6.2.9..

Die "ermittelte Bruchkraft" des Seils wird durch Einzel-
drahtprüfungen gemessen.

Die Überwachung des sicherheitlichen Zustands der Seile
ist nach BVOS vorgeschrieben. Vorgeschrieben ist die
tägliche Überprüfung des Förderseils durch fachkundige
Personen. Diese dient zur Überprüfung äußerlich erkenn-
barer Schäden und Mängel.

Das Prinzip der Sicherheitsmaßnahmen veranschaulicht
Abb. 1

Abb. 1 : Sicherheitsmaßnahmen gegen Seilriss nach TAS.

Art der Überwachung	Überprüfung durch sachkundige Person	Prüfung durch Aufsichtsperson	Untersuchung durch Sachverständigen
I. Visuelle Beobachtung des Seiles 1 x täglich	X wenn Schäden	X wenn außergewöhnliche Schäden	X
1 x wöchentlich		X Feststellung von Zahl und Lage der Drahtbrüche; wenn außergewöhnliche Schäden	X
II. Untersuchung idR. Magnetinduktor (Förderdichte > 300) 1 Jahr nach Auflegezeit; nächste Untersuchung hängt vom 1. Untersuchungsergebnis ab			X

Abweichend von diesen Maßnahmen werden an hochbeanspruchte Förderseile in Treibscheibenförderanlagen besondere Anforderungen gestellt (Verwaltungsanweisung zur BVOS und zu den TAS vom 12.11.1979). Diese werden erstellt in der Erkenntnis, daß die in der BVOS vorgeschriebenen Maßnahmen zur regelmäßigen Überwachung der Förderseile nicht immer ausreichen, um die nach dem Auftreten erster Mängel oft rasch fortschreitende Verschlechterung des Seilzustandes schnell und sicher genug zu erfassen.

Als Kriterien für hochbeanspruchte Anlagen wird eine Förderdichte von 500 Zügen je Fördertag oder eine Förderdichte von 400 Zügen je Fördertag festgelegt, wenn gleichzeitig anlagenspezifische Beanspruchungen als Zusatzkriterien festliegen (Abb. 2).

Von allen das Förderseil schwächenden Schädigungen läßt sich nur der Schwächungsanteil der bekannten Drahtbrüche einwandfrei errechnen. Nur bedingt kalkulierbar sind dagegen unbekannte Drahtbrüche, Verschleiß und Korrosion.

Zusätzliche Prüfungen bei hochbeanspruchten Förderanlagen. Auszug aus den Rundverfügungen des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen vom 12.11.1979; Geschäftszeichen 01.31.2-1-11

Kriterium	Art der Überwachung	Überprüfung durch sachkundige Person	Prüfung durch Aufsichtsperson	Untersuchung durch Sachverständigen
Nur Förderdichte ≥ 500	I. Messung der Seillänge 1 x täglich	→ X		
Förderdichte ≥ 400 bis < 500		wenn außergewöhnliche Längenänderung → X	wenn keine ausreichende Erklärung → X	
<u>Zusatzkriterien:</u>	II. Magnetinduktive Unter- suchung			→ X
Quasistatische Schwellspannung ≥ 16 kp/m ²	1 Monat nach Auflegezeit; nächste Untersuchung hängt vom 1. Untersuchungsergebnis ab			
Durchmesser Verhältnis D/d < 100	III. Untersuchung des Drall- verhaltens			→ X
Ablenkwinkel des Seils aus der Ebene der Treibscheibe > 1°30'	Probestück Strichversuch		→ X Mit Unterstützung des Sachverständigen	
Beschleunigung oder Verzögerung ≥ 1,2 m/s ²	IV. Untersuchung bei Schadens- fällen			→ X
Flächenpressung ≥ 200 N/cm ²	Nach Schäden oder Unregelmäßig- keiten muß die Begutachtung die gesamte Länge des Seiles um- fassen			→ X
Dynamische Zusatzbeanspruchung > 25% der statischen Bean- spruchung	V. Messung der Schlaglänge und des Seildurchmessers			→ X

Abb. 2 : Zusätzliche Prüfungen an Seilen von hoch- und höchstbeanspruchten Förderanlagen.

Bekannte Drahtbrüche sind zunächst alle Drahtbrüche, die an der Seiloberfläche sichtbar sind. Durch eine magnetinduktive Untersuchung des Förderseiles kann in den meisten Fällen auch der überwiegende Teil der inneren Drahtbrüche, die an der Seiloberfläche nicht sichtbar sind, erkannt werden.

Darüber hinaus können aber durch inneren Verschleiß Lockerungen entstehen, die die im Querschnitt der Litze fast noch harmlos aussehen, aber schon zu beachtlichen Schwächungen der Seilbruchkraft führen. Schon eine beginnende Lockerung schwächt das Förderseil mehr als Drahtbrüche.

Für die praktische Beurteilung der Ablegereife unterstellt man daher i.A., daß man die Schwächung durch verschleißbedingte Lockerungen doppelt so hoch einschätzt, wie die Schwächung durch Drahtbrüche.

Das bedeutet, daß die Drahtbrüche, einschließlich der inneren, durch magnetinduktive Untersuchungen festgestellten, höchstens ein Drittel der zulässigen Seilschwächung von 15 %, also 5 % ausschöpfen sollten.

(Hochbeanspruchte) Förderseile dürfen also nicht mehr benutzt werden, wenn sich an irgendeiner Stelle die Drahtbrüche so konzentrieren, daß auf einer Seillänge gleich dem 50-fachen Seildurchmesser 5 % des metallischen Querschnitts durch Bruch ausgefallen sind.

Die Korrosion ist als zusätzlicher Einfluß nur schwer kalkulierbar. Im allgemeinen wird man innen korrodierte Förderseile ablegen, auch wenn Drahtbrüche nicht vorhanden sind.

Das wichtigste Meßverfahren zur Feststellung des Seilzustandes im Seilinneren ist das magnetinduktive Seilprüfgerät.

Das Meßprinzip und die entwickelten Geräte werden ausführlich in (4.87, 4.11) beschrieben.

Das Erkennen und das Analysieren von Seilschäden aus den magnetinduktiven Prüfdiagrammen bedarf großer Erfahrungen und ist zum Teil auch für den Fachmann noch schwierig, da durch Überlagerungen Diagrammcharakteristiken der einzelnen Schadensarten wie Rost, Drahtbrüche, Verschleiß und Verformungen verloren gehen können (4.11).

Ferner ist zu beachten, daß die Eindringtiefe des magnetinduktiven Verfahrens bisher begrenzt ist. Im Normalfall werden die Schäden bei einem Seil von 50 mm Durchmesser noch gut erfaßt. Bei dickeren Seilen können ab 25 mm Eindringtiefe nur noch größere Schäden, wie Stahlseilriß oder Riß eines Teiles einer Litzenanlage, erkannt werden.

Trotz dieser Einschränkungen bezüglich einer quantitativen Schadensaussage ist die magnetinduktive Prüfmethode eine entscheidende Hilfe bei der Seilkontrolle und liefert besonders bezüglich der inneren Schäden wertvolle Hinweise.

Ein besonderer Vorteil der magnetinduktiven Prüfung ist, daß eine Verschmutzung der Seiloberfläche durch Staub, Fett und Farbe sowie nichtmagnetische Seilummantelungen etc. die Meßgenauigkeit nicht beeinflussen.

Anlage 5 : Sicherheitstechnische Anforderungen an Fördermittel und Gegengewichte

Haupttragglieder von Fördermitteln und Gegengewichten müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen (TAS 7.2.1.):

- Aufhängebleche und Anschlußbleche 10 fach

- Querträger und Längsträger in Kopfrahen, an denen Aufhänge- oder Anschlußbleche zum Zwischengeschirr befestigt sind, bis zur 4 fachen Kraftverzweigung 10 fach

- alle anderen Querträger und Längsträger in Kopfrahen sowie alle Querträger und Längsträger in Fußrahen 7 fach

- Hängestreben 7 fach

Fördermittel müssen mindestens 4 Hängestreben haben (TAS 7.3.3.).

Hängestreben von Gegengewichten sind am Kopf- und Fußrahen außen anzubringen (TAS 7.3.3.).

Spannungsüberlagerungen und dynamische Kräfte können in der Rechnung vernachlässigt werden (TAS 7.2.5.).

Bei der Untersuchung der Haupttragglieder von Fördermitteln und Gegengewichten und der Anschlußteile zum Zwischengeschirr sind die Hängestreben im Bereich der Tragrahen und die

Anschlußteile zum Zwischengeschirr erstmals 6 Jahre nach Inbetriebnahme durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf Anrisse zu untersuchen.

Anlage 6 : Sicherheitstechnische Anforderungen
an Zwischengeschirrtteile

Zwischengeschirrtteile müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen (TAS 7.2.2):

- Tragstangen von Wirbeln und Spannschlösser 15 fach
- Karabinerhaken in dem auf Zug und Biegung beanspruchten Hauptquerschnitt 12 fach
- andere Zwischengeschirrtteile 10 fach

Die Zwischengeschirrtteile gehören damit zu den Elementen von Schachtförderanlagen, die mit der höchsten statischen Sicherheit konstruiert werden müssen. Daraus folgt, daß die Teile des Zwischengeschirrs in der Schadenkategorie I B praktisch keine Rolle spielen, sondern daß das Seil zum "schwächsten Element" der Bauteile für die Aufhängung des Fördermittels wird.

Bei der Prüfung der Zwischengeschirre sind die einzelnen Teile auf Verschleiß, Korrosion, Formänderung und Anrisse zu prüfen.

Neue Teile - außer Seilklemmen und nicht selbstklemmende Kauschen - dürfen nur verwendet werden, wenn sie zuvor einer Probelastung mit dreifacher Nennlast standgehalten haben.

Die Probelastung kann entfallen, wenn zuvor durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung die Rißfreiheit der Teile nachgewiesen worden ist.

Bei der Untersuchung der Zwischengeschirre sind die auf Zug oder Biegung beanspruchten tragenden Teile, außer Bolzen, durch geeignete Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf Anrisse zu untersuchen.

Zwischengeschirrteile können mit Hilfe des Magnetpulververfahrens auf Risse untersucht werden. Man arbeitet nach dem Verfahren der Spulenmagnetisierung oder der Hilfsdurchflutung. Über Untersuchungen hat Arnold (4.05, 4.14) berichtet.

Aufgrund der Untersuchungen wurden die in der Tab. 1 aufgelisteten Empfehlungen ausgesprochen (4.14). Sie wurden mit nur geringen Abweichungen in die TAS übernommen.

Art der Sicherheitsbestimmungen	Ausführungsempfehlungen
1. Sicherheit des Zwischengeschirrs für Förderseile	mindestens 10fach, bei Lasthaken mindestens 12fach gegen Aufbiegen, bei Druckspindeln* 15fach
2. Probelastung des Zwischengeschirrs für Förderseile	3fache Nennlast
3. Sicherheit der Königstange	mindestens 15fach im Schaft, in der Bolzenbohrung mindestens 10fach
4. Kanten der Klemmbügel	abgerundet
5. Kennzeichnung tragender Teile	Förderseil-Zwischengeschirre: ja, zum Beispiel durch Aufkleben von nicht rostenden Stahlschildern oder Zahlen
6. Schweißnähte nur an unbelasteten Teilen	ja (Ausnahme: Ketten), jedoch ist Beanspruchung auf Druck zulässig
7. Ersatz-Zwischengeschirr	zwei
8. Keine Klemmkauschen und Keilklemmen bei aufgesetzten Körben	ja
9. Für Unterteil-Zwischengeschirre gelten die Bestimmungen gemäß Punkt 1, 4 und 6	ja
10. Überprüfen des Zwischengeschirrs für Förderseile	täglich
11. Überprüfen des Zwischengeschirrs für Unterseile	wöchentlich
12. Ausbauen und Prüfen des Zwischengeschirrs für Förderseile	halbjährlich
13. Prüfen des Zwischengeschirrs für Unterseile	sechswöchentlich
14. Untersuchen des Zwischengeschirrs für Förderseile in ausgebautem Zustand durch Sachverständige	jährlich nach dem Magnetpulververfahren
15. a) Betriebsdauer des Zwischengeschirrs für Förderseile b) Lebensdauer des Zwischengeschirrs für Förderseile	10 Betriebsjahre 20 Kalenderjahre

Tabelle 1: Sicherheitsempfehlungen für Zwischengeschirre nach (4.14)

Anlage 7 : Sicherheitstechnische Anforderungen an Seil-
träger und Seilscheiben

Seilträger mit Welle und Lager, Seilscheiben mit Ablenkscheiben bzw. deren Achsen, werden mit mindestens einfacher Sicherheit gegenüber der Resultierenden des Seilzuges bei Seilbruchkraft (Streckengrenze) ausgelegt.

Kommt es zu außerbetrieblichen Belastungen der Aufhängung des Fördermittels wird folglich zunächst das Seil zerreißen, wenn nicht Seilträger oder Seilscheiben bereits vorzeitig geschwächt sind (Dauerbruch, Anrisse etc.).

Da die Dimensionierung nicht auf Dauerfestigkeitskriterien ausgelegt ist, liegen keine Erkenntnisse über Seil- und Treibscheiben vor, sofern sie nicht auf betrieblichen Erfahrungen beruhen.

Lediglich bei den Treibscheiben wird für dynamische Beanspruchungen ein Anschlag von 10 % zu den statischen Belastungen berücksichtigt.

Seilscheiben, Treibscheiben und deren Achsen und Lager werden zweimal jährlich geprüft (BVOS § 19 (4)).

Theoretische Arbeiten zur Auslegung der Seilträger wurden von Popowicz vorgestellt, haben jedoch in der Praxis keinen Eingang gefunden (4.131, 4.132).

Anlage 8: Sicherheitsmaßnahmen an den Anschlägen

Der Absturz von Personen und Betriebsmitteln soll durch Sicherheitsmaßnahmen verhindert werden, die elektrisch zu überwachen sind.

Das wichtigste Mittel ist das Schachttor. Die Verbindung zwischen dem Niveau des Anschlags und dem Förderkorb wird durch eine Schwingbühne hergestellt, die den Seillängenausgleich bei den Fördermitteln bewirkt, die nicht durch Aufsetzvorrichtungen bündig zum Anschlag gestellt werden. Die Schwingbühne wird i.A. gegen das Moment eines Gegengewichtes durch Druckluft aufgelegt. Bei Ausbleiben der Druckluft geht sie in die Ruhelage zurück.

Als drittes Mittel ist für gleisgebundene Wagenförderung eine Schachtsperre vorgesehen, die prinzipiell den Zulauf der Wagen zum Schacht blockiert.

Die Wirkungsweise und die Überwachung dieser Sicherheitseinrichtungen sind in der TAS weitgehend vorgeschrieben.

Die Anschläge, d.h. Zugänge zu den Fördertrumen, müssen Tore haben, die verhindern, daß Personen unabsichtlich in die Fördertrume gelangen oder Streckenfördermittel eingeschoben werden können (TAS 2.5.1.2.1).

Für die Schachtbeschickungseinrichtungen sind Schachtsperren vorgeschrieben (TAS 2.5.4.1.1).

Die einzelnen Teile der Schachtbeschickungseinrichtung müssen untereinander und mit den Schachttoren so verriegelt

sein, daß sie zwangsläufig in der jeweils zulässigen Reihenfolge wirksam werden können (TAS 2.5.4.2.3).

Dabei darf der Aufschieber (in Aufschieberichtung) erst betätigt werden können, wenn Schachtsperren und Schachttore geöffnet sind (TAS 2.5.4.2.5).

Die Ruhestellung der Schachtsperren und Bühnen muß so überwacht werden, daß während des Treibens das Notsignal ertönt oder Nothalt ausgelöst wird, wenn die Überwachung anspricht. Zusätzlich muß das Lichtraumprofil der Fördermittel selbsttätig überwacht werden.

Die Bühne darf nur bei vorstehendem Fördermittel betätigt werden können. Schachttore dürfen erst geöffnet werden können, wenn das Fördermittel zentriert und die Bühne ausgefahren ist. Diese Einrichtungen dürfen erst dann in ihre Ausgangslage zurückgebracht werden können, wenn die Schachttore geschlossen sind (TAS 2.4.7.5.3).

Das Fördermittel darf nur verfahren werden können, wenn sich die Schwingbühne in ihrer Ausgangslage befindet.

Für Seilfahrt gilt, daß die Schachttore an die Auf- und Absteigeseiten aller Anschläge, von und zu den Seilfahrten stattfinden darf, derart überwacht werden, daß schon beim Öffnen eines Tores die geschlossene Fahrbremse nicht gelöst werden kann.

Wird bei Seilfahrt bei gelöster Fahrbremse ein überwachtes Schachttor geöffnet, muß das Notsignal ertönen.

Bei Einrichtungen für automatischen Betrieb gelten zusätzliche Anforderungen. Es müssen an allen Anschlägen überwachte Schachttore vorhanden sein. Jedes überwachte Schachttor muß mit zwei voneinander getrennten Schaltern ausgerüstet sein. Überwachte Schachttore und Schwingbühnen wirken direkt auf den Fahrbremskreis (TAS 5.5.6), während des Treibens, bzw. auf den Abfahrsperrkreis (TAS 5.5.7.2) beim Vorstehen am Anschlag.

Die Dimensionierung der Schachttore ist nicht näher spezifiziert.

Anlage 9: Sicherheitstechnische Anforderungen an die Seilführung

Die TAS sieht eine Reihe von Vorschriften für die Errichtung von Seilführungen vor.

Zur Führung von Fördermitteln und Gegengewichten an Seilen sind je Fördermittel und Gegengewicht in der Regel 4 Führungsseile vorzusehen.

Sind Reibseile (Abstandsseile) erforderlich, so müssen mindestens 2 Seile zwischen den Fördermitteln oder zwischen Fördermittel und Gegengewicht vorhanden sein.

An Anlagen mit Seilführung sind folgende Mindestabstände einzuhalten:

- 30 cm von einem Fördermittel oder Gegengewicht bis zur Schachtwand oder zu Schachteinbauten, außer im Bereich fester Führungen an den Enden des Fahrweges.
- 50 cm zwischen den Fördermitteln oder zwischen Fördermittel und Gegengewicht. Dieser Abstand kann bis auf 30 cm verringert werden, wenn Reibseile vorhanden sind.

Diese Abstände liegen nach den Untersuchungen von Eulenberger im international üblichen Rahmen. Eine Häufigkeitsanalyse zeigt folgendes Bild (4.52):

Der Abstand Fördermittel zu Fördermittel beträgt

mit Reibseilen	40,7 %	◀	500 mm
	20,3 %	➤	500 mm
ohne Reibseile	6,7 %	≡	500 mm
	8,5 %	≡	700 mm
	23,8 %	➤	700 mm

Die Mehrheit der ausgeführten Anlagen weist demzufolge Reibseile auf. Mit wenigen Ausnahmen wird erst ab einem Abstand von 700 mm auf Reibseile verzichtet.

Die häufigsten Abstandsweiten zwischen Fördermittel und Schachtwand bzw. Einbauten zeigt folgende Verteilung:

Abstand < 300 mm	11,5 %
300-400 mm	42,0 %
400-500 mm	11,5 %
500-700 mm	27,0 %
> 700 mm	8,0 %

Die Häufigkeit im Bereich 300-400 mm ist offensichtlich.

Die Seile müssen so gespannt sein, daß Fördermittel und Gegengewichte unter Berücksichtigung der Mindestabstände sicher geführt werden. Dazu soll die Spannkraft mindestens 10 KN je 100 m Führungsseillänge betragen. Wird die Spannkraft nicht durch Gewichte erzeugt, muß sie jederzeit meßbar sein (TAS 2.4.7.7.4).

Führungsseile und Reibseile von Anlagen mit Seilführung müssen eine mindestens 4,5 fache Sicherheit gegenüber dem Eigengewicht und der Spannkraft besitzen (TAS 6.9.7).

Die Nennfestigkeit der Drähte darf 1570 N/mm^2 nicht überschreiten, damit die Bruchneigung der Einzeldrähte verringert wird (4.53).

Die sehr pauschalen Vorschriften der TAS deuten darauf hin, daß einige grundlegende Fragen zur Dimensionierung von Seilführungen aus theoretischer Sicht nicht einwandfrei beantwortet sind.

In der Vergangenheit wurde, soweit dies bekannt ist, hinsichtlich der für die horizontalen Auslenkungen erforderlichen Abstände sich einander begegnender Fördermittel und der Fördermittel zum Schachtein- bzw. ausbau so verfahren, daß nach den Erfahrungen sich in Betrieb befindlicher Seilführungsanlagen unabhängig von irgendwelchen Einflußgrößen Mindestabstände vorgegeben werden, die an keiner Stelle unterschritten werden dürfen.

Damit bleiben eine Reihe von Einflüssen bezüglich ihrer Bedeutung für die Schwingungsfähigkeit des Systems in horizontaler Richtung ungeklärt:

- bewegte Massen in Verbindung mit Fördergeschwindigkeit und Teufe
- aerodynamische Vorgänge, insbesondere an der Begegnungsstelle des Fördermittels und des Gegengewichts
- aerodynamische Vorgänge an Wetterschleusen und Wetterkanälen
- Einfluß von Anzahl, Vorspannung und Machart der Seile
- Schwingungen durch Ablöseerscheinungen des Wetterstroms am Fördermittel
- erzwungene Schwingungen durch die Reibung der Führungsösen (4.40)
- Bedeutung des Dralls zu Förderseilen

Allgemein sollten einige wesentliche Überlegungen und Erkenntnisse aus der Literatur angeführt werden.

Die Widerstandskraft von Führungsseilen gegen Auslenkung ist sehr gering. Sie liegt nach übereinstimmenden theoretischen und praktischen Angaben (4.52, 4.18) in der Größenordnung von 6 N/cm.

Als kritische Stellen sind die Begegnung der Förderkörbe und der Ein- bzw. Austritt von Wetterkanälen anzusehen.

Als Hauptursache der Auslenkungen sind die aerodynamischen Verhältnisse anzusehen. Der Einfluß von Vertikalschwingungen durch das Fahrverhalten mit Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgängen ist nach Eulenberger (4.52) gering.

Insbesondere tritt an der Begegnungsstelle der Körbe durch Veränderung des Wetterquerschnitts eine Verringerung des statischen Druckes, insbesondere im Zwischenraum der sich begegnenden Fördermittel ein, so daß durch die relativ höheren statischen Drücke an der Schachtwandung eine Annäherung der Fördermittel und damit eine Auslenkung bewirkt wird.

Diese Auslenkung ist insbesondere von der Relation zwischen Fördergeschwindigkeit und Wettergeschwindigkeit abhängig.

Die horizontalen Auslenkungen in Richtung der Fördermittelachse (Aufschieberichtung) sind gering.

Die aerodynamischen Effekte sind in starkem Maße von der Formgebung des Fördermittels abhängig. Einfluß haben auch die Verkleidungen des Fördermittels.

Die Torsion des Führungssystems durch den Drall der Förderseile wird bei Mehrseilanlagen gut beherrscht.

Über das Verhalten der seilgeführten Fördermittel im Bereich von Wetterabzweigen liegen einige wenige Untersuchungen vor.

So haben Messungen von Slonina (4.150) Sogkräfte bis zu 30 KN beim Passieren des Wetterkanals ergeben. Andere Untersuchungen zu diesem Thema sind von Jehmlich (4.88) und Poppe (4.136) veröffentlicht worden.

Die TAS enthält daher weitergehende Richtlinien bezüglich der Gestaltung der Fördermittel bei Anlagen mit Seilführung.

Dach und Böden von Fördermitteln und Gegengewichten dürfen nicht so verkleidet sein, daß an der Begegnungsstelle im Schacht ein wesentlicher Unterdruck zwischen den Fördermitteln auftritt (TAS 7.3.7.1).

Auf den Tragböden müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die ein Abrollen von Förderwagen oder Abrutschen von Material bei Schiefstellung des Fördermittels verhindern.

Die bisher angestellten Untersuchungen und Messungen (4.136, 4.88, 4.50, 4.109, 4.52, 4.53) deuten darauf hin, daß die Vorschriften

der TAS im Rahmen der im Ausland gültigen liegen und somit als unter vergleichbaren Bedingungen ausreichend angesehen werden müssen.

Bei seilgeführten Schachtförderanlagen, die Nutzlasten über 30 t aufweisen, sind bisher nur ungenügend geklärte Probleme zu erwarten.

Diese Probleme betreffen

- die großen Fördermittelflächen
im Bereich der Begegnungszonen
- den Einfluß der Corioliskraft
- das zentrische Aufhängen großer Lasten.

Anlage 10 : Sicherheitliche Beurteilung der
Spurlattenführung

Um ein Entgleisen der Fördermittel bei Versagen der Rollenführung zu verhindern, sind am Fördermittel zusätzlich sogenannte Führungsschuhe anzubringen.

Führungsschuhe sind mindestens am Kopf- und am Fußrahmen der Fördermittel und Gegengewichte vorzusehen. Das Spurmaß soll etwa 10 mm kleiner als die Spurweite, die Maulweite etwa 10 mm größer als die Breite der unver-
schlissenen Spurlatte sein (TAS 7.3.5.3).

Die Begriffe verdeutlicht Abb.1.

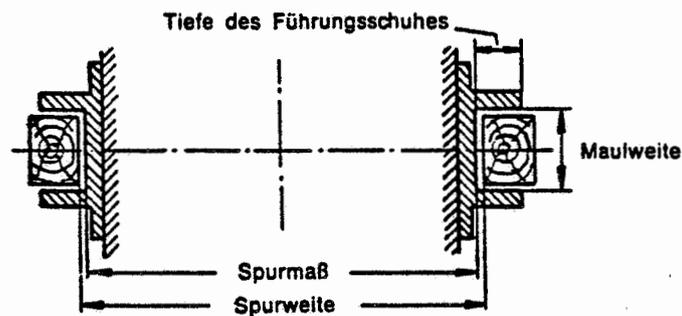


Abb.1 : Darstellung von Spurweite, Spurmaß und Maulweite.

Bei mehrbödigen Fördermitteln sind zwischen Kopf- und Fußrahmen zusätzliche Führungsschuhe als Entgleisungsschutz vorzusehen (TAS 7.3.5.4).

Unter Berücksichtigung des Verschleißes der Spurlatte, der Durchbiegung von Spurlatte und Einstrich sowie einer eventuellen Abbaueinwirkung muß der Führungsschuh die Spurlatte um wenigstens 40 mm überdecken (Mindest-Eingriffstiefe) (TAS 2.4.2.4.2).

Jede Spurlatte muß an mindestens drei Einstrichen, Konsolen oder dergleichen befestigt sein (TAS 2.4.2.2).

Kritische Punkte bei der Ausbildung der Schachtführungseinrichtungen bestehen in den Verbindungselementen zwischen Spurlatte und Einstrich, zwischen Einstrich und Konsole und zwischen Konsole und Schachtmauerwerk.

Infolge stark wechselnder Steifigkeiten bei den Spurlatten und Einstrichen ist die Schwellbeanspruchung dieser Teile auch eine Funktion der Einstrichabstände.

Im Zusammenwirken dieser Steifigkeitsunterschiede mit den stochastisch verteilten Unebenheiten der Spurlatten entstehen am Fördergefäß parametererregte Schwingungen, die

zu Instabilitäten in dem dynamischen System führen können. Sie sind nach Slonina (4.149) dadurch gekennzeichnet, daß eine einmal eingetretene Auslenkung nicht abklingt, sondern zu immer größeren Amplituden und Kräften führt.

Aus der theoretischen Ableitung wird erkennbar, daß parametererregte Schwingungen durchaus im Arbeitsbereich einer Förderanlage auftreten können.

Die Instabilitätsbereiche werden umso größer

- a) je stärker die Steifigkeitsunterschiede eines Spurlattenstranges sind,
- b) je weiter der Schwerpunkt des Fördermittels sich außerhalb der geometrischen Mitte befindet,
- c) je kleiner die Abmessungen des Fördermittels sind,
- d) je weicher die Spurlatten sind,
- e) je geringer die Dämpfung des Gesamtsystems ist.

Die in der TAS vorliegenden Richtlinien beinhalten eine Reihe von Vereinfachungen, da theoretische und meßtechnische Erkenntnisse als noch nicht befriedigend anzusehen sind und ferner die Erfordernisse der betrieblichen Praxis zu vereinfachenden Berechnungsverfahren zwingen.

Demzufolge wird das System aus Spurlatten, Einstrichen und Befestigungskonsolen, das ein statisch mehrfach unbestimmtes Gittertragwerk bildet, in der TAS nur als freiaufliegender Träger auf 2 Stützen berechnet (TAS 2.4.5.1).

Bei der Berechnung der Spurlatten und Einstriche ist das Fördermittelgewicht zugrunde zu legen. Dabei ist die Grundlage der TAS, die anzusetzenden Stoßkräfte in linearer Abhängigkeit allein vom Fördermittelgewicht zu beschreiben, theoretisch nicht einwandfrei.

Als weitere Einflußgrößen sind anzusehen (4.153)

- die Massenverteilung des Fördermittels,
- die Fördergeschwindigkeit
- mangelhafte Spurlattenübergänge,
- die Steifigkeit der Schachteinbauten,
- die Kraft-Weg-Kennlinie der Rollenführung.

Die veröffentlichten Messungen (4.153) zeigen, daß die Stoßkräfte deutlich mit zunehmendem Spurlattenversatz an den Übergängen größer werden. Es wird herausgestellt, daß mit steigender Korbbelastung die Größe der Stoßkräfte nur unwesentlich zunimmt. Auch eine Abhängigkeit von der Fördergeschwindigkeit scheint nicht eindeutig feststellbar. Der leere Förderkorb fährt wesentlich unruhiger durch den Schacht.

Überlastungen und Materialfehler der Vollgummireifen von Führungsrollen haben fast immer eine schlagartige Zerstörung derselben zur Folge. Derartige Schäden sind meist äußerlich nicht erkennbar und werden bei dem automatischen Betrieb großer Förderanlagen auch nicht sofort erkannt.

Erhebliche Folgeschäden im Schacht sind dadurch möglich (4.151).

Bei Überlastungen der Laufräder wird der Gummi im Inneren flüssig, und es bildet sich, von außen nicht erkennbar, ein Hohlraum. Bei der Fertigung sind Bindungsfehler zur Felge oder zur Stahleinlage möglich.

Dieser Fehler kann auch durch Korrosion bei längerer Lagerung oder bei Betrieb in Anwesenheit korrosiver Wässer im Schacht auftreten.

Von [REDACTED] (4.150) wird ein Verfahren beschrieben, Hohlraum und Bindungsfehler mit Ultraschall zu messen.

Prinzipiell muß die Hängeseilüberwachung durch direkte oder indirekte Messung der Förderseilspannung erfolgen.

Dies kann entweder direkt am Fördermittel sein; in diesem Fall ist es notwendig, die Messung nach Übertage zu übertragen. Derartige Systeme sind bisher mehrfach ausgeführt worden, konnten allerdings nicht befriedigen, weil die Übertragungszuverlässigkeit (z.B. über die sogenannte Kombi-Telefonie) nicht zufrieden stellen konnte.

Eine direkte Messung ü.T. ist nicht realisierbar. Dagegen hat man an einigen Anlagen mit Flurfördermaschinen den Durchhang zwischen Seil und Treibscheibe als Maß für die Bildung von Hängeseil überwacht. Das System ist aber nur funktionsfähig, wenn nicht durch das über dem klemmenden Fördermittel hängende Seil eine ausreichende Seilkraft vorgetäuscht wird.

Gemäß TAS 5.5.3 kann die Unterseilführungsholzüberwachung als Hängeseilüberwachung, die in der TAS nur für Anlagen mit automatischer Steuerung vorgeschrieben ist, anerkannt werden.

Anlage 11: Sicherheitstechnische Anforderungen
an Unterseile

Um bei der Treibscheibenförderung dem Seilrutsch zu begegnen, erfolgt ein Ausgleich der Seilgewichte im auf- und abwärtsgehenden Trum durch ein oder mehrere Unterseile (TAS 6.4.3.1). Bei gleichem Gewicht des Unterseils und des Förderseils entspricht die Überlast dann der Nutzlast.

Unterseilaufhängungen müssen mindestens folgende Sicherheiten gegenüber der statischen Belastung besitzen:

- Tragstangen von Wirbeln 15 fach
- alle anderen Teile 10 fach.

Die Unterseile bestehen in der Regel aus Flachseilen, die ohne besondere Führung in der Seilbucht laufen.

Die rechnerische Bruchkraft eines Unterseils (als Produkt aus der Nennfestigkeit und der Summe der Nennquerschnitte aller Drähte der tragenden Weiten) darf höchstens 90 v.H. der rechnerischen Bruchkraft des zugehörigen Förderseils betragen (TAS 6.4.2.1).

Innerhalb der Unterseilbucht muß mindestens ein Führungsholz angebracht sein, das nach oben begrenzt beweglich sein soll und nur geringe Kräfte aufnehmen darf. Bei Rundunterseilen können Führungsseilscheiben eingebaut werden (TAS 2.2.2.1).

Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s müssen mit mindestens zwei Führungshölzern und einer elektrischen Führungsholzüberwachung ausgerüstet sein.

Die Führungsholzüberwachung wirkt auf die Sicherheitsbremse bzw. läßt ein Notsignal ertönen. Sie kann gleichzeitig als Hängeseilüberwachung benutzt werden (TAS 5.5.3).

Unterseile sollen so beschaffen sein, daß ihre Seilbuchten nicht betriebsmäßig an Schachteinbauten oder am Schachtausbau schleifen (TAS 6.4.3.2).

Unterseile müssen beim Anhängen eine mindestens 6fache Sicherheit gegenüber ihrem Eigengewicht besitzen.

Anlage 12: Bauarten und Anforderungen an Förder-
maschinenbremsen

Fahrbremse und Sicherheitsbremse müssen jede für sich die statische Belastung durch die betriebsübliche Überlast im Stillstand mit mindestens 3facher Sicherheit halten.

An Anlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 4 m/s muß beim Einhängen der betriebsüblichen Überlast eine Verzögerung durch die Fahrbremse von mindestens 2 m/s^2 gewährleistet sein.

Man unterscheidet nach dem Konstruktionsprinzip zwei Bauarten von Scheibenbremsen:

- Einlaßbremsen und
- Auslaßbremsen

Bis zum 25.06.1982 waren am LOBA NRW vier Bauarten von Scheibenbremsapparaten zugelassen (Tab. 1).

Es handelt sich generell um Auslaßbremsen, bei denen die Fahrbremskraft stufenlos regelbar ist, während für die Sicherheitsbremsung eine Restdruckschaltung zur Begrenzung der Bremskräfte vorhanden ist.

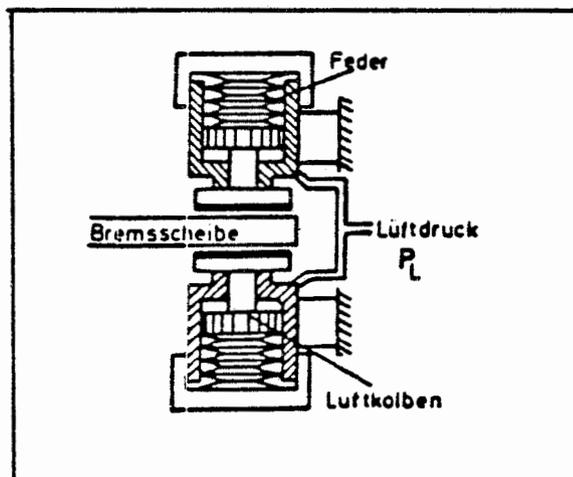


Abb. 1: Prinzip einer Auslaßfederbremse (4.68)

Nr.	Zulassungs-Nr. Datum	Hersteller	Typ	Prüfbericht		
1	B-1/76/1 13.08.1976	Siemens AG	Scheibenbremsapparat 8 SM 7615	WBK	Hä/Ro/3100	vom 16.07.1976
2	B-20/80/2 29.08.1980	MAN-GHH	GHH Scheibenbremsapparat 1.	WBK	Hä/Ro/3100	vom 21.08.1980
3	B-3/81/2	Siemens AG	Scheibenbremsapparat 8 SM 7622	TÜV	Hannover Eil-Heil/Gu E'F-Su/Wa	vom 06.08.1979 vom 04.09.1981
4	Sonderzulassung Nr.1 19.01.1982	AB Hägglund & Söhne	Bremskrafterzeuger für Scheibenbremsen BSFG 403 A, 405 A, 408 A 403 M, 405 M, 408 M 408 E	WBK	No. 154-SPS Hä/Lu/Brü	vom 28.10.1981
5	B-4/82/1	Eisenhütte Prinz Rudolph	EPR- Scheibenbremsapparat	WBK	No. 14 Hä/Brü/3100 ergänzt durch SPS Hä/Ro	vom 03.02.1981 vom 08.04.1982

Tab. 1: Am Landesoberbergamt in Nordrhein-Westfalen zugelassene Bauarten von Scheibenbremsapparaten (Stand 25.06.1982)

Die Abb. 1 zeigt eine hydraulisch gesteuerte Auslaßfederbremse. Die Bremskraft wird durch vorgespannte Tellerfedern erzeugt, die über einen Kolben unmittelbar auf die Bremsbacke wirken. Zum Lüften der Bremse wird die andere Kolbenfläche mit Drucköl beaufschlagt. Da zum Bremsen das Drucköl aus dem Zylinder ausgelassen werden muß, bezeichnet man diese Bremse als Auslaßbremse.

Mit dieser Auslaßbremse ist über einen Bremsdruckregler eine regelbare Fahrbremmung oder über besondere Anstoßventile eine Sicherheitsbremsung möglich.

Die Bremskraft bei Sicherheitsbremsung kann der Seilrutschgrenze angepaßt werden, indem im Zylinder ein Restdruck zurückgehalten wird.

Bei größeren Öldruckanlagen kommt durch das Prinzip der Auslaßbremse sofort die volle Fahrbremskraft zur Wirkung, wodurch bei Koepefördermaschinen mit ungünstigem Verhältnis der Seilzugkräfte Seilrutsch eintreten kann.

Die Vorteile der Scheibenbremsen sind:

- die thermisch höhere Belastbarkeit, Fugen in den Bremsscheiben gleichen die Wärmedehnungen aus.
- Die Scheibe ist in den Wirkungsflächen nicht elastisch.
- Die Treibscheibenkonstruktion muß nicht mehr die Druckkräfte der Bremsbacken aufnehmen.

- Bessere Flächenpressungsverteilung zwischen Bremsbelag und Scheibe.
- Direkter Kraftangriff, also keine Gestänge.
- Raumsparende Bauweise.
- Die Bremsfläche ist eben, daher ist die Druckverteilung zwischen Bremsbelag und Scheibe gleichmäßiger als bei der Radialbremse.
- Das Luftspiel der Bremsbacken kann verhältnismäßig klein eingestellt werden, da die Wärmedehnung der Scheibe in axialer Richtung gering ist. Ihre Ausdehnung in radialer Richtung bringt keine Nachteile.

Bei Scheibenbremsen müssen der Verschleiß des Bremsbelages und der Luftweg an jedem Bremskrafterzeuger überwacht werden (TAS 3.9.6.2).

Die TAS schreibt vor, daß bei Einhängen der betriebsüblichen Überlast die Sicherheitsbremse eine Verzögerung von mindestens $1,2 \text{ m/s}^2$ und höchstens $2,5 \text{ m/s}^2$ erreichen soll. Die durch die Sicherheitsbremse bewirkte Verzögerung soll beim Einhängen wenigstens 10 v.H. unter der Verzögerung liegen, bei der Seilrutsch eintritt.

Die besondere Bedeutung der Sicherheitsbremse kommt darin zum Ausdruck, daß in der TAS festgelegt wird

- die Steuerung der Sicherheitsbremse
- der rechnerische Nachweis der geforderten Bremskraft und Verzögerungen

- Messung der Verzögerungen und Bremskräfte vor Inbetriebnahme der Anlage.

Die Zeit vom Auslösen der Bremse bis zum Anlegen der Bremsbacken wird als Ansprechzeit oder Bremsleerlaufzeit (4.135) bezeichnet. Sie soll unter 0,2 s liegen. Dieser Grenzwert ist bei Backenbremsen nach Poppe (4.135) nur bei sehr guter Einstellung des Backenabhubs zu erreichen.

Die Schwellzeit, d.h. die Zeit vom Anlegen der Bremsbeläge bis zum Erreichen der vollen Bremskraft der Sicherheitsbremse, soll gemäß TAS zwischen 0,3 s und 0,5 s betragen. Die Bremsschwellzeit ist eine wesentliche Größe für die Schwingungen der Fördergutträger, die durch die Bremsung angeregt werden. Bei sehr kurzen Bremschwellzeiten werden stärkere Schwingungen der Fördermittelaufhängung erzeugt, die eine erhöhte Beanspruchung der Bauteile hervorrufen.

Es sind seit Einführung der Scheibenbremsen in der Förder-technik nur wenige Untersuchungen über die Zuverlässigkeit der Steuermechanismen bekannt geworden (4.152).

Der rechnerische Nachweis der geforderten Bremskräfte und Verzögerungen, wie er in der TAS festgeschrieben ist, beinhaltet die Festlegung der gültigen Reibungszahlen $\mu = 0,25$ zwischen Treibscheibenfutter und Seil und $\mu = 0,4$ zwischen Bremsbelag und Bremsflächen.

In beiden Fällen handelt es sich um konservative Schätzungen mit dem Ziel, das statische Haltevermögen der Bremsen mit Sicherheit zu gewährleisten.

Die Reibungszahlen sind dabei Variable, in denen der Einfluß von

- Zustand der Bremsflächen (Verschmutzungsgrad)
- Temperatur
- Kraftverlauf (zeitlicher)
- Krafteinleitung (-verteilung)

zu berücksichtigen ist.

Die Abb. 2 zeigt exemplarisch für μ_2

a) den Einfluß der Bremsscheibentemperatur

b) den Einfluß einer simulierten Kontamination der Bremsfläche

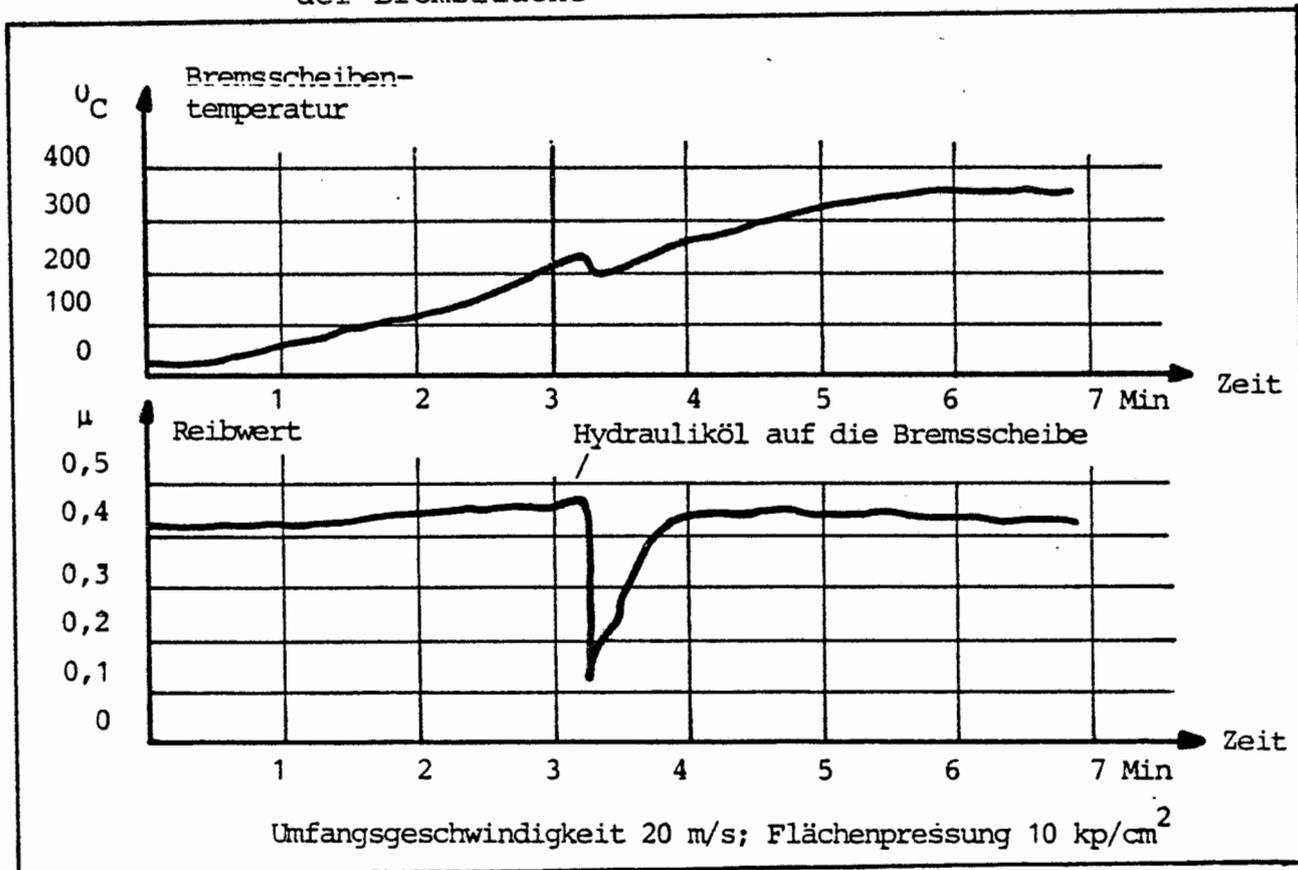


Abb. 2: Reibwertverlauf eines Scheibenbremsbelages, wenn Öl auf die Scheibe gelangt (4.152)

Daraus wäre zu verallgemeinern, daß der Einfluß der Temperatur auf den Reibwert μ_2 vergleichsweise klein ist. Zweitens zeigt sich die Gefahr von Öl- und Leckverlusten von Bremsapparaten, wenn diese zur Verunreinigung der Bremsfläche führen.

Die Reibungszahl μ zwischen Treibscheibenfutter und Seil bestimmt den Grad der Sicherheit gegen Seilrutsch.

Gemäß TAS 3.9.7.12 sind die Bremswirkungen von Fördermaschinen vor Inbetriebnahme der Anlagen zu messen. Dies gilt insbesondere für

- Ansprechzeit und Schwellzeit der Sicherheitsbremse
- Bremsverzögerung durch die Sicherheitsbremse

Ferner sind im Rahmen der Untersuchungen nach § 11 BVOS die Bremseinrichtungen in Jahresabständen zu erproben und zu messen.

Anlage 13: Sicherheit gegen Seilrutsch

Die TAS erfordert, bei Treibscheibenanlagen mit Fahrge-
schwindigkeiten über 4 m/s die rechnerische Seilrutschgrenze
für die kritischen Belastungsfälle zu ermitteln (TAS 3.10.5):

- betriebsübliche Überlast beim Einhängen
- betriebsübliche Überlast bei Aufwärtsfahrt
- leere Fördermittel

An Treibscheibenanlagen darf die Seilrutschgrenze bei Sicher-
heitsbegrenzung nicht überschritten werden, daher ist die
Bremskraft während des Verzögerens gegebenenfalls zu verringern

Die Sicherheitsbremse, deren Verzögerung mindestens $1,2 \text{ m/s}^2$
und höchstens $2,5 \text{ m/s}^2$ erreichen darf, soll beim Einhängen
mindestens 10 % unter der Verzögerung liegen, bei der rech-
nerisch Seilrutsch eintritt (Seilrutschgrenze).

In der Annahme, daß der tatsächliche Reibwert höher liegt,
ist für die Berechnung der Seilrutschgrenze ein Reibwert
 $\mu = 0,25$ zwischen Treibscheibenfutter und Seil einzusetzen,
der damit bereits eine gewisse Sicherheit gewähren soll.

Der tatsächlich zwischen Treibscheibenfutter und Seil auf-
tretende Reibwert ist schwierig zu durchschauen.

Die Größe des Reibwertes wird durch folgende Faktoren be-
einflußt (4.11):

- Seilschmierstoff
- Tränkungsmedium der Seilseele
- Nachschmiermittel
- Verträglichkeit der Schmierstoffe, Tränkungsmedium
und Nachschmierstoffe untereinander

- Schmierstoffmenge
- Temperatur von Seil und Schmierstoff
- Reibverhalten des Treibscheibenfutters
- Flächenpressung zwischen Seil und Treibscheibenfutter
- Kriechverhalten der Seile auf der Treibscheibe
- Rillenform.

Der Abstand vom effektiven Reibwert zum rechnerischen Mindestreibwert wird als Seilrutschsicherheit bezeichnet.

Demgegenüber spricht man von Ausnutzungsgrad des rechnerischen Mindestreibwertes, wenn man den bei Änderungen der Belastung erforderlichen Reibwert meint.

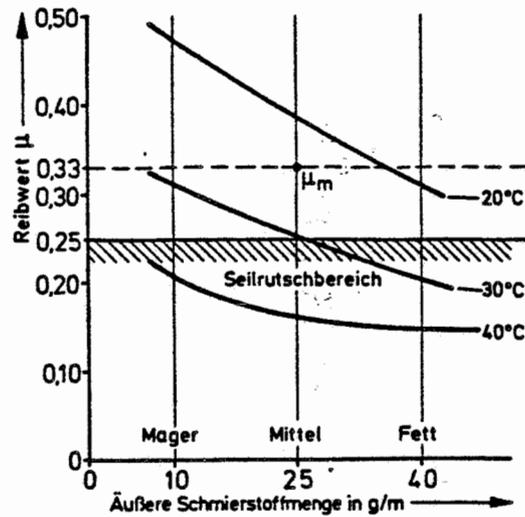
Die Ermittlung von Reibbeiwerten ist in der Praxis nicht realisierbar. Daher geht man auf Laborversuche über, die für die Bundesrepublik Deutschland in DIN 21258 festgelegt sind.

Als wesentliche Parameter gehen in die Versuche ein:

- die Flächenpressung
- die Temperatur
- die Schmiermittelmenge in g/m Seil

Alle drei Faktoren werden in der DIN-Untersuchung nicht variiert. Ihr Einfluß ist als gravierend einzuschätzen.

So zeigt das Beispiel in Abb. 1 den Einfluß der Temperatur und der Schmierstoffmenge auf den Reibwert, wie es an einem Prüfseil gemessen wurde.



Daten der Turmförderanlage:

Tiefe	95,4 m	Seilscheiben-Durchmesser	5,00 m
Nutzlast	23 t	Schwungmoment der Seilscheibe	550000 Nm ²
Gefäßgewicht	31800 t	Treibscheibenfutter	Tekaplast
Seilgewicht	34540 t	Seilschmierstoff	N 113

Flächenpressung zwischen Seil- und Treibscheibenfutter
 200 N/cm²
 $e\mu^a = 2,36$
 $\mu_{\text{mind.}} = 0,25$

Abb. 1 Der Reibwert μ in Abhängigkeit von Temperatur und Schmierstoffmenge (4.11)

In den Erläuterungen zu DIN 21258 wird die weitgehende Übereinstimmung der Versuche mit der Praxis hervorgehoben, wengleich der Vergleichscharakter der Meßwerte in der Hand des Sachverständigen betont wird.

Eine vergleichende Darstellung der mit unterschiedlichen Kombinationen von Schmierstoffen und Treibscheibenfutter erzielbaren Reibungszahlen zeigt Tab. 1.

Treibscheibenfutter	Schmierstoff- menge g/m Seil	Elaskon II		Nyrosten N 113		Ocedol 100 15		Becorit W 76	
		20 °C	30 °C	20 °C	30 °C	20 °C	30 °C	20 °C	30 °C
D 670	25	0,22	0,15	0,32 0,25	0,19 0,17	0,35	0,22		
	40	0,21	0,14	0,26	0,18	0,30	0,19		
Transportbandgummi- gewebe	25	0,25-0,27	0,20-0,22	0,39 [0,27-0,35]	0,25 [0,20-0,24]	0,33	0,23		
	40	0,24	0,19	0,33	0,22	0,32	0,21		
K 22	25	0,28	0,20	0,39	0,24	0,34	0,23		
	40	0,26	0,19	0,35	0,22	0,32	0,21		
K 25	25	0,30	0,18	0,41	0,26	0,41	0,27	0,41	0,27
PVC	25	0,26	0,17	0,36	0,22	0,32	0,21		
	40	0,24	0,16	0,33	0,20	0,30	0,19		
Tekaplast gelb Kautex-PVC	25	0,27	0,19	0,36	0,25	0,37	0,26	0,35	0,25
Tekaplast	25	0,32	0,19	0,40 [0,31]	0,26 [0,22]	0,37 0,38	0,26	0,38	0,26
	40	0,28	0,18	0,34	0,21	0,34	0,22		
Tekaplast SU **	15	0,45	0,30	0,53	0,36	0,52	0,32		
Aluminium-K 25 u i **	15	0,34	0,30	0,49	0,37	0,48	0,36	0,49	0,37

[] = ältere Schmierstofflieferung □ = Werte nach DIN 21 258
 Seilmachart: 50 mm ϕ , s/Z, blank, 6x37x2,5 mm ϕ + 1F **) Seilmachart: 30mm ϕ , s/Z, blank, 1F+6x19x2,0 mm ϕ
 Flächenpressung: p = 2 N/mm²

Tab. 1: Der Reibwert als Funktion der Treibscheibenfutter-Schmierstoff-Kombination in Abhängigkeit von Schmierstoffmenge und Temperatur (4.11)

Poppe weist darauf hin, daß die Voraussetzungen des Reibwertprüfstandes, nämlich

- konstante Flächenpressung und
- konstante Relativgeschwindigkeit

zwischen Seil und Treibscheibenfutter in der Praxis nicht zutreffen. Das Treibscheibenfutter wirkt ferner als elastische Schicht zwischen der als starr anzusehenden Treibscheibe und dem elastischen Seil.

Betrachtet man die an ausgeführten Anlagen auftretenden Grenzverzögerungen, die in Tab. 2 zusammengestellt sind, erscheinen die verfügbaren Seilrutschsicherheiten als vergleichsweise gering.

Schachtanlage	Teufe m	Grenzverzögerung b_{ξ} beim Einhängen m/s^2
Zollverein 12s	1040	2,25
Lohberg 2n	960	1,97
Min. Achenbach 2	920	2,16
Nordstern 1o	1070	2,26
Soph. Jacoba 6	600	1,78
Friedr. d. Große	1000	2,33
Prosper 8	1120	2,68
Consol. 3	1117	2,43

Tab. 2: Zulässige Grenzverzögerung beim Einhängen
an ausgeführten Schachtförderanlagen
(4.13)

Anlage 14 : Berechnung der Grenzverzögerung beim Einhängen des beladenen Fördermittels im Schacht Asse II
(Hauptförderung)

Die Berechnung erfolgt mit den vereinfachten Annahmen nach TAS 3.11.4.2.1.

Die Schachtreibung und der Luftwiderstand sind vernachlässigt.

$$a_1 = \frac{(G_{FW_2} + S_2) (e^{\mu_1 \alpha} - 1) - \ddot{U}}{(G_{FW_2} + S_2 + G_s) (e^{\mu_1 \alpha} + 1) + \ddot{U}} \cdot g$$

G_{FW_2}	= 9195 kg	Gewicht des leeren Fördermittels
S_2	= 5740 kg	Seilgewicht (leichtere Seile)
μ_1	=	Reibkoeffizient zwischen Seil und Treibscheibenfutter
α	= 184°	Umschlingungswinkel der Treibscheibe
\ddot{U}	= 5090 kg	betriebsübliche Überlast
G_s	= 2120 kg	reduziertes Seilscheibengewicht
g		Gravitationskonstante

Anlage 15 : Berechnung der Grenzverzögerung beim Einhängen des beladenen Fördermittels im Schacht Gorleben I

Die Berechnung erfolgt mit den vereinfachten Annahmen nach TAS 3.11.4.2.2.

Die Schachtreibung und der Luftwiderstand sind vernachlässigt.

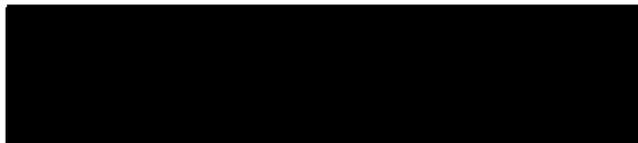
$$a_4 = \frac{(G_{FW_2} + S_2) (e^{\mu_1 \alpha} - 1) - \ddot{U}}{(G_{FW_2} + S_2) (e^{\mu_1 \alpha} + 1) + \ddot{U}} \cdot g$$

G_{FW_2}	=	45 990 kg	Gewicht des leeren Fördermittels
S_2	=	36 480 kg	Seilgewicht
μ_1	=		Reibkoeffizient zwischen Seil und Treibscheibenfutter
α	=	180°	Umschlingungswinkel der Treibscheibe
\ddot{U}	=	190996 kg	betriebsübliche Überlast
g	=		Gravitationskonstante

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

**Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schacht-
fördermaschinen seit ca. 1950**

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen

Anhang 2:	Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950
-----------	---

Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche

Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche

Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall

Anhang 6: Gasaustrittsdatei

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE

Bergmännische Schul-, Prüf- und Forschungsanstalten



SEILPRÜFSTELLE
INSTITUT FÜR FÖRDERTÉCHNIK UND WERKSTOFFKUNDE

Institutsleiter: [REDACTED]

Der Sachverständige: [REDACTED]

G u t a c h t e n

Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950,
entnommen den Jahresberichten der Oberbergämter

Bewertung der Vermeidbarkeit

- 1 Grundsätzliches über Fahrtregler
- 2 Gliederung der Vorfälle nach ihren Ursachen
- 3 Bewertung der Einzelfälle
- 4 Zusammenfassende Bewertung der Vermeidbarkeit im Rahmen der technischen Entwicklung

1 Grundsätzliches über Fahrtregler von Fördermaschinen

Der Fahrtregler ist neben der Bremseinrichtung das wesentliche Sicherheitselement einer Fördermaschine.

Er ist ein mehr oder weniger umfangreiches technisches Gebilde mit der Aufgabe, einen Förder- oder Seilfahrtzug ohne Risiken zu Ende zu führen, wenn der Fördermaschinist ausgefallen ist.

Überwachungseinrichtungen für die Geschwindigkeit sollen darüber hinaus den Förder- oder Seilfahrtzug über die Sicherheitsbremse stillsetzen und damit unterbrechen, falls der Fahrtregler versagt oder ein automatischer Zug zu schnell fährt bzw. nicht rechtzeitig verzögert wird.

Der von der Bergbehörde geprägte Begriff "Fahrtregler" gilt sowohl für einfache Rückführungsgestänge als auch für echte Regler im Sinne der DIN Definition (DIN 19 226). Ob Regler notwendig sind oder nicht, richtet sich nach dem Drehzahlverhalten des Antriebs. Antriebe mit eindeutiger Steuerung, d. h. Proportionalität zwischen Steuerhebelauslage und Drehzahl, unabhängig von der Belastung, benötigen nur eine Rückführungsmechanik oder -elektronik bei Zugende. Antriebe ohne diese Proportionalität erfordern einen Fahrbremsregler oder Regler für elektrisches Bremsen als Fahrtregler, damit ein führerloser Zug risikolos zu Ende geführt werden kann.

Überwachungseinrichtungen gibt es für drehzahlgeregelte Antriebe schon seit etwa 1955. In den Vorschriften erscheinen sie jedoch erst 1978 (TAS).

Blatt 3 zum Gutachten vom 12.7.1983

Man unterscheidet die kontinuierlich (mechanisch bzw. elektronisch) und die punktweise arbeitende Ausführung. Überwacht werden die Höchstgeschwindigkeit und die Teilgeschwindigkeiten im Verzögerungsabschnitt am Ende des Förderweges.

Kennzeichnend für die jeweilige Konstruktion ist die Art, wie die Überwachungssollgeschwindigkeit dargestellt wird.

Eine von der Fördermaschine angetriebene Kurvenscheibe mit Abtastrolle und Spannungsgeber ist die Grundlage der kontinuierlichen Überwachung. Da bei Treibscheibenanlagen der synchrone Lauf von Kurve und Fördermittel nicht gewährleistet ist, kann auf mindestens einen magnetischen Schachtschalter zur Kontrolle des weggerechten Einsatzes der Verzögerungsüberwachung nicht verzichtet werden. Zusätzlich muß der Antrieb überwacht werden.

Ein von der Fördermaschine angetriebener Impulsgeber zusammen mit Auswertegerät und Digitalanalogwandler werden dazu benutzt, eine Spannungskurve für den Überwachungswert auf elektronischem Wege für eine kontinuierliche Überwachung herzustellen.

Der Synchronvergleich zwischen Fördermittel und Impulsgeber mit Hilfe eines Schachtschalters sowie eine Impulsgeberantriebsüberwachung sind auch hier erforderlich.

Kennzeichnend für die punktweise Überwachung sind drei oder mehr magnetische Schachtschalter, mit denen eine stufenförmige, weggerechte Spannungskurve als Sollwert der Verzögerungsüberwachung dargestellt wird. Weil das Fördermittel bei dieser Konstruktion unmittelbar und unabhängig von der Steuerung überwacht wird, entfallen entsprechende Kontrollen.

Blatt 4 zum Gutachten vom 12.7.1983

Zur Steigerung der Zuverlässigkeit aller dieser Überwachungseinrichtungen hat es sich eingeführt, den Istwert der Überwachung ständig mit dem Istwert der Regelung zu vergleichen und außerdem nach jedem Zug abzufragen, ob der Sollwert den Minimalbetrag erreicht hat.

Zur Klärung der Begriffe ist es notwendig zu wissen, daß der ursprüngliche Fahrtregler keine Überwachungseinrichtung besaß. Seit 1978 ist im Begriff Fahrtregler eine Überwachungseinrichtung eingeschlossen. Damit ergibt sich die Gelegenheit, den neuen Fahrtregler aufzugliedern. Er besteht jetzt aus einem Steuer- bzw. Führungsgrößenteil (ursprünglicher Fahrtregler) und einem Überwachungsteil.

Ein Schema möge die Zusammenhänge zwischen den Vorschriften und den technischen Problemlösungen verdeutlichen.

Antriebe	Antriebe mit eindeutiger Steuerung		Antriebe ohne eindeutige Steuerung	
	geregelte Antriebe	ungeregelte Gleichstromantriebe	ungeregelte Drehstromantriebe	ungeregelte Dampftriebe
Vorschriften von 1927 - 1977	<u>Steuerteil:</u> Steuerhebel- oder Sollwertrückführungsmechanik bzw. -elektronik <u>Überwachungsteil:</u> kontinuierliche oder punktweise Überwachung	<u>Steuerteil:</u> Steuerhebel- oder Sollwertrückführungsmechanik bzw. -elektronik <u>Überwachungsteil:</u> - nicht vorhanden	<u>Steuerteil:</u> Fahrbremsregler (elektro- oder hydraulisch-pneumatisch oder Elektrobremsregler (Gleichstrombremsung)) <u>Überwachungsteil</u> nicht vorhanden	<u>Steuerteil:</u> Fahrbremsregler (hydraulisch) <u>Überwachungsteil:</u> - - nicht vorhanden
Vorschriften ab 1978	ohne Änderung	Überwachungsteil zusätzlich		



2 Gliederung der insgesamt 64 Vorfälle nach ihren Ursachen

- 2.1 Übertreiben durch Defekt in der Steuerung;
keine Überwachungseinrichtung
(12 Fälle) (3.1.1 bis 3.1.12)

- 2.2 Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und der Überwachungs-
einrichtung infolge fehlender Unabhängigkeit
(8 Fälle) (3.2.1 bis 3.2.8)

- 2.3 Übertreiben durch Defekt in der Steuerung und ungenügender
Überwachungseinrichtung trotz Unabhängigkeit
(5 Fälle) (3.3.1 bis 3.3.5)

- 2.4 Übertreiben durch Seilrutsch infolge fehlerhafter Überbean-
spruchung der Reibverhältnisse
(1 Fall) (3.4.1)

- 2.5 Übertreiben durch ungenügende Bremswirkung der Sicherheits-
bremse
(1 Fall) (3.5.1)

- 2.6 Übertreiben durch ungenügende Abstimmung zwischen Auslösen der
Sicherheitsbremse und Abschalten der Energie
(1 Fall) (3.6.1)

- 2.7 Übertreiben im Zusammenhang mit Dampffördermaschinen
(13 Fälle) (3.7.1 bis 3.7.13)

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 7 zum Gutachten vom 12.7.1983

2.8 Störungen an elektrischen Anlagen, die nicht zu Risiken für die Seilfahrenden und das Fördergut geführt haben.

(22 Fälle) (3.8.1 bis 3.8.22)

2.9 Abfahrt trotz Sperrbefehl infolge Konstruktionsfehlers

(1 Fall) (3.9.1)

Blatt 8 zum Gutachten vom 12.7.1983

3 Bewertung der Einzelfälle

Blatt 9 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1950/626

3.1.1.1 Vorgang

Schacht unbekannt
Übertreiben durch Teufenzeiger-Fahrtreglerverstellung.

3.1.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Nach einer Verstellung war vergessen worden, Fahrtregler
und Teufenzeiger wieder richtig zu stellen.

3.1.1.3 Stand der Technik

Nach dem Stand der Technik ist eine Geschwindigkeitsüber-
wachung erforderlich.

3.1.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Verstellungen werden oft gemacht und die Richtigstellung
manchmal vergessen.

3.1.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Übertreiben mit Überwachung vermeidbar.

OBA-Hessen 1951/585

3.1.2.1 Vorgang

Schacht Neurode

Übertreiben durch Bedienungsfehler

3.1.2.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Bei Seilfahrt legte der Maschinist, nachdem die Fördermittel die Endstellungen erreicht hatten, den Steuerhebel nochmal aus, weil er ihn mit dem Bremshebel verwechselte. Der obere Korb geriet bis an die Prellträger. Zugleich versagten Übertreib- und Endschalter.

Der Bericht läßt einige Fragen offen, vermutlich handelt es sich um eine Drehstromfördermaschine. Dann hätte aber ein Fahrtregler als Fahrbremsregler das Übertreiben wesentlich mildern müssen.

3.1.2.3 Stand der Technik

Moderne Fahrtregler lassen trotz voller Steuerhebelauslage in falscher Richtung kein nennenswertes Übertreiben zu.

3.1.2.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bei alten Anlagen möglich, bei neueren nicht.

3.1.2.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Beim Stand der Technik vermeidbar.

LOBA NW 1953/560

3.1.3.1 Vorgang

Kampschacht der Zeche Westende

Übertreiben durch Defekt des Fahrtreglers

3.1.3.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Die unregelte Gleichstromfördermaschine mit Steuerhebelrückführung hat keine Geschwindigkeitsüberwachung. Infolge eines mechanischen Hindernisses war die selbsttätige Rückführung der Steuerung in die Nulllage nicht möglich und das Übertreiben unabwendbar.

3.1.3.3 Stand der Technik

Eine unabhängige Verzögerungsüberwachung ist jetzt für alle Antriebe gefordert.

3.1.3.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Nicht auszuschließen.

3.1.3.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Mit Überwachung der Geschwindigkeit vermeidbar.

Blatt 12 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1953/561

3.1.4.1 Vorgang

Schacht 3 der Zeche Hansa

Übertreiben durch fehlerhaften Fahrtregler

3.1.4.2 Beschreibung des Ereignisses

(Ursache und Wirkungen)

Die ungeregelte Gleichstromfördermaschine mit Steuerhebelrückführung als Fahrtregler hat keine Überwachung.

Während der Förderung fiel die Sicherheitsbremse ein mit der Folge von etwa 10 - 12 m Seilrutsch, der nicht bemerkt wurde.

Beim Beenden des Förderzuges griff der Fahrtregler naturgemäß um 10 - 12 m verspätet ein, was zum Übertreiben führte.

3.1.4.3 Stand der Technik

Eine unabhängige Verzögerungsüberwachung ist heute üblich.

3.1.4.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Solche Zwischenfälle sind nie auszuschließen.

3.1.4.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Durch unabhängige Verzögerungsüberwachung vermeidbar.

Blatt 13 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1955/56//511/512

3.1.5.1 Vorgang

Schächte Germania und Neumühl

Fahrtreglerwellenbruch

3.1.5.2 Beschreibung des Ereignisses

(Ursache und Wirkungen)

An den Fördermaschinen Germania und Neumühl brach die Antriebswelle zum Fahrtregler.

Ein Übertreiben wäre möglich gewesen. Die Schäden wurden jedoch rechtzeitig bemerkt.

3.1.5.3 Stand der Technik

Verlangt wird heute eine unabhängige weggerechte Retardierüberwachung und eine Antriebswellenüberwachung.

3.1.5.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Antriebswellenbrüche sind zwar selten, können aber jederzeit eintreten.

3.1.5.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Durch unabhängige weggerechte Überwachung vermeidbar.

Blatt 14 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1960/277

3.1.6.1 Vorgang

von Oeynhausenschacht 3 der Preußag

Übertreiben infolge Versagens der Fahrbremse bei Luftausfall und fehlender Mindestdrucküberwachung.

3.1.6.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht von Oeynhausen 3 der Preußag AG Kohle ereignete sich ein Übertreiben an der unregulierten Gleichstromfördermaschine durch einen konstruktiven und zugleich einen Bedienungsfehler. Die Körbe standen an den Endanschlüssen mit einer überhängenden Last oben und wurden nicht abgefertigt. Der Maschinist hatte entgegen der Anweisung nur die Fahrbremse aufgelegt und nicht die Sicherheitsbremse, als er in den Keller ging, um Öl für den Bremsluftkreis aufzufüllen. Das dafür notwendige Abstellen der Bremsluftzufuhr setzte die Fahrbremse außer Betrieb und ließ die Sicherheitsbremse nicht kommen, weil der Mindestdruckschalter für die Druckluftüberwachung zwischen Absperrventil und Kompressor angeordnet war. Die Körbe setzten sich durch die Überlast in Bewegung und durchfuhren den ganzen Schacht bis zum Übertreiben. Die erreichte Höchstgeschwindigkeit von etwa 10 m/s wurde nur deswegen nicht überschritten, weil trotz Nullstellung des Steuerhebels und Feldabschaltung noch Restmagnetismus mit generatorischer Bremswirkung vorhanden war.

Eine Geschwindigkeitsüberwachung im Verzögerungsbereich ist nicht vorhanden, wie bei allen unregulierten Gleichstrommaschinen.

Blatt 15 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.1.6.3 Stand der Technik

Die richtige Anordnung des Mindestdruckschalters hätte die Sicherheitsbremse unmittelbar ausgelöst. Im übrigen hätte auch eine Verzögerungsüberwachung das Übertreiben verhindert.

3.1.6.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Vorfall äußerst selten und konstruktiv bedingt.

3.1.6.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Vermeidbar durch richtige Konstruktion (s. 3.1.6.3).

Blatt 16 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1964/344

3.1.7.1 Vorgang

Schacht Camphausen II der Grube Camphausen-Franziska
Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.1.7.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Die unregelmäßige Gleichstromfördermaschine des Schachtes Camphausen II der Grube Camphausen-Franziska mit Steuerhebelrückführung hat keine Geschwindigkeitsüberwachung. Infolge von Störungen im Erregerkreis folgte die Maschine nicht ordnungsgemäß der selbsttätigen Steuerhebelrückführung, wodurch die Körbe über die Endanschläge hinausfuhren.

3.1.7.3 Stand der Technik

Eine Verzögerungsüberwachung ist jetzt für alle Anlagen gefordert.

3.1.7.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Solche Störungen sind nicht auszuschließen.

3.1.7.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Mit Überwachung der Geschwindigkeit vermeidbar.

LOBA NW 1965/219

3.1.8.1 Vorgang

Franzschacht der Zeche Anna

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.1.8.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Franzschacht der Zeche Anna wurde eine geregelte Gleichstromfördermaschine ohne Geschwindigkeitsüberwachung betrieben.

Infolge einer Unterbrechung des Istwertes der Regelung während des Umschaltens von einem Leonardumformer auf einen anderen geriet die Fördermaschine beim Anfahren zwangsläufig aus regeltechnischen Gründen außer Geschwindigkeitskontrolle. Da der Fahrweg bis zum Prellträger nur ca. 60 m betrug, konnte der Maschinist bei der großen Beschleunigung nicht mehr rechtzeitig reagieren. Der parallel festgestellte Schaden am Auslösemagneten für die Sicherheitsbremse hat ursächlich mit diesem Übertreiben nichts zu tun.

3.1.8.3 Stand der Technik

Alle geregelten Fördermaschinen haben seit ca. 1954 Geschwindigkeitsüberwachungen. Diese Fördermaschine gehörte zu den ersten mit Regelung und besaß aus unerklärlichen Gründen keine derartige Überwachung.

Blatt 18 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.1.8.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Störungen im Istwertkreis können jederzeit eintreten.

3.1.8.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Solche Störungen werden durch die üblichen Geschwindigkeitsüberwachungen und die gegenseitige Tachoüberwachung mit Sicherheit erfaßt.

OBA Saar 1974/137

3.1.9.1 Vorgang

Friedaschacht der Grube Reden

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.1.9.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Die Gleichstrommaschine im Friedaschacht der Grube Reden mit Steuergeräterückführung als Fahrtregler hat, wie alle derartigen Anlagen, keine Geschwindigkeitsüberwachung. Das versagende Verzögerungsschutz ließ die Rückführung nicht voll wirksam werden, so daß ein Übertreiben unvermeidbar war.

3.1.9.3 Stand der Technik

Eine punktweise oder andere Überwachung ist jetzt für alle Anlagen gefordert.

3.1.9.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Solche Störungen sind nicht auszuschließen.

3.1.9.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Mit Überwachung der Geschwindigkeit vermeidbar.

Blatt 20 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1976/34

3.1.10.1 Vorgang

Schacht Pluto 3

Unzureichendes Verzögern durch Defekt am Fahrtregler

3.1.10.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Gefäßförderanlage Pluto 3 östlich.

Bei ungeregelter Handsteuerung der Gleichstromfördermaschine mit einer einfachen Steuerhebelrückführung als Fahrtregler versagte diese mechanische Rückführung infolge LöSENS einer Mutter und Verklemmen der Hebel. Dadurch wurden die Körbe übertrieben.

3.1.10.3 Stand der Technik

Verzögerungsüberwachungen nach dem Stand der Technik hätten das Übertreiben verhindert. Derartige o. a. Fahrtregler haben keine Geschwindigkeitsüberwachungen irgendwelcher Art.

3.1.10.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Mit solchen mechanischen Defekten muß immer gerechnet werden.

3.1.10.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei einer Geschwindigkeitsüberwachung wäre dieses Übertreiben ausgeschlossen.

Blatt 21 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1978/111

3.1.11.1 Vorgang

Schacht Merlebach-Nord

Übertreiben infolge Defekts am Umformermotor

3.1.11.2 Beschreibung des Ereignisses (Ursache und Wirkungen)

An der Gleichstromfördermaschine mit unregelter Handsteuerung im Schacht Merlebach-Nord ereignete sich bei einhängender Seilfahrtlast durch Ausfall des Umformermotors ein Übertreiben.

3.1.11.3 Stand der Technik

Die o. a. Zusammenhänge sind bei Fahrtreglern, die nur aus einer Rückführungsmechanik bestehen, zwangsläufig.

Seit jedoch jeder Fahrtregler zusätzlich eine Überwachung haben muß, können diese Übertreiben nicht mehr vorkommen.

3.1.11.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Der Ausfall eines Umformers ist äußerst selten, jedoch nicht ausgeschlossen.

3.1.11.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei Fahrtregler mit Geschwindigkeitsüberwachung vermeidbar.

LOBA NW 1980/1

3.1.12.1 Vorgang

Schacht 4 der Zeche Minister Stein

Versagen des Fahrtreglers infolge Überschlags am Steuergerät.

3.1.12.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht 4 der Zeche Minister Stein wird eine unregelte Gleichstromfördermaschine mit Steuerhebelrückführung als Fahrtregler und wie üblich ohne Geschwindigkeitsüberwachung betrieben.

Während eines Seilfahrtzuges gab es am Steuergerät für den Erregerkreis des Leonardgenerators einen Überschlag mit der Folge, daß sich die Höchstgeschwindigkeit einstellte und noch überschritten wurde. Die Maschine war nicht mehr steuerbar. Der Maschinist versuchte, über die Fahrbremse zu verzögern, was bei dem bekannten Drehzahlverhalten nicht die Drehzahl herabsetzte sondern den Ankerstrom ansteigen ließ.

Der Überstromschutz löste die Sicherheitsbremse noch rechtzeitig vor Erreichen der Endanschläge aus.

3.1.12.3 Stand der Technik

Seit 1.1.1978 müssen alle neuen Antriebe, auch unregelte Gleichstrommaschinen eine Geschwindigkeitsüberwachung für den Höchstwert und die Verzögerung haben.

Blatt 23 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.1.12.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Dieser Vorfall ist als sehr unwahrscheinlich einzustufen.
Deshalb ist man auch bisher bei allen unregelmäßigen
Gleichstromantrieben ohne Geschwindigkeitsüberwachung
ausgekommen.

3.1.12.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Mit einer Geschwindigkeitsüberwachung nach dem Stand der
Technik absolut vermeidbar.

Blatt 24 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1954/414

3.2.1.1 Vorgang

Davyschacht 2 der Grube Luisenthal

Übertreiben infolge Defekts des Fahrtreglers und der Überwachung

3.2.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Die automatisch betriebene Gleichstromfördermaschine des Davyschachtes 2 der Grube Luisenthal wurde bei Handsteuerung übertrieben, weil Steuerung und Überwachung versagten. Laut Bericht haben mangelhafte Umschaltkontakte zwischen Güterförderung und Seilfahrt die Steuerung und Überwachung nicht betriebsbereit werden lassen.

3.2.1.3 Stand der Technik

Die aus dem Bericht erkennbaren grundsätzlichen Mängel der Anlage sind dadurch zu erklären, daß 1954 noch kaum Erfahrungen vorlagen. Nach dem heutigen Stand der Technik kann eine Geschwindigkeitsüberwachung nicht stromlos werden, ohne die Sicherheitsbremse auszulösen. Ein Stromausfall hätte ein absolutes Fahrthindernis zur Folge.

Darüber hinaus ist eine derartige gemeinsame Beeinflussung von Steuerung und Überwachung konstruktiv fehlerhaft.

Blatt 25 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Kontaktmängel sind nie auszuschließen

3.2.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Vermeidbar mit Überwachung.

Blatt 26 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1965/341

3.2.2.1 Vorgang

Wilhelmschacht der Grube König

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.2.2.2 Beschreibung des Ereignisses (Ursache und Wirkungen)

Die geregelte Gleichstromfördermaschine des Wilhelmschachtes der Grube König fuhr bei Handsteuerung mit eingehängender Last über die Endanschlüge hinaus. Der Fahrtregler ist irgendwann stehen geblieben, weil ein Scherstift abbrach. Der Korb-Fahrtreglervergleich brachte nur eine Meldung, die nicht beachtet wurde.

Die nicht ausreichende Unabhängigkeit von Steuerung und Überwachung ist die Ursache des Schadensfalles gewesen.

3.2.2.3 Stand der Technik

Gefordert ist Unabhängigkeit zwischen Steuerung und Überwachung. Der o.a. Vorfall kann nur durch eine weggerechte, punktweise Verzögerungsüberwachung abgesichert werden, wodurch die Unabhängigkeit von der Steuerung gewährleistet ist.

Natürlich ist auch eine nur auf diesen Fall zugeschnittene Abhilfe möglich. Man läßt über den Korbfahrtreglervergleich ggf. die Sicherheitsbremse auslösen.

Blatt 27 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.2.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Fahrtreglerantriebe können jederzeit versagen.

3.2.2.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Vermeidbar durch unabhängige, punktweise Verzögerungsüberwachung.

LOBA NW 1967/189

3.2.3.1 Vorgang

Schacht 2 der Zeche Emil Mayrisch

Übertreiben durch Überbrücken der Retardierüberwachung

3.2.3.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Gleichstromfördermaschine mit Regelung im Schacht 2 der Zeche Emil Mayrisch.

Während der Güterförderung ereignete sich ein Übertreiben mit größerem Schaden, weil man wesentliche Teile der Geschwindigkeitsüberwachung überbrückt hatte im Zuge einer Fehlersuche, bei der sich sonst die stillgesetzte Maschine nicht mehr fahren ließ.

Unvorsichtigerweise wurde bei diesen Arbeiten das Fördern mit voller Geschwindigkeit fortgesetzt.

3.2.3.3 Stand der Technik

Eine gute punktweise Retardierüberwachung hätte das Übertreiben mit Sicherheit verhindert, wenn sie nicht auch überbrückt worden wäre. Die Anlage hat nur eine kontinuierliche Verzögerungsüberwachung mit mangelhafter Unabhängigkeit.

Blatt 29 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.3.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bei derart groben Bedienungsfehlern ist ein Übertreiben immer möglich.

3.2.3.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Durch bessere Unterweisung des Personals vermeidbar.

Blatt 30 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1968/190

3.2.4.1 Vorgang

Schacht 1 der Zeche Osterfeld

Übertreiben durch Defekt des Fahrtreglers

3.2.4.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht 1 der Zeche Osterfeld wird eine automatische Gefäßförderung mit Gleichstrommotoren betrieben. Ein automatischer Förderzug wurde durch eine Sicherheitsbremsung unterbrochen und nach Beseitigen der Störung vom Maschinisten versehentlich in der falschen Richtung zu Ende geführt. Dabei geriet das noch dazu überladene volle Gefäß in die unteren Verdickungen und das leere in die oberen.

Die mechanische Steuergerätrückführung in Verbindung mit einem weichen Regelverhalten ließ den Verzögerungsweg entsprechend der übernormalen Einhängelast länger werden. Die kontinuierliche Geschwindigkeitsüberwachung muß zu weit gestellt gewesen sein, so daß ein Übertreiben eintrat.

3.2.4.3 Stand der Technik

Gefäßförderungen haben eine Einhängelastsperrung bei Automatik und erzwingen bei Handbedienung und Einhängelast eine Schleichgeschwindigkeit.

Blatt 31 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.4.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Überladungen lassen sich zwar durch vorheriges Wiegen vermeiden, sind jedoch manchmal nicht zu umgehen.

3.2.4.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Die o. a. Sicherungen (Einhängelastsperr) vermeiden das Übertreiben.

Eine sachgerechte unabhängige Verzögerungsüberwachung hätte das Übertreiben trotz Überladung wesentlich gemildert.

Blatt 32 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1971/87

3.2.5.1 Vorgang

Schacht 2 der Zeche Niederberg

Übertreiben durch Defekt in Steuerung und Überwachung

3.2.5.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Eine Gleichstromfördermaschine mit Regelung im Handbetrieb ist nach Defekt in der Steuerung und Überwachung über die Endanschlüge hinausgefahren. Dabei entstand verhältnismäßig geringer Sachschaden.

Wegen Ausfalls beider Tachomaschinen war das Übertreiben unvermeidlich.

3.2.5.3 Stand der Technik

Die Tachomaschinen der Steuerung und Überwachung müssen elektrisch voneinander unabhängig sein. Außerdem muß die eine vom Seilträger und die andere vom Fahrtregler angetrieben werden. Die o. g. Tachomaschinen sind elektrisch gemeinsam mit Erregerstrom versorgt worden, mußten bei Stromausfall also gleichzeitig ausfallen.

3.2.5.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Nach heutiger Technik Vorfall nicht möglich, weil beide Tachomaschinen stets elektrisch unabhängig sind.

3.2.5.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Vorfall vermeidbar.

Blatt 33 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1971/84

3.2.6.1 Vorgang

Schacht 1 der Zeche Haus Aden

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung.

3.2.6.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Geregelte Gleichstromfördermaschine mit Gefäßen im Schacht Haus Aden 1 östlich. Der Maschinist fuhr vier Schachthauer auf dem Gefäßdeckel während Reparaturarbeiten über längere Zeit meterweise in wechselnden Richtungen durch den Schacht. Gegen Schichtende fuhr er entsprechend einer Anweisung über Fördermitteltelefon mit Höchstgeschwindigkeit (rd. 11 m/s) zu Tage und gegen die Prellträger bzw. in den Schachtsumpf. Die Schachthauer wurden erheblich verletzt.

Der Fahrtregler hatte sich unbemerkt während eines längeren Stillstandes verstellt. Der Nachstellmotor war fehlerhaft angelaufen und hatte den Fahrweg um 242 m nach oben scheinbar verlängert.

Auch die kontinuierliche Überwachung war damit verstellt und unwirksam geworden. Der Vergleich zwischen den Stellungen von Fahrtregler und Fördermittel durch einen Schachtschalter zu Beginn der Verzögerung kommt bei Handsteuerung nur als Meldung, die der Maschinist wegen der Vielzahl von Meldungen übersah.

Blatt 34 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.6.3 Stand der Technik

Eine weggerechte punktweise Verzögerungsüberwachung hätte das Übertreiben mit Sicherheit verhindert. Hier wird die Schwäche der kontinuierlichen Verzögerungsüberwachung sichtbar. Nachgebessert wurde diese Überwachung gleich in zwei Punkten: der Schachtschalter zusammen mit dem Korb-Fahrtreglervergleich muß auf die Sicherheitsbremse wirken und der Nachstellmotor darf nur maximal 5 m nachstellen.

3.2.6.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Man muß immer damit rechnen, daß der Fahrtregler, d. h. die Steuerung, versagt.

3.2.6.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Eine schachtabhängige, weggerechte, punktweise Verzögerungsüberwachung macht solche Vorfälle vermeidbar oder die nachgebesserte kontinuierliche Überwachung.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 35 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1973/140

3.2.7.1 Vorgang

Schacht Camphausen 2 der Grube Camphausen

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.2.7.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Gefäßförderanlage im Schacht 2 der Grube Camphausen. Übertreiben durch fehlerhaftes Verstellen des Fahrtreglers.

3.2.7.3 Stand der Technik

3.2.7.4/5 Bewertungen wie LOBA NW 1971/84 (Haus Aden) (3.2.6)

LOBA NW 1973/60

3.2.8.1 Vorgang

Schacht Robert der Zeche Heinrich Robert

Übertreiben durch Defekt der Fahrtregelung

3.2.8.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

An der westlichen Gefäßförderanlage im Schacht Robert der Zeche Heinrich Robert kam es bei der automatischen Güterförderung zu einem Übertreiben bis zum Prellträger bzw. Schachtsumpf. Die Anlage kann 14 t Überlast mit 20 m/s aus 1065 m Teufe fördern. Der Fahrtregler hat die Typenbezeichnung II K 1 (BBC).

Bei einer Reparatur an der Fahrtreglerkupplung wurde der Fahrtregler über das Wegende hinaus unbemerkt verdreht, so daß die Rollenhebel von der Verzögerungs- und der Überwachungskurve noch rückwärts herunterfielen. Nach der Kupplungsreparatur wurde der Fahrtregler wieder in seine Ausgangsposition gebracht. Dabei blieb erneut unbemerkt, daß die Rollen die steilen rückwärtigen Kurvenflanken nicht hochkletterten sondern die Hebel sich seitwärts verbogen und die Rollen als Sollwertgeber auf den Werten höchster Geschwindigkeit sowohl für Steuerung als auch für Überwachung stehen blieben.

Unglücklicherweise fand der nächste Förderzug automatisch und mit normaler, hoher Geschwindigkeit statt und nicht als Probezug. Dieser Förderzug wurde weder verzögert noch überwacht, weil beide Sollwertgeber, wie oben beschrieben, nicht arbeiten konnten.

Blatt 37 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.2.8.3 Stand der Technik

Die im Bericht erwähnte Abhilfe, mit einem Schalter die richtige Anfangsstellung des Sollwertgebers der Überwachung (Rollenhebel) jeweils bei Zugende abzufragen, würde nach dem heutigen Stand der Technik kaum noch ausreichen.

Nach der TAS sind seit 1.1.1978 zwei Verzögerungsüberwachungen wahlweise vorgeschrieben, entweder die kontinuierliche mit einem Schachtschalter, der nach Beginn der Verzögerung das Absinken der Überwachungssollspannung kontrolliert oder die punktweise Überwachung mit in der Regel mindestens drei Schachtschaltern, die schachtweggerecht, unabhängig von Kurven, die Verzögerung überwachen.

Auf Grund der eindeutigen Unabhängigkeit der letzteren Überwachung von der Steuerung ist die punktweise Überwachung vorzuziehen.

3.2.8.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Es muß als wenig wahrscheinlich eingestuft werden, daß sich eine solche Kette von Unkenntnissen, Unaufmerksamkeiten und Unvorsichtigkeiten wiederholt. Dennoch ist eine Wiederholung nicht ausgeschlossen.

3.2.8.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Hätte man nach dieser Reparatur am Fahrtregler erst einen Probeförderzug mit vermindelter Geschwindigkeit gemacht, wäre der Fehler erkannt worden.

Nach dem heutigen Stand der Technik, dem Einsatz einer punktweisen schachtabhängigen Verzögerungsüberwachung wäre der Schadensfall auch ohne Probezug nicht eingetreten.

Blatt 38 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1965/220

3.3.1.1 Vorgang

Schacht 2 der Zeche Pörtingssiepen

Übertreiben durch Fahrtreglerversagen

3.3.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht 2 der Zeche Pörtingssiepen wurde eine automatische Drehstromfördermaschine betrieben.

Ein unterbrochener automatischer Einhängezug wurde durch den Maschinisten zu Ende gefahren und übertrieben. Hydraulischer Fahrtregler und Überwachung verhinderten nicht das geringe Übertreiben, weil beide offensichtlich zu weit gestellt waren.

3.3.1.3. Stand der Technik

Eine weggerechte Verzögerungsüberwachung hätte das Übertreiben verhindert, jedoch umso weniger je mehr das übliche und zulässige Beladungsgewicht eventuell überschritten war.

Sicherheitsbremskraft durch Ansprechen der Überwachung und Fahrbremskraft durch Ansprechen des Fahrtreglers können nur das normale Übergewicht einhängend mit ausreichendem Bremsweg verzögern.

3.3.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Mit gewisser Überladung muß bei angestregtem Förderbetrieb mit Steinkohlen wegen des unterschiedlichen Bergeanteils gerechnet werden.

3.3.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Gewisse Unsicherheiten beim Einhalten der zulässigen Beladung werden jedoch durch den ca. 10 m langen Überfahrweg aufgefangen. Durch eine, weggerechte Überwachung vermeidbar, jedoch um so weniger je größer die Überladung.

LOBA NW 1976/35

3.3.2.1 Vorgang

Nordschacht der Preußag

Übertreiben durch mangelhaft ausgelegte punktweise Überwachung

3.3.2.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Nordschacht der Preußag AG Kohle mit einer automatisch betriebenen Gleichstromfördermaschine.

Das Übertreiben fand bei Handbetrieb statt. Ein Rollenkontakt am Fahrtregler versagte, vermutlich vom Korb-Fahrtreglervergleich und die Maschine setzte sich still. Der Maschinist fuhr nach Überbrücken entsprechender Kontakte weiter, um die Seilfahrenden aus ihrer Lage im Schacht zu befreien, jedoch nicht ganz vorsichtig genug.

Die kontinuierliche Verzögerungsüberwachung war durch die Überbrückung unwirksam geworden. Die zusätzliche, aber nicht ganz echte punktweise Verzögerungsüberwachung - sie arbeitet neben Schachtschaltern auch mit Fahrtreglerkurvenpunkten - war außerdem nicht ausreichend konstruiert. Einfahrgeschwindigkeiten unter 8,5 m/s blieben unkontrolliert.

Blatt 41 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.3.2.3 Stand der Technik

Eine gut konstruierte, nur auf Schachtschaltern basierende, punktweise Verzögerungsüberwachung, wie sie seit ca. 1955 eingeführt ist, hätte den Vorfall verhindert, zumal kein Anlaß für eine Überbrückung dieser Überwachung vorlag.

3.3.2.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Solche Störungen an Rollkontakten sind immer möglich.

3.3.2.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Durch o. a. punktweise Überwachung vermeidbar, jedoch auch bei besserer Unterweisung der Maschinisten.

OBA Clausthal-Zellerfeld 1978/174

3.3.3.1 Vorgang

Schacht Niedersachsen

Einfahrtgeschwindigkeit zu hoch durch Defekt bei der Sollwertvorgabe

3.3.3.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

An der automatischen Gefäßförderanlage Niedersachsen fand eine geringes Übertreiben dadurch statt, daß die Sollwertspannung für die Regelung durch Versagen eines Schützes kurz vor dem Einfahren wieder anstieg. Die daraufhin ansteigende Geschwindigkeit führte zum Übertreiben. Die Qualität der Überwachung war nicht ausreichend.

3.3.3.3 Stand der Technik

Verzögerungsüberwachungen nach dem Stand der Technik hätten auch dieses geringe Übertreiben verhindert.

3.3.3.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Mit den beschriebenen Störungen im Regelkreis muß immer gerechnet werden.

3.3.3.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Moderne Verzögerungsüberwachungen verhindern auch solche Übertreiben und setzen die Förderanlage ggf. rechtzeitig still.

Blatt 43 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Clausthal-Zellerfeld 1979/173

3.3.4.1 Vorgang

Schacht Asse 2

Geringes Übertreiben durch falsch eingestellten Grenzwert

3.3.4.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht Asse 2 führen die Körbe bei der Revision durch einen Bedienungsfehler im Zusammenhang mit dem zu hoch eingestellten Grenzwert eines Überwachungsschalters über die beiden Endstellungen hinaus.

3.3.4.3 Stand der Technik

Weggerechte punktweise Überwachungen mit fest eingestellten Geschwindigkeitssollwerten in Form einer geschlossenen, un stetigen Spannungskurve haben sich seit drei Jahrzehnten bewährt. Bedienungs- oder Einstellungsfehler während der Revision sind dabei nicht möglich.

3.3.4.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bedienungsfehler und falsch eingestellte Grenzwerte an dem bekannten Lichtzeigerinstrument sind immer möglich.

3.3.4.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bedienungsfehler sind nicht auszuschließen. Einstellungsfehler sind nur möglich, wenn z. B. bei Revisionen regelmäßig Verstellung vorgenommen werden müssen. Besser sind Prüfschaltungen, die bei Fehlbedienungen immer zur sicheren Seite auslösen.

3.3.5.1 Vorgang

Zeche Osterfeld

Versagen der Einfahrüberwachung und Übertreiben mit Förderseilriß

3.3.5.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Bei einem 400 KW Haspel in einem Blindschacht der Zeche Osterfeld wurde der beladene Korb nach unten mit der vollen Geschwindigkeit von 4 m/s von Hand gesteuert, ohne am Ende die Steuerung zurückzunehmen. Die 50 % Einfahrüberwachung sprach nicht an, weil der Abstand zwischen Magnet und Schalter zu groß war. Der Seilriß bei nur 4 m/s Endgeschwindigkeit ist allein durch Fehlen der verdickten Spurlatten zu erklären.

3.3.5.3 Stand der Technik

Schachtmagnetschalter sind wesentliche Bestandteile von Geschwindigkeitsüberwachungen an bestimmten Schachtpunkten. Stand der Technik ist auch die selbsttätige Überwachung der Schaltung nach jedem Förderzug, jedoch oft nicht bei ausschließlich handgesteuerten Häspeln. Im übrigen sind auch die Führungsqualitäten in Blindschächten in der Regel schlechter als in Tagesschächten, womit das o. a. Versagen erklärt werden kann.

Blatt 46 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.3.5.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Sehr selten, jedoch nicht auszuschließen.

3.3.5.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Durch selbsttätige Überwachung der Schachtschalter jeweils am Zugende vermeidbar.

Blatt 47 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1978/23

3.4.1.1 Vorgang

von Oeynhausenschacht 3 der Preußag

Fehlerhaftes stromloses Beschleunigen beim Einhängen bei
Stromrichtermaschine

3.4.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Die Gleichstromfördermaschine im Schacht 3 von Oeynhausen der Preußag AG Kohle lief beim Öffnen der Fahrbremse ohne Strom mit vollem Gefäß abwärts los. Durch wenig geschickte Handhabung der Fahrbremse kam es zum Seilrutsch mit anschließendem Übertreiben. Die Impulsverstärker für die Zündimpulse der Thyristoren hatten infolge nicht ausreichender Spannungsversorgung versagt.

3.4.1.3 Stand der Technik

Ohne Seilrutsch zu verursachen, hätten die vorhandenen Geschwindigkeitsüberwachungen die Sicherheitsbremse rechtzeitig ausgelöst. Jedoch sollte bei Energieausfall gleich die entstehende Beschleunigung zur Auslösung führen. Als Kriterium für Energieausfall sollte fehlender Ankerstrom bei wachsender Drehzahlregelabweichung dienen. Ferner sollen Steuerhebel- und Fahrtrichtung vergleichend abgefragt werden.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 48 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.4.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Sehr unwahrscheinlich

3.4.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei Anwendung o. a. Maßnahmen vermeidbar.

OBA Clausthal-Zellerfeld 1979/71

3.5.1.1 Vorgang

Achenbachschacht

Übertreiben durch unzureichende Bremskraft

3.5.1.2 Beschreibung des Ereignisses

Die automatisch betriebene Fördermaschine des Achenbachschachtes des Erzbergwerkes Grund mit Umsetzautomatik setzte nach dem Abfertigen in der falschen Richtung um. Als Ursache wurde ermittelt, daß ein Spannungsausfall mit Sicherheitsbremsung während der Bündigstellung die Speicherstellung hatte umkippen lassen. Die anschließende Fahrt in der falschen Richtung verlief ohne elektrischen Verzögerungsbefehl, so daß die Verzögerungsüberwachung die Sicherheitsbremse auslöste. Die dabei sich einstellende Bremskraft war nicht ausreichend.

3.5.1.3 Stand der Technik

Das entscheidende Problem bei diesem Vorfall soll allein die nicht ausreichende Bremskraft sein. Nähere Untersuchungen darüber sind nicht bekannt.

Blatt 50 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.5.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Mangelnde Bremskräfte sind möglich. Zu begegnen ist diesem Problem neben zuverlässigen Bremskonstruktionen nur durch oftmaliges Prüfen der Bremswirkung, weil die Reibverhältnisse sich unbemerkt ändern können, wenn auch nicht kurzfristig.

3.5.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei regelmäßigen Bremswirkungsprüfungen, z.B. monatlich, vermeidbar.

Blatt 51 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1977/27

3.6.1.1 Vorgang

von Oeynhausenschacht 3 der Preußag

Übertreiben durch ungenügende Abstimmung zwischen Sicherheitsbremsung und Energieabschaltung.

3.6.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Im Schacht von Oeynhausen 3 östlich der Preußag-AG Kohle wird eine moderne automatische Gefäßfördermaschine betrieben.

Noch während des ersten Betriebsjahres offenbar infolge nicht ausreichender Sorgfalt bei der Inbetriebsetzung ereignete sich ein geringes Übertreiben, weil der an sich nicht reversierbare Vorgang, Auslösen der Sicherheitsbremse und Abschalten der Energie sich kurzfristig umkehrte.

3.6.1.3 Stand der Technik

Die Anlage entspricht dem heutigen Stand der Technik.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 52 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.6.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bei sorgfältiger Inbetriebnahme ist der Vorfall nahezu ausgeschlossen.

3.6.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei richtiger Einstellung der doppelt vorhandenen Schaltelemente ist der Vorfall vermeidbar.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 53 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1959/479

3.7.1.1 Vorgang

Schacht Centrum 7

Übertreiben durch Bedienungsfehler

3.7.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Centrum 7;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 54 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1951/601

3.7.2.1 Vorgang

Schacht Königsborn 2

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.2.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr.: Dampffördermaschine Schacht Königsborn 2;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 55 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1953/563

3.7.3.1 Vorgang

Schacht Rheinbaben

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.3.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Rheinbaben;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

Blatt 56 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1959/373

3.7.4.1 Vorgang

Geisheckschacht 2 der Grube Heinitz

Übertreiben durch Defekt am Fahrtreglerendschalter

3.7.4.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Geisheckschacht 2
der Grube Heinitz;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 57 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1959/471

3.7.5.1 Vorgang

Schacht Graf Bismarck 6

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler und
Seilrutsch

3.7.5.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Graf Bismarck 6;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 58 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1964/233

3.7.6.1 Vorgang

Schacht Ewald 7

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler und Bedienungsfehler

3.7.6.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Ewald 7;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 59 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1947/689

3.7.7.1 Vorgang

Schacht Neumühl

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler und
Bedienungsfehler

3.7.7.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Neumühl;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 60 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1961/270

3.7.8.1 Vorgang

Schacht Friedrich Thyssen 5

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.8.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Friedrich Thyssen 5;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 61 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1950/629

3.7.9.1 Vorgang

Schacht unbekannt

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler und Seilrutsch

3.7.9.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht unbekannt;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 62 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1950/625

3.7.10.1 Vorgang

Schacht unbekannt

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.10.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht unbekannt;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

Blatt 63 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1951/439

3.7.11.1 Vorgang

Wilhelmschacht 1 der Grube König

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.11.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Wilhelmschacht 1
der Grube König;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 64 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1959/472

3.7.12.1 Vorgang

Schacht Recklinghausen 2

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler

3.7.12.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht im Schacht 2
der Zeche Recklinghausen II;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 65 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Dortmund 1949/651

3.7.13.1 Vorgang

Schacht Hugo 5

Übertreiben durch Defekt am Fahrtregler und Seilrutsch

3.7.13.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Dampffördermaschine Schacht Hugo 5;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 66 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1980/4

3.8.1.1 Vorgang

Schacht Prosper 2

Stromrichterschaden

3.8.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Prosper 2;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 67 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1978/22

3.8.2.1 Vorgang

Schacht Fürst Leopold 1

Überschlag an Kreuzschienenverteiler zwischen
Fördermotor und Umformer

3.8.2.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Fürst Leopold 1;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 68 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1978/106

3.8.3.1 Vorgang

Schacht Göttelborn 2

Motorwicklungsschaden

3.8.3.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Göttelborn 2;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 69 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1977/114

3.8.4.1 Vorgang

Schacht Göttelborn 2

Erdschluß im Leonardkreis

3.8.4.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Göttelborn 2;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 70 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Clausthal-Zellerfeld 1976/175

3.8.5.1 Vorgang

Schacht Mariagluck

Motorwicklungsschaden

3.8.5.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Mariagluck;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 71 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1976/33

3.8.6.1 Vorgang

Schacht Prosper 6

Stromrichterstörung

3.8.6.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Prosper 6;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 72 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1975/46

3.8.7.1 Vorgang

Schacht Pattberg 1

Motorschaden durch Stillstandstrom infolge defekter
Ankerstromnullregelung

3.8.7.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Pattberg 1 westlich;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 73 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1975/47

3.8.8.1 Vorgang

Schacht Emil Mayrisch

Schäden an Fördermotor und Umformer infolge Aus- und
Einschaltens der Umformer während eines Förderzuges

3.8.8.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Emil Mayrisch;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 74 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Hessen 1975/164

3.8.9.1 Vorgang

Schacht Grimberg (Kali und Salz)

Kontaktstörung an der Steuerung

3.8.9.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Grimberg (K. u. S.);

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 75 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1974/134

3.8.10.1 Vorgang

Schacht Richard 1 der Grube Luisenthal

Motorwicklungsschaden

3.8.10.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Richard 1 der Grube Luisenthal;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 76 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1972/145

3.8.11.1 Vorgang

Warndtschacht der Grube Warndt

Stromrichterschaden

3.8.11.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Warndtschacht;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 77 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1971/91

3.8.12.1 Vorgang

Schacht Emscher Lippe 1

Defekt bei der Energieabschaltung eines
Drehstromfördermotors

3.8.12.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Emscher Lippe 1;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 78 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1968/189

3.8.13.1 Vorgang

Schacht Mathias Stinnes 5

Umformerschaden

3.8.13.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Mathias Stinnes 5;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 79 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1967/200

3.8.14.1 Vorgang

Schacht Carl Funke 2

Defekt bei der Selbsterregung mit Umpolung der
Drehrichtung nach Stillstand

3.8.14.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Carl Funke 2;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 80 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1966/334

3.8.15.1 Vorgang

Wilhelmschacht 2 der Grube König-Dechen

Energieausfall

3.8.15.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Wilhelmschacht 2 der Grube König-Dechen,

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

OBA Saar 1966/335

3.8.16.1 Vorgang

Wilhelmschacht 2 der Grube König-Dechen

Energieausfall und Richtungsumkehr durch Defekt der
Fahrregelung

3.8.16.2 Beschreibung des Ereignisses (Ursache und Wirkungen)

Die automatisch betriebene Fördermaschine des Wilhelm-
schachtes 2 der Grube König-Dechen änderte während
des Zuges im Verzögerungsbereich die Fahrtrichtung,
weil das Feld des Motors mit Feldumkehrsteuerung aus-
gefallen war und dann die Antriebsenergie fehlte. Wo-
durch der Zug zum Stehen kam, wird nicht berichtet. Es
wird jedoch angenommen, daß die bei solchen Anlagen
üblichen Fahrtrichtungsüberwachungen die Sicherheits-
bremse ausgelöst haben.

Im Falle eines Einhänge-Zuges hätte nur eine unabhän-
gige Verzögerungsüberwachung das Übertreiben verhin-
dern können, weil dann bei Energieausfall die Fahrt-
richtung sich nicht ändert.

3.8.16.3 Stand der Technik

Fahrtrichtungsüberwachung und unabhängige Ver-
zögerungsüberwachung sind Stand der Technik.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 82 zum Gutachten vom 12.7.1983

3.8.16.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Energieausfall ist nicht vermeidbar.

3.8.16.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Evtl. Übertreiben jedoch vermeidbar durch Umkehrsperre
und unabhängige Verzögerungsüberwachung.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 83 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1963/250

3.8.17.1 Vorgang

Schacht Emil Mayrisch

Motorschaden

3.8.17.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Emil Mayrisch

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 84 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1963/251

3.8.18.1 Vorgang

Schacht Carl Alexander

Umformerschaden

3.8.18.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Carl Alexander;

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 85 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Clausthal-Zellerfeld 1963/308

3.8.19.1 Vorgang

Schacht Siegfried-Giesen

Motorwicklungsschaden

3.8.19.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Siegfried Giesen

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 86 zum Gutachten vom 12.7.1983

LOBA NW 1961/271

3.8.20.1 Vorgang

Schacht Carl Alexander

Umformerausfall

3.8.20.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Carl Alexander

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

Blatt 87 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1956/392

3.8.21.1 Vorgang

Schacht 1 der Grube Camphausen

Motorwicklungsschaden

3.8.21.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht 1 der Grube Camphausen

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE
Seilprüfstelle · Institut für Fördertechnik und Werkstoffkunde

Blatt 88 zum Gutachten vom 12.7.1983

OBA Saar 1955/409

3.8.22.1 Vorgang

Schacht Victoria 1

Motorwicklungsschaden

3.8.22.1 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

Betr. Schacht Victoria 1

vgl. zusammenfassende Bewertung unter 4

LOBA NW 1980/3

3.9.1.1 Vorgang

Zeche Heinrich Robert

Fehlerhafte Abfahrt des Fördermittels

3.9.1.2 Beschreibung des Ereignisses
(Ursache und Wirkungen)

An der automatischen Selbstfahrerseilfahrtanlage in einem Blindschacht der Zeche Heinrich Robert fuhr der am Anschlag stehende Korb bei offenem Tor ab infolge eines Defekts im Fahrbremsstromkreis.

3.9.1.3 Stand der Technik

Nach dem Stand der Technik hätte dieser Defekt unmittelbar nach der ersten Korbbewegung eine Sicherheitsbremsung zur Folge haben müssen.

3.9.1.4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Weil der Fahrbremskreis nach den Richtlinien für Sicherheitskreise aufgebaut sein muß, ist eine solche Störung sehr unwahrscheinlich.

3.9.1.5 Bewertung der Vermeidbarkeit

Bei richtiger Konstruktion, d. h. der Fahrbremskreis wird durch den Sicherheitskreis überwacht, oder der Fahrbremskreis wird wie ein Sicherheitskreis aufgebaut, ist dieser Vorfall vermeidbar.

4 Zusammenfassende Bewertung der Unfälle und Schadensfälle

4.1 Dampffördermaschinen (3.7) sind seit Jahren sicherheitstechnisch nicht weiterentwickelt worden. Fahrtregler und Bremsen entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik.

Auf eine Bewertung soll daher verzichtet werden. 13 Übertreibenfälle wurden durch Mängel an Fahrtreglern, an Bremsen und bei der Bedienung verursacht. Überwachungseinrichtungen gibt es nicht.

4.2 Unter 3.8 sind alle Schadensfälle an Elektroeinrichtungen zusammengefaßt, die nicht zu einem Übertreiben geführt haben. Die Mehrzahl passierte bei stehender Fördermaschine. Alle Fälle verliefen ohne Risiken für Seilfahrende und Fördergut.

Eine sachgerechte Geschwindigkeitsüberwachung hätte auch diese Fälle abgedeckt.

4.3 Der Einzelfall einer Abfahrt trotz Sperrbefehl (3.9.1) läßt sich sicherheitlich lösen bei richtiger Konstruktion von Abfahrsperrkreis, Fahrbremskreis und absicherndem

Sicherheitskreis. Ein offenes Tor muß über den Abfahrsperrkreis die Abfahrt verhindern. Überlagert ist der Sicherheitskreis. Er muß bei Abfahrt und offenem Tor bei Versagen des Abfahrsperrkreises die Sicherheitsbremse auslösen.

- 4.4 Der Einzelfall (3.6) einer ungenügenden Abstimmung zwischen Auslösen der Sicherheitsbremse und Abschalten der Energie ist nicht unbedenklich. Die Störung wurde jedoch durch einen besonderen Konstruktionsmangel verursacht und trat während der Einfahrphase auf. Bei sorgfältiger Inbetriebnahme und Abnahme kann davon ausgegangen werden, daß dieser Vorfall einmalig bleibt. Er wäre durch Verdoppelung der Schaltelemente an den entscheidenden Stellen ganz auszuschließen.
- 4.5 Einer von insgesamt 64 untersuchten Vorfällen (3.5) betrifft ein Übertreiben infolge ungenügender Sicherheitsbremskraft nach den verfügbaren Angaben. Ob die Verzögerungsüberwachung vielleicht durch falsche Einstellung als Ursache in Frage kommt, wird nicht angegeben. Hier werden gewisse Zweifel angemeldet, weil jeder Maschinist nach minimaler Unterweisung in der Lage ist, die Sicherheitsbremskraft regelmäßig zu überprüfen. Es gehört zu den großen Seltenheiten, daß zwischen Bremskränzen und Bremsbacken der erforderliche Mindestreibwert von 0,4 nicht zustandekommt. Andererseits ist ein Maschinist kaum in der Lage, die richtige Einstellung der Verzögerungsüberwachung zu überprüfen. Es gibt bei diesen Überwachungen erhebliche Qualitätsunterschiede, über die noch gesprochen werden soll. Bei ungenügender Sicherheitsbremskraft gibt es jedoch keinen Ausweg. Hier hilft allein die

tägliche Kontrolle der Bremswirkung, die aber für vollkommen ausreichend gehalten wird. Bei der o. a. Sicherheitsbremskraft ist die der Seilrutschgrenze angepaßte Teilbremskraft gemeint und nicht die durch Gewicht oder Federn zustandekommende Sicherheitsbremskraft mit mindestens 3facher statischer Sicherheit (Haltebremskraft).

- 4.6 Das Übertreiben infolge Seilrutsch (3.4), verursacht durch übergroße Fahrbremskräfte ist bei diesem Einzelfall eindeutig ein Bedienungsmangel. Abhilfe kann nur durch ständig wiederholte Unterweisungen geschaffen werden.
- 4.7 Übrig bleiben unter den insgesamt 64 in die Untersuchung einbezogenen Vorfällen 25 Übertreibenfälle von Elektrofördermaschinen durch Defekte oder durch Konstruktionsfehler an Steuerung und Überwachung (2.1 12 Fälle; 2.2 8 Fälle; 2.3 5 Fälle; einzeln besprochen unter 3.1, 3.2 und 3.3). Es sei daran erinnert, daß die nicht diskutierten 13 Übertreibenfälle an Dampffördermaschinen ausschließlich durch Mängel oder Bedienungsfehler an Fahrtreglern und Bremsen entstanden sind.
- 4.8 Die 12 beurteilten Übertreibenfälle an Elektrofördermaschinen durch Störung in der Steuerung bei fehlender Überwachung (2.1 bzw. 3.1) bedürfen keiner Diskussion. Bei fehlender Überwachung ereignen sich diese Übertreiben mehr oder weniger zwangsläufig. Fahrtregler ohne Überwachungen sind nicht mehr Stand der Technik.
- 4.9 Die 8 Übertreibenfälle durch gleichzeitige Störung der Steuerung und Überwachung (2.2 bzw. 3.2) infolge fehlender Unabhängigkeit zwischen Steuerung und Überwachung

machen grundsätzliche Gedankenfehler bei der Konstruktion deutlich. Man kann sie über drei Jahrzehnte, bei vielen Konstruktionen sogar bis in die neuesten Vorschriften hinein (TAS), verfolgen.

Entscheidend ist die Auslegung des Begriffs Unabhängigkeit. Eine sehr häufig verwendete Fahrtreglerkonstruktion besteht pro Trum aus einer Kurvenscheibe mit Rollenhebel und Spannungsgeber für die Verzögerungssteuerung am Fahrwegende sowie einer zweiten gleichartig ausgestatteten Kurvenscheibe für die Überwachung dieser Verzögerung.

Steuerkurve und Überwachungskurve werden gemeinsam über dieselbe Mechanik vom Seilträger bewegt. Das gemeinsame Versagen und damit Übertreiben ist mit dieser Konstruktion vorprogrammiert. Erste Abhilfe gegen diese vollkommene Abhängigkeit von Steuerung und Überwachung war ein Schachtmagnetschalter vor Beginn der Verzögerung als Kontrollpunkt für den Korb-Fahrtreglervergleich.

Unglücklicherweise hat man früher aus Sorge um ungewollte Sicherheitsbremsungen diesen Vergleichsschalter oft nur bei automatischem Betrieb auf den Sicherheitskreis geführt. Bei einigen Anlagen erschien im Handbetrieb und gefährlichem Voreilen des Korbes gegenüber der Fahrtreglerkurve eine Störmeldung. Im Ernstfall wäre ein Maschinist kaum in der Lage gewesen, das Übertreiben zu verhindern.

Andere Schadensfälle haben zu weiteren Verbesserungen dieses Korb-Fahrtreglervergleichs geführt. In den neuen Vorschriften (TAS) heißt es jetzt, daß mindestens ein Schachtschalter das rechtzeitige Einsetzen der Überwachungskurve feststellen muß.

Eine andere Abhilfemaßnahme gegen das o. a. Grundübel der Konstruktion ist die gegenseitige Überwachung der beiden Tachomaschinen. Da die Regeltachomaschine unmittelbar vom Seilträger angetrieben wird und die Überwachungstachomaschine vom Fahrtregler, erfüllt die sog. gegenseitige Überwachung zugleich mehrere Funktionen: Der Übertragungsweg zwischen Seilträger und Fahrtregler wird überwacht, eine unerläßliche Forderung an die sonst untaugliche Konstruktion und das Vorhandensein der Istspannungen wird abgefragt. Würde der Überwachungswert ausfallen, wäre die Geschwindigkeitsüberwachung unbemerkt ohne Wirkung und würde der Regelwert ausfallen, geriete die Geschwindigkeitsregelung außer Kontrolle.

Hierbei ist Voraussetzung, daß beide Tachomaschinen nicht nur mechanisch getrennt sind wie beschrieben, sondern auch elektrisch unabhängig sein müssen; darüber hinaus ist das gemeinsame Ausfallen nicht einkalkuliert. Die 8 Vorfälle beweisen, wie lange es gedauert hat, bis das Grundübel der kontinuierlichen Überwachung, die Abhängigkeit von der Steuerung und vom ungesicherten Gleichlauf zwischen Seil und Seilträger, einigermaßen behoben wurde.

Das in diesem Zusammenhang geprägte Wort Hüllkurvenüberwachung soll auf die Lückenlosigkeit hinweisen, kann aber über die geschilderten Schwächen kaum hinweghelfen. Es ist auch keineswegs sicher, ob alle zukünftigen Störungsmöglichkeiten mit den beschriebenen Abhilfemaßnahmen abgesichert sind.

Im Gegensatz zu dieser Gesamtkonzeption der kontinuierlichen Überwachung steht die für Treibscheibenanlagen gedachte, schachtabhängige, punktweise Verzögerungsüberwachung. Sie ist von einer Elektrofirma vor drei Jahrzehnten eingeführt worden und hat sich bisher in allen Fällen als überlegen gezeigt. Sie ist ähnlich, aber nicht gleichwertig der Konstruktion unter Verwendung von Grenzwertinstrumenten und einer Tachomaschine über die noch berichtet werden soll. Ein Fahrtregler mit dieser Überwachung besteht z. B. pro Trum aus einer Kurvenscheibe mit Rollenhebel und Spannungsgeber für die Verzögerungssteuerung am Fahrwegende. Die Überwachungskurve fehlt jedoch. Lediglich die Überwachungstachomaschine befindet sich nach am Fahrtreglerapparat. Entlang der Verzögerungsstrecke im Schacht sind drei, vier oder mehr magnetische Schachtschalter angeordnet, die eine Widerstandskette so schalten, daß eine stufenförmige, ebenfalls lückenlose Hüllkurve entsteht.

Die Unabhängigkeit dieser Verzögerungsüberwachung von allen Steuerelementen der Maschine ist offensichtlich. Außerdem ist diese Überwachung vom Ursprung her wegerecht. Zur Absicherung des Istwertes, wie bei allen Überwachungen, ist es lediglich noch notwendig, die Tachomaschine zusammen mit der Regeltachomaschine am Seilträger gegenseitig zu überwachen sowie die Schachtschalter am Ende jedes Zuges auf ihren Schaltzustand abzufragen. Obwohl die Qualitäten dieser Überwachung auf der Hand liegen und ihre Zuverlässigkeit seit etwa 1954 bekannt ist, sollte sie bei den Vorarbeiten für die Ab-

fassung der Vorschriften 1973 -1977 (TAS) zunächst über-
gangen werden. Sie fand schließlich Aufnahme in die TAS
jedoch mit Auflagen, die nicht zufällig mit denen iden-
tisch sind, die einer kontinuierlichen (Kurvenscheiben)
Überwachung erst zur "Unabhängigkeit" verholfen haben,
dem Charakter der punktwisen Überwachung aber wider-
sprechen.

Die nach (TAS) Nr. 3.6.13.1.3 für alle Fahrtregler gefor-
derte Überwachung der Stellungen von Fahrtreglerkurven
und Fördermitteln ist ausschließlich kennzeichnend für
die Gleichlaufschwächen der kontinuierlichen Überwach-
ung.

Die nach Nr. 3.6.13.1.4 für alle Fahrtregler geforderte
Antriebsüberwachung ist wieder ausschließlich kennzeich-
nend für die mangelnde Unabhängigkeit der kontinuier-
lichen Überwachung von der Steuerung. Die punktweise
Überwachung löst die beiden Probleme der weggerechten und
unabhängigen Überwachung unmittelbar und optimal, womit
der Kurven-Fördermittelvergleich, noch dazu mit nur einem
Schalter, entbehrlich ist. Die Antriebsüberwachung ist
bei der punktwisen Überwachung ebenso entbehrlich, weil
das Versagen des Fahrtreglerantriebs und mit ihm der ein-
zigen noch vorhandenen Kurve, der Steuerkurve, der klas-
sische Störfall für das Eingreifen der davon unab-
hängigen Überwachung ist. Im übrigen ist der Antrieb
ohnehin nach TAS Nr. 3.6.12 überwacht, indem beide Tacho-
maschinen gegeneinander geschaltet sind, die eine am
Seilträger, die andere am Ende des Übertragungsweges vom
Seilträger zum Fahrtregler.

Fortgeführt wird die wenig sachliche Behandlung der
punktwisen Überwachung in TAS Nr. 3.6.13.3 mit der an
sich berechtigten Forderung, daß die Fördermittel bei An-
sprechen der Überwachung rechtzeitig zum Stillstand

kommen müssen, ohne in die verdickten Spurlatten einzufahren. Die gleiche Bedingung hätte auch in TAS Nr. 3.6.13.2 für die kontinuierliche Überwachung gestellt werden müssen. Es ist durchaus nicht selbstverständlich, daß irgendeine, irgendwie geformte Kurve den richtigen Spannungsverlauf für die Überwachung abgibt, ohne daß die verdickten Spurlatten tangiert werden.

Zusammenfassend können alle Übertreibenfälle nach 2.2 bzw. 3.2 mit der geschilderten, seit ihrem Ersteinsatz unveränderten punktweisen Überwachung abgedeckt werden und natürlich auch mit der nach jedem Schadensfall angepaßten kontinuierlichen Überwachung.

Leider ist eine kontinuierliche Überwachungskonstruktion billiger herzustellen und zu verkaufen als eine punktweise mit teuren Schachtschaltern, der Verkabelung und Montage im Schacht. Zumal auch die punktweise Überwachung in den Vorschriften (TAS) mit ungerechtfertigten Auflagen verbunden wurde, ist sie beim scharfen Konkurrenzkampf der Hersteller oft aus den Angeboten verschwunden. Zahlreiche Bergwerksunternehmer haben sich jedoch schon überzeugen lassen, daß eine Steigerung der Betriebssicherheit gewisse Zusatzausgaben rechtfertigt.

- 4.10 Die 5 Übertreibenfälle nach 3.3 haben sich ereignet, obwohl sog. punktweise Überwachungen in Betrieb gewesen sind. Mindestens 3 Anlagen haben jedoch Überwachungen mit Grenzwertinstrumenten. Von der Anlage 3.3.3 wird darüber nichts berichtet. Die Qualitäten punktweiser Überwachungen mit einem Grenzwertinstrument sind den bisher geschilderten mit stufenförmiger Hüllkurve unterlegen. Es handelt sich bei der Schaltung um eine Kette von jeweils

2 parallel geschalteten Relaiskontakten, jeweils der eine für den Schachtschalterwegpunkt und der andere für die Grenzgeschwindigkeit. Die Zahl der Schaltkontakte ist damit pro Trum verdoppelt gegenüber der stufenförmigen Hüllkurvenschaltung. Die Betriebssicherheit wird halbiert. Ferner ergeben sich durch die Verstellerschrauben am Grenzwertinstrument zahlreiche Möglichkeiten, die Überwachung wissend oder unwissend zu entschärfen. Die vorgeschriebenen regelmäßigen Prüfungen erfordern zudem, die Grenzwerte jedesmal herunterzudrehen, falls nicht mit einer Fremdspannung geprüft wird. Einzelne Instrumente sind auf diese Weise schon unbrauchbar geworden.

Von 25 untersuchten Übertreibenfällen an Elektrofördermaschinen ist nur einmal (3.3.1) die punktweise Überwachung mit stufenförmiger Hüllkurve betroffen und nicht einmal eindeutig. Nach dem Bericht sprechen alle Anzeichen für eine Überladung. Damit wäre der Fall in die Übertreibengruppe mit ungenügender Bremskraft einzustufen.

4.11 Zusammenfassung

Die vom Ursprung her steuerungsabhängige kontinuierliche Verzögerungsüberwachungseinrichtung ist im Lauf von 3 Jahrzehnten nach und nach durch symptomorientierte Verbesserungen mehrfach geändert worden.

Die vom Ursprung her steuerungsunabhängige punktweise Verzögerungsüberwachungseinrichtung mit stufenförmiger Hüllkurve ist über 3 Jahrzehnte nicht geändert worden und hat ihren überlegenen Standard bis heute gehalten.

Fast alle Übertreibenfälle hätten durch diese Überwachung vermieden werden können. Auch die mehrfach verbesserte kontinuierliche Überwachung nach heutigem Stand hätte die Fälle abgedeckt.

Aus dem Vergleich beider Überwachungen scheint aber deutlich zu werden, daß zukünftige Übertreibenfälle mit noch unbekannter Ursache mit mindestens gleich großer Wahrscheinlichkeit von der punktweisen Überwachung abgedeckt werden dürften wie von der kontinuierlichen. Die Grundzüge der beiden Überwachungen sind im Bild 1 und 2 dargestellt.

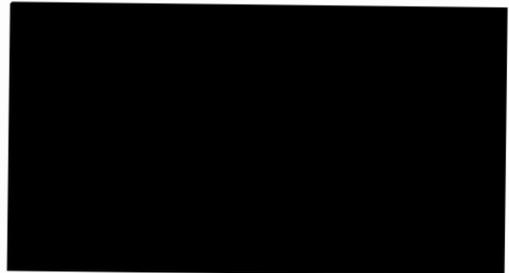
Die sachgerechte Konstruktion einer punktweisen Überwachung gibt Bild 3 wieder. Die erforderliche Mindestzahl an Schachtschaltern hängt allein ab von der Größe des Zwischenraumes der beiden Parabeln, der elektrischen Fördermaschinenverzögerung und der Sicherheitsbremsverzögerung.

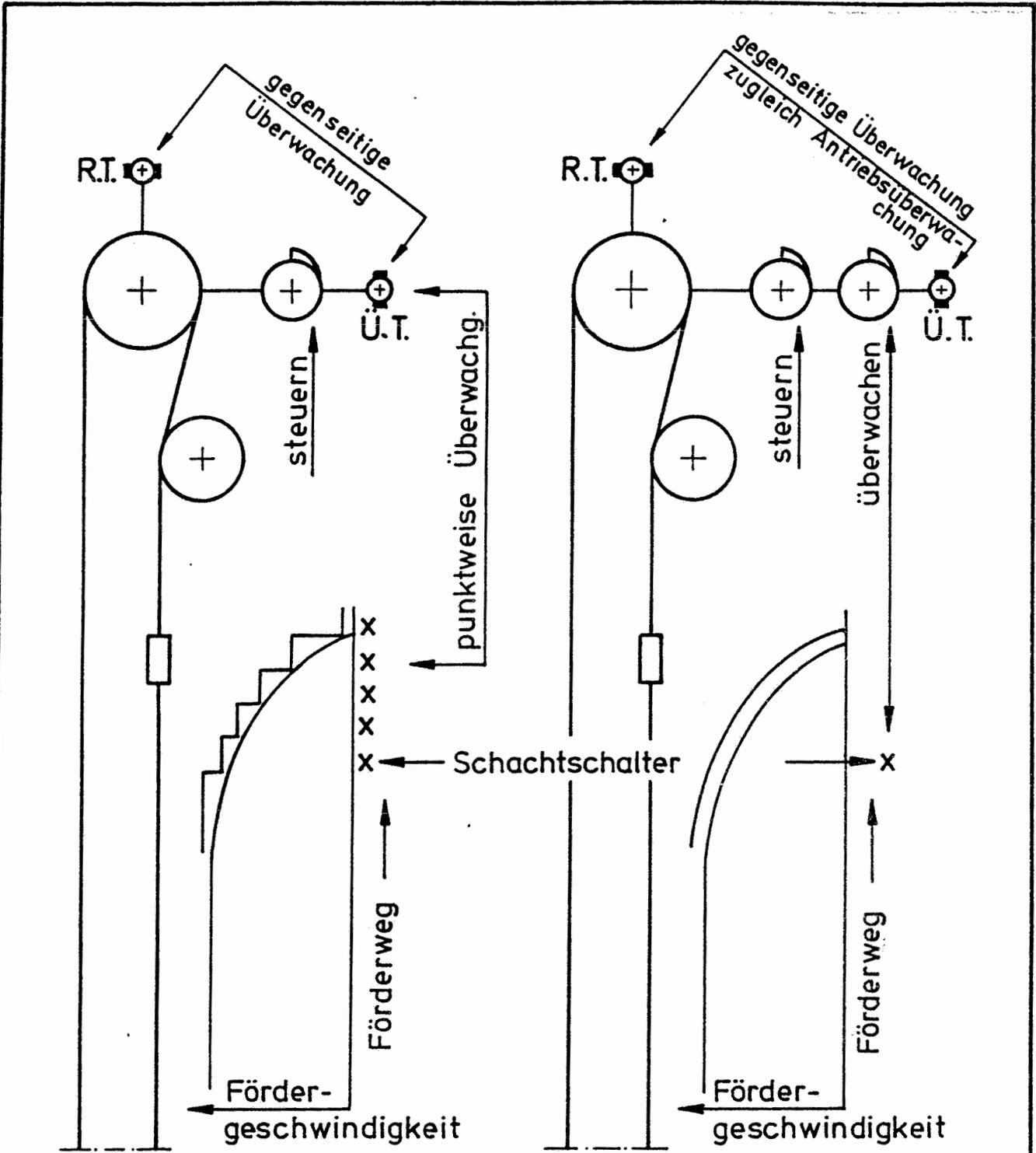
Es soll nicht verschwiegen werden, daß es Grenzfälle bei Treibscheibenanlagen gibt, die u. U. 7 oder 8 Schachtschalter erfordern würden. Es handelt sich dabei um Anlagen mit ungünstigem Verhältnis der beiden Seilkräfte je Trum und niedriger Seilrutschgrenze. Als Hilfsmaßnahme könnte man den Einhängetrieb mit dem ungünstigsten Verzögerungsfall ausschließen und damit die Zahl der Schachtschalter herabsetzen.

Blatt 100 zum Gutachten vom 12.7.1983

Falls eine lückenlose stufenförmige Hüllkurve in einigen Fällen sehr viel Schalter erfordern würde, bliebe noch der Ausweg, zusätzlich eine kontinuierliche Überwachung anzubringen.

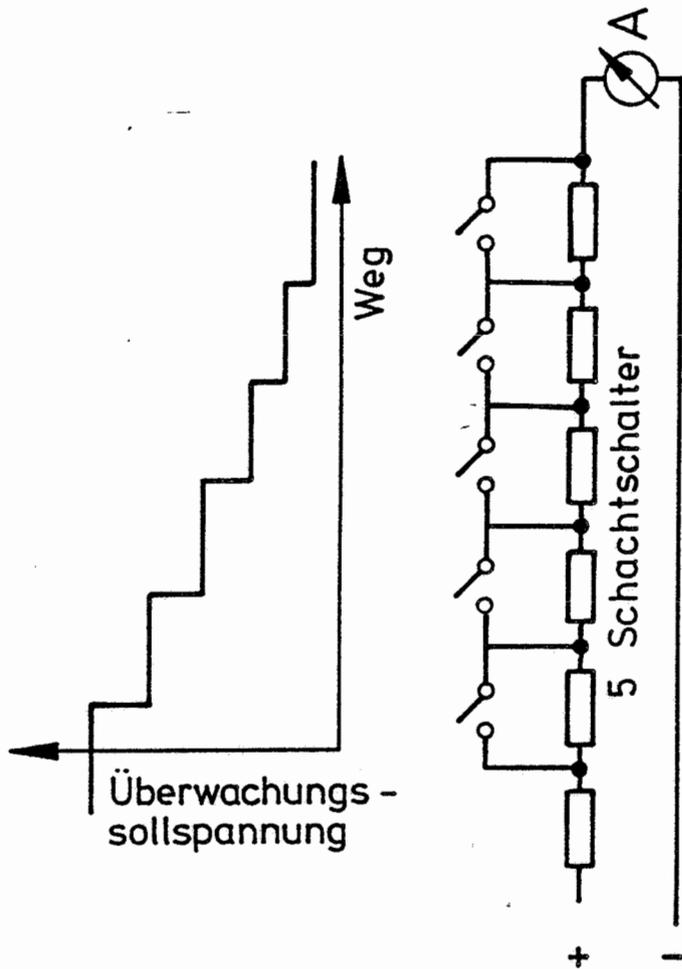
Der erste Hersteller der punktweisen Überwachung hat über zwei Jahrzehnte stets beide Überwachungskonstruktionen gleichzeitig geliefert.





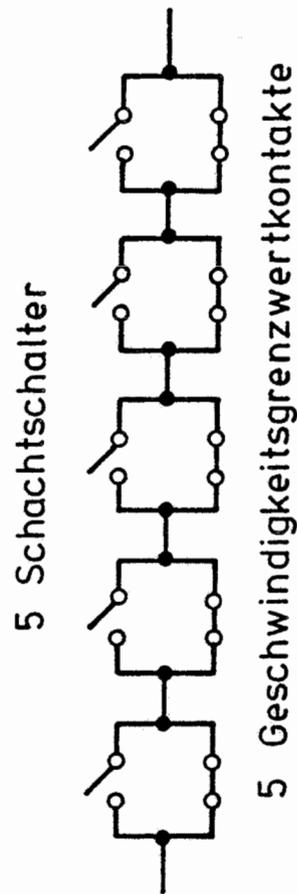
punktweise kontinuierliche
Verzögerungsüberwachung

R.T - Regeltachomaschine
 Ü.T - Überwachungstachom.



Dieser Teilstromkreis zusammen mit der Istwerttachomaschine bedient ein Relais im Sicherheitsstromkreis

stufenförmige Hüllkurve
(dargestellt für 1 Trum-)



Sicherheitsstromkreis

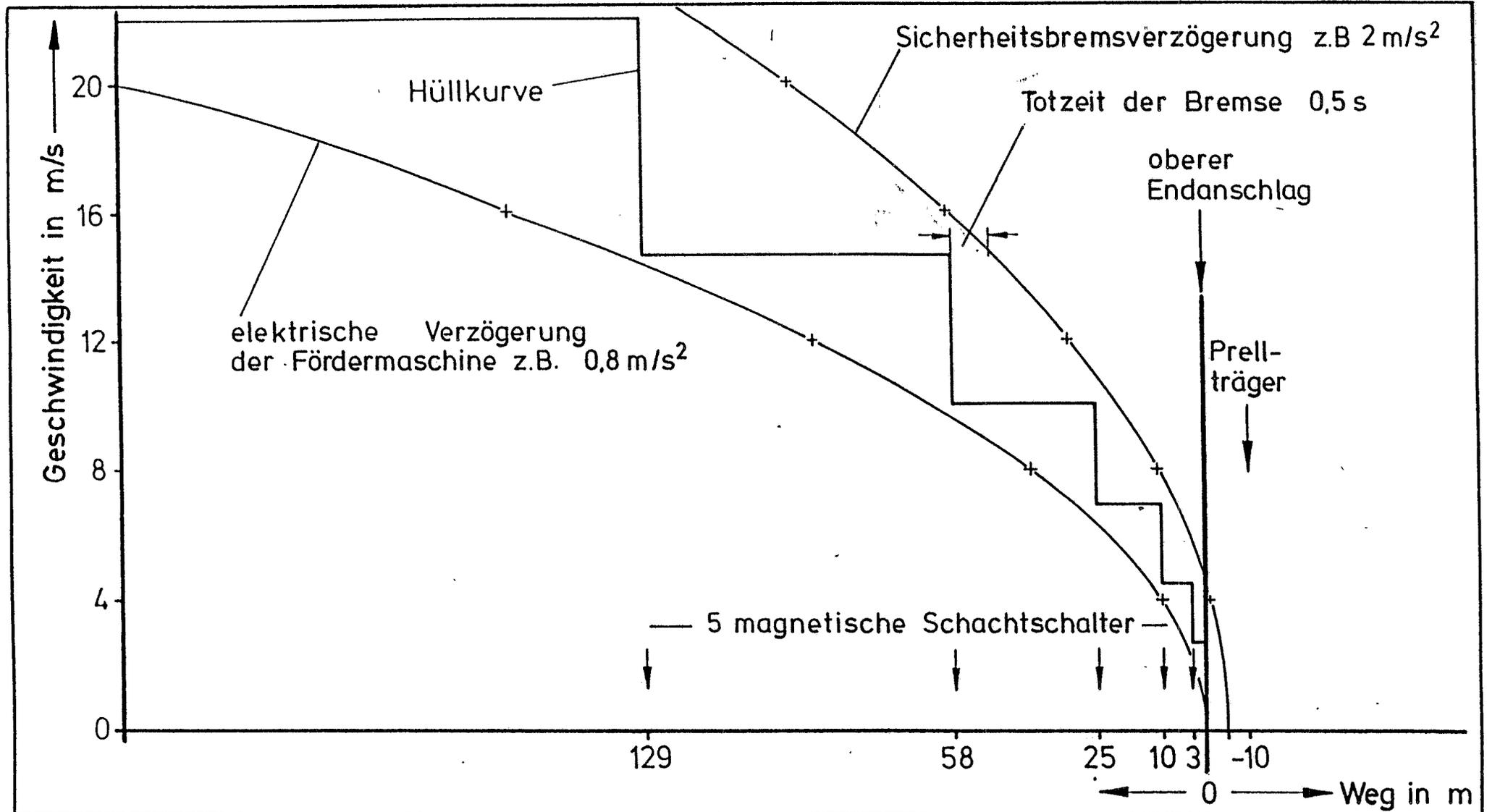
Grenzwertinstrument
(dargestellt für 1 Trum)



Seilprüfstelle
Institut für Fördertechnik
und Werkstoffkunde

Schaltung der beiden
Konstruktionen der punkt-
weisen Überwachung

Bild 2



Seilprüfstelle
 Institut für Fördertechnik
 und Werkstoffkunde

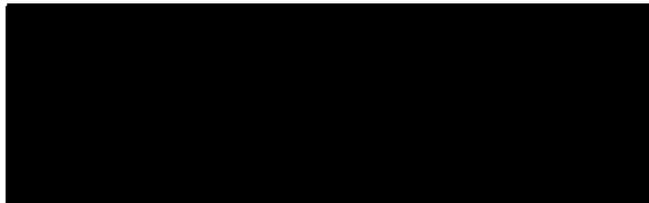
Konstruktionsbeispiel einer punkweisen
 Geschwindigkeitsüberwachung

Bild 3

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

**Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über
Crashversuche**

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen

Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950

Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche
--

Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche

Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall

Anhang 6: Gasaustrittsdatei



INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK

Bericht Nr.

Gleislosfahrzeuge
Bericht über Crashversuche

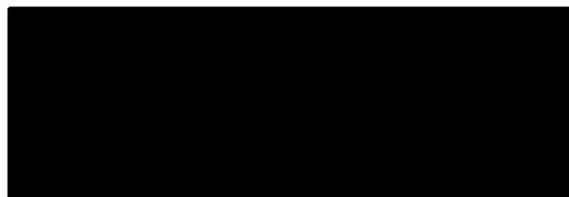
T E C H N I S C H E U N I V E R S I T Ä T

B E R L I N

I N S T I T U T F Ü R F A H R Z E U G T E C H N I K

G L E I S L O S F A H R Z E U G E

B E R I C H T Ü B E R C R A S H V E R S U C H E



September 1983

GLIEDERUNG

1. EINLEITUNG

2. AUSLEGUNGSKRITERIEN
 - 2.1 Versuchsfahrzeug
 - 2.2 Stauchrohre
 - 2.3 Palette

3. VERSUCHSAUFBAU
 - 3.1 Crashanlage
 - 3.2 Versuchsfahrzeug
 - 3.3 Meßwertaufnahme
 - 3.4 Geschwindigkeit
 - 3.5 Filmtechnik

4. VERSUCHSERGEBNISSE
 - 4.1 Belastungsverhältnisse
 - 4.2 Kinematik
 - 4.3 Beschädigungen

5. WERTUNG DER ERGEBNISSE

6. ZUSAMMENFASSUNG

7. ANHANG

1. Einleitung

Mit dem steigendem Einsatz von Gleislosfahrzeugen im Untertagebau stieg die Anzahl von Unfällen derartiger Fahrzeuge . Auch in Endlagerstätten können trotz besonderer Fahrzeugbauvorschriften und Betriebsrichtlinien Kollisionen von Fahrzeugen nicht ausgeschlossen werden. Hierbei sind die Beanspruchungen der Fahrzeuge und des Ladegutes noch weitestgehend ungeklärt. Die Erstellung von Bauvorschriften für Endlagerfahrzeuge und deren Transporteinrichtungen und Behälter bedarf der Kenntnis der kinematischen Abläufe und der Belastungsverhältnisse der Einzelelemente bei Kollisionen.

Die am Institut für Fahrzeugtechnik durchgeführten Versuche mit einem modifiziertem Klein-Lkw, bestückt mit einer Palette und zwei Behältern (Bild 1), sollen eine Grundlage dafür bilden.

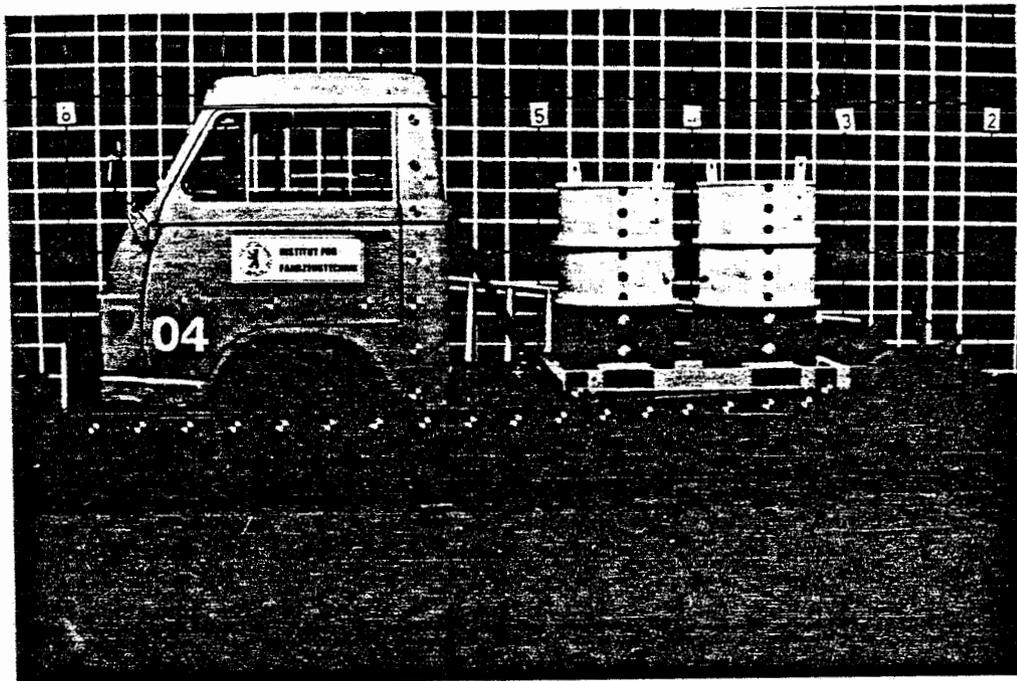


Bild 1: Versuchsanordnung

2. AUSLEGUNGSKRITERIEN

2.1 Versuchsfahrzeug

Wie in [1] festgestellt wurde, sind die im Untertagebau anzutreffenden Fahrzeuge betriebsbedingt sehr steif ausgebildet, was als Folge der harten Deformationsken-
nung bei Kollisionen mit festen Hindernissen zu hohen Belastungen des Fahrzeugs, der Beladung und des Insas-
sen führen kann.

Um die Forderung nach Vermeidung von extrem hohen Krafteinwirkungen bei Endlagerfahrzeugen zu erfüllen, wurden Deformationszonen vorgesehen, allerdings nicht am ausgewählten und modifizierten Klein-Lkw, der selbst zwar als ideal steif angesehen werden kann, sondern aus versuchstechnischen Gründen am feststehenden Betonblock (Bild 2) in Form von Stauchrohren (s. 2.2).

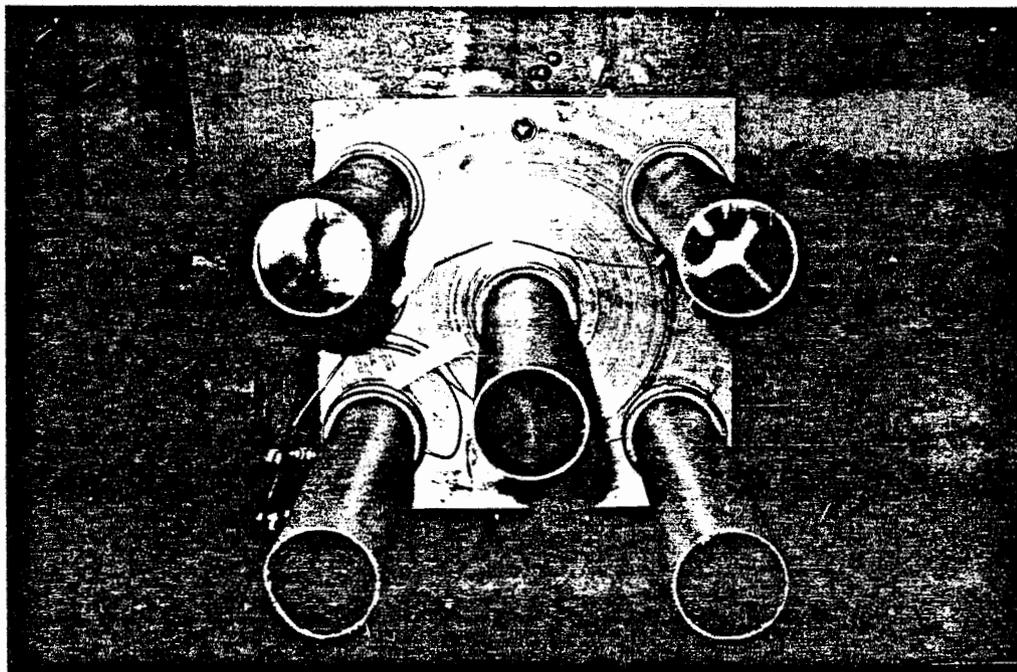


Bild 2: Stauchrohre

[1] Inst. f. Fahrzeugtechnik, TU Berlin: Sicherheits-
aspekte bei Gleisloshfahrzeugen im Untertagebau

Für den Bewegungsablauf und alle Meßwerte ist dies aber unerheblich und damit vergleichbar mit am Fahrzeug befindlichen Deformationszonen.

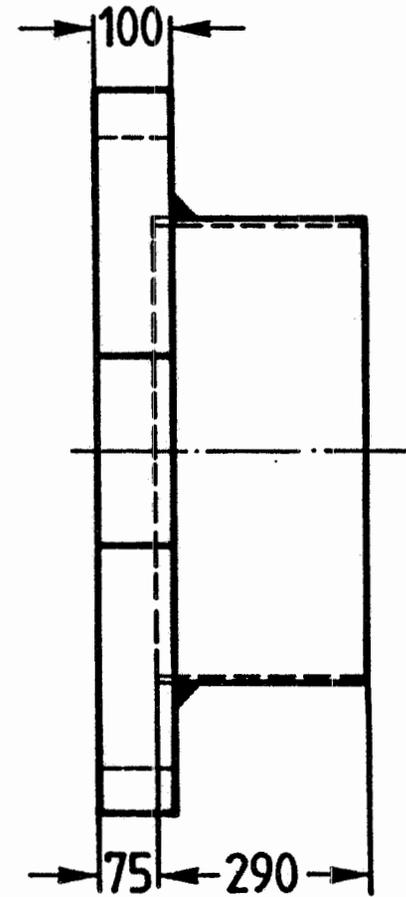
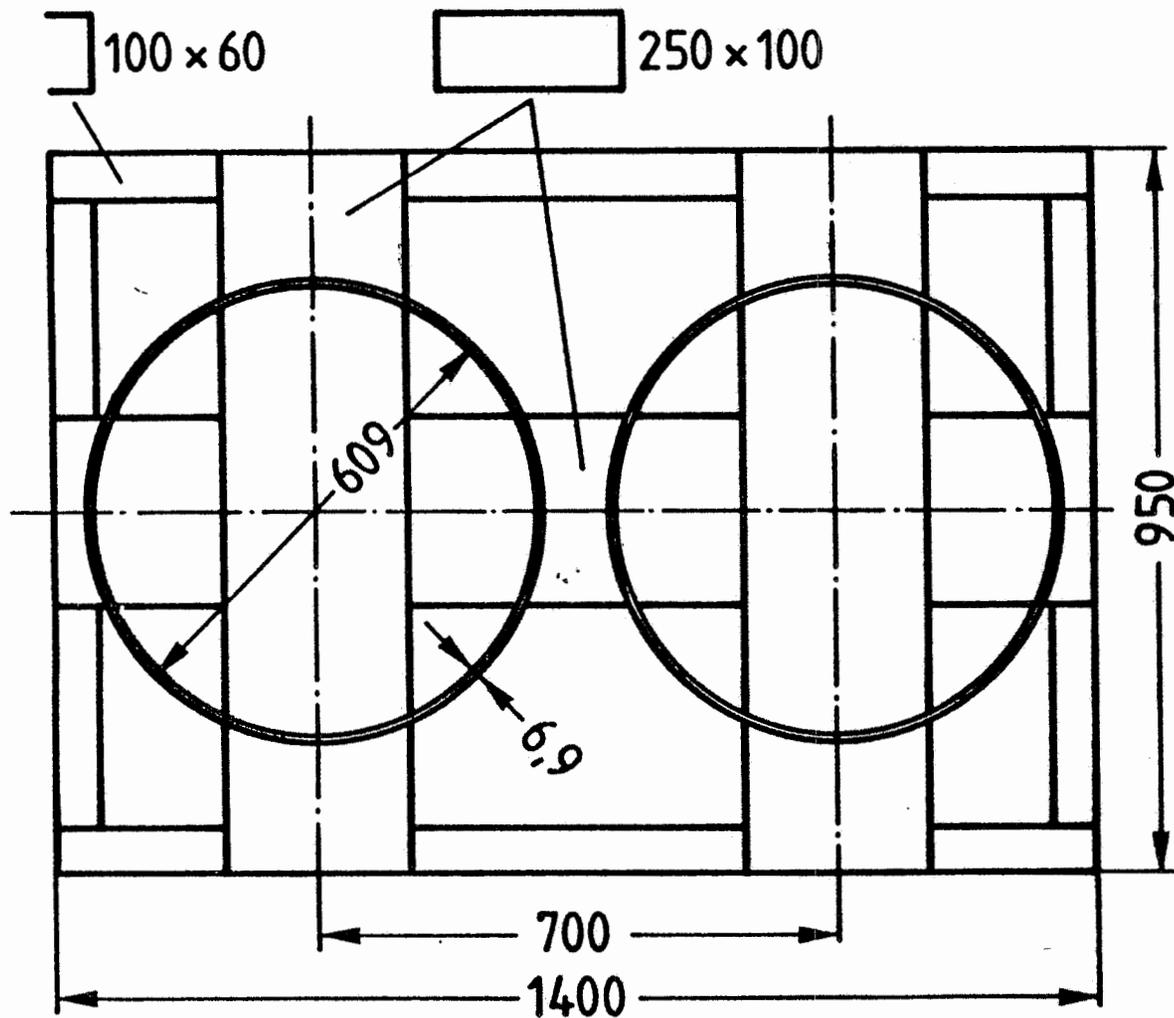
Die Verstärkungen des Rahmens gewährleisteten außerdem die Wiederverwendbarkeit des Lkw für mehrere Versuche, da Beschädigungen an den tragenden Teilen und zusätzlichen Versteifungen im gewählten Geschwindigkeitsbereich nicht zu erwarten waren.

2.2 Stauchrohre

Bei der Auslegung der Stauchrohre wurde berücksichtigt, daß bei Unfällen mit Kollisionsgeschwindigkeiten bis zu 30 km/h die biomechanischen Grenzwerte für den menschlichen Körper nicht überschritten werden, die bei frontaler Krafteinleitung für den Kopf mit $a < 80g/3ms$ und für die Brust mit $a < 60g/3ms$ und $F < 11,1kN$ angegeben werden [2].

Gegenüber den heute im Untertagebau anzutreffenden Fahrzeugen mit sehr harter Deformationskennung impliziert diese Maßnahme auch ähnliche, geringere Belastungen für das Fahrzeug, die Palette, die Behälter und die Verriegelungselemente.

[2] Federal Motor Vehicle Savety Standards 207, 208



2.3 Palette

Die Palette wurde aus U-Profilen und Rechteckrohren als kostengünstige und wiederverwendbare Schweißkonstruktion ausgeführt (Bild 3). Die Rechteckrohre sind so angeordnet, daß die Gabel eines Staplers leicht eingeführt werden kann (Bild 4).

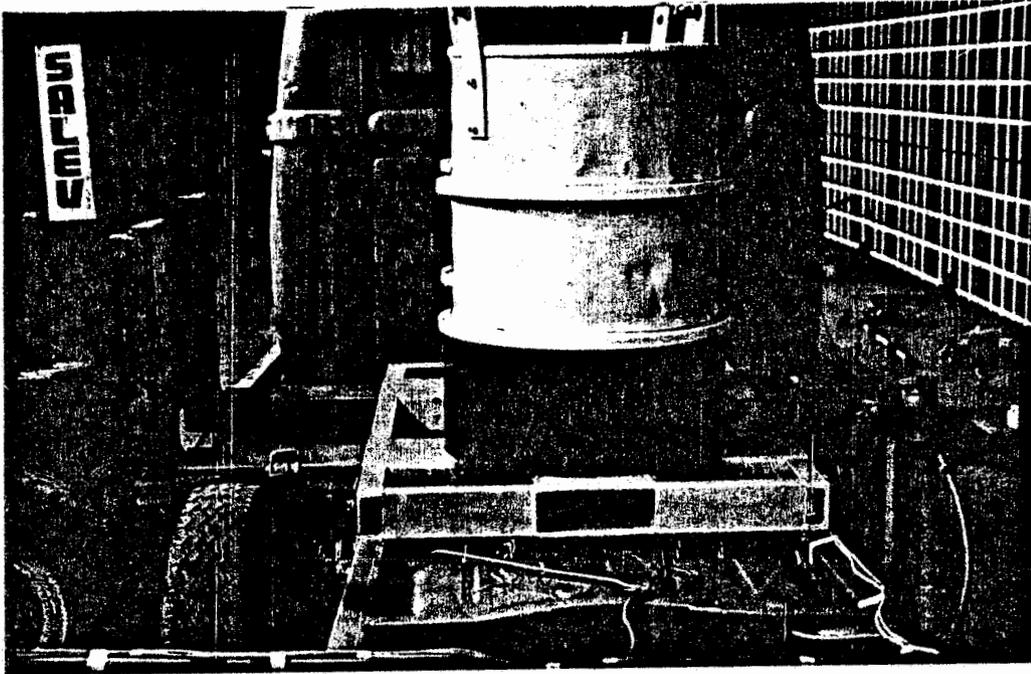


Bild 4: Fahrzeugbeschickung

Zur Klärung der durchaus interessanten Fragestellung, ob und bei welcher Geschwindigkeit Interaktion zweier Behälter eintritt, wurden diese hintereinander angeordnet. Sie werden unter einem horizontalem Spiel von max. 15mm (notwendig zur schnellen und einfachen Bestückung) von zwei mit der Palette verschweißten Röhrenversenken aufgenommen (Bild 5).

Eine Verriegelung der Behälter wurde nicht vorgesehen.

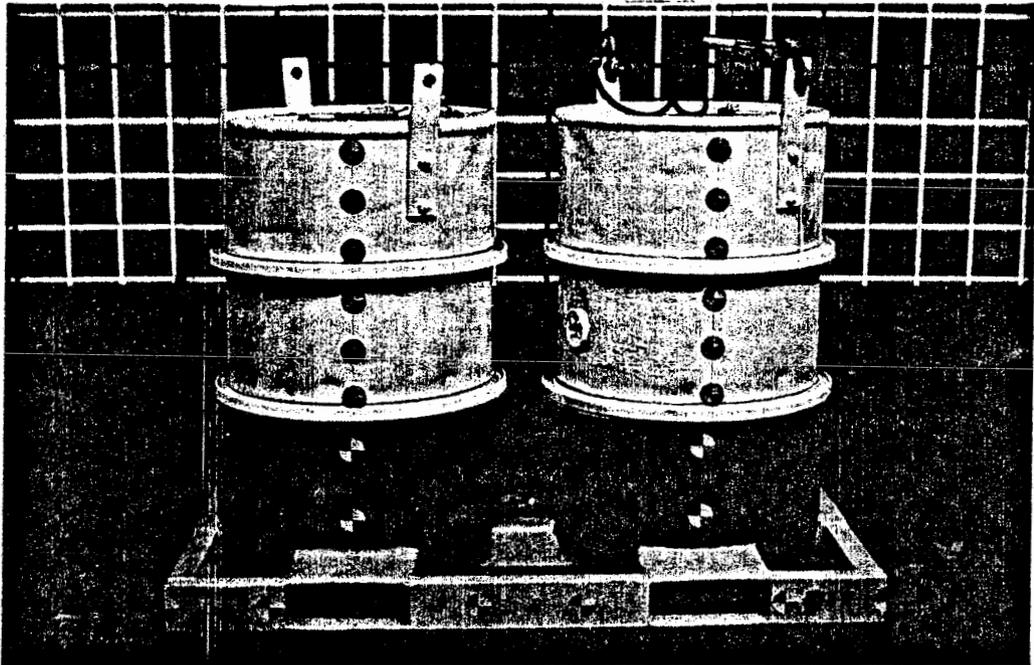


Bild 5: Palette

Die Verriegelung der Palette erfolgt über vier einfach zu handhabende sog. "Viertel-Drehverschlüsse" (Bild 6). Jeder dieser Verschlussbolzen kann Scherkräfte bis zu max. 4,5 t aufnehmen.

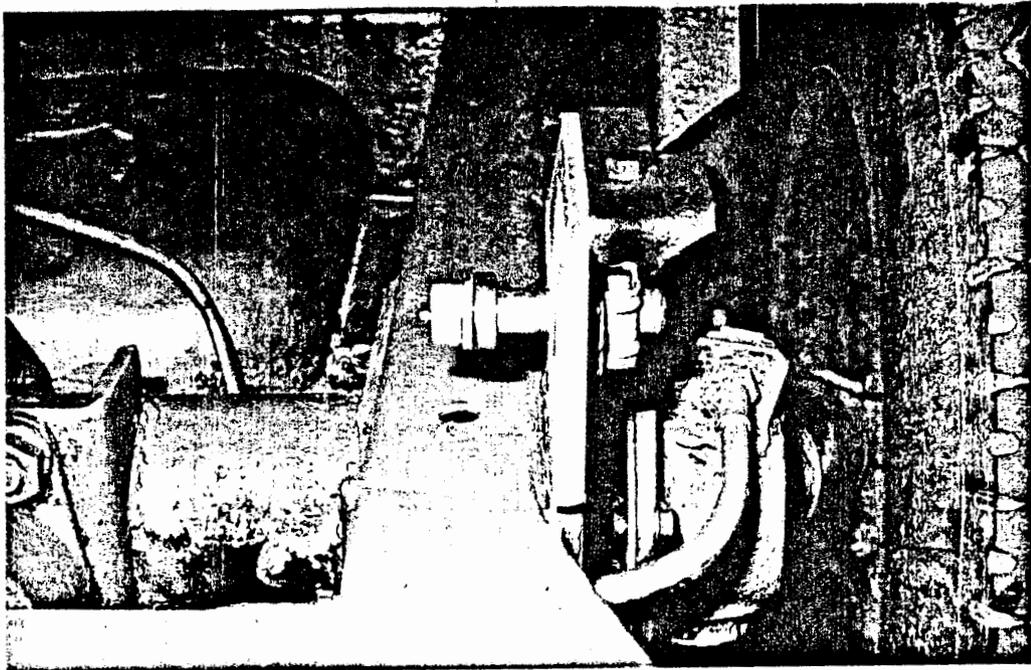


Bild 6: Vierteldrehverschluß mit Zentrierung

Zur Aufnahme von vier Behältern läßt sich die Palette ohne großen konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand auch als "Viererblock" auslegen.

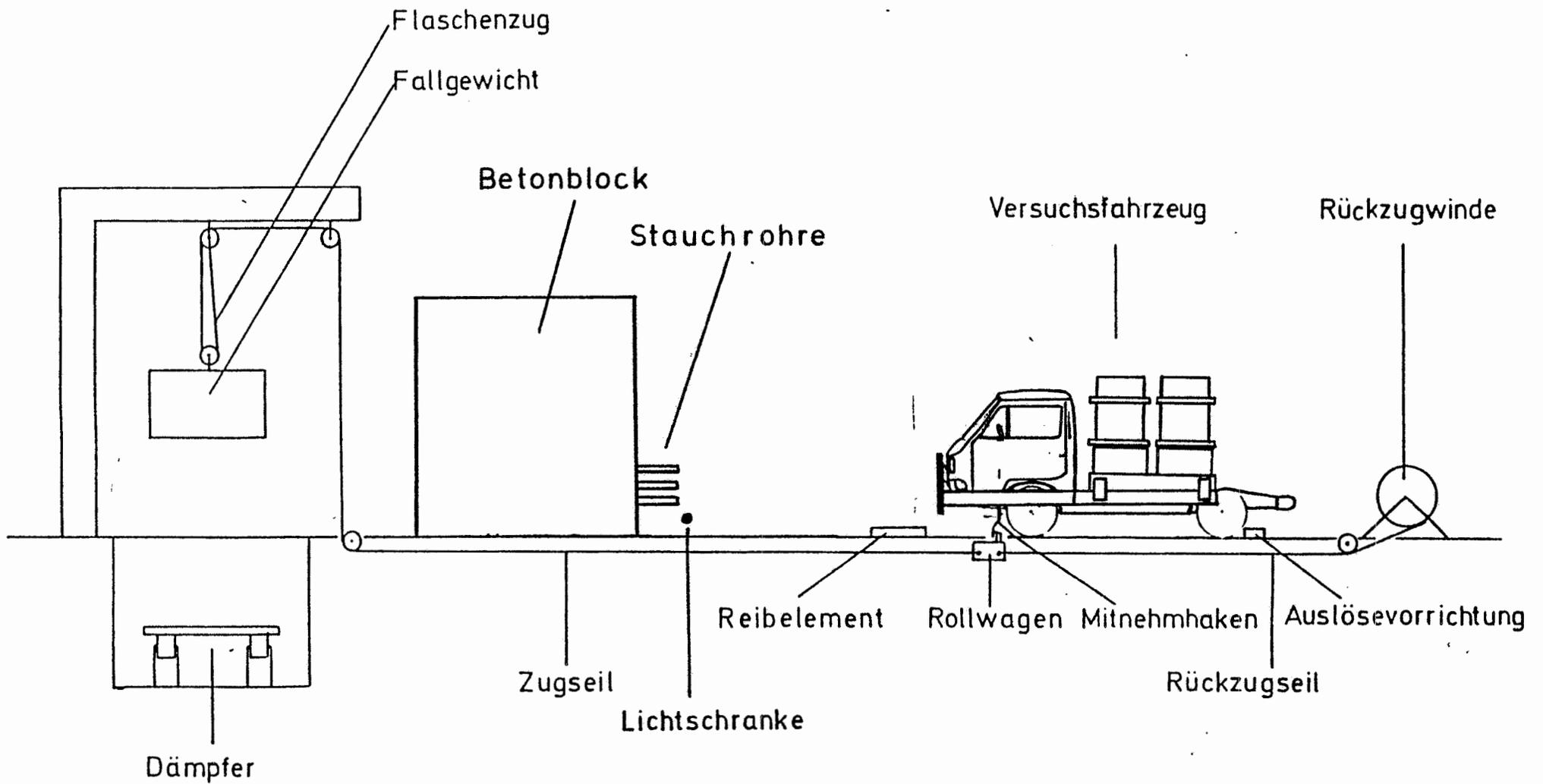
3. VERSUCHSAUFBAU

3.1 Crashanlage

Für die Versuche stand die Fallgewichtsbeschleunigungsanlage des Instituts für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Berlin, mit deren Hilfe das Versuchsfahrzeug auf die gewünschte Kollisionsgeschwindigkeit beschleunigt werden kann, zur Verfügung.

Ein Fallgewicht (Masse ca. 9 t) ist über ein Drahtseil, das durch einen Flaschenzug und über Umlenkrollen geführt wird, mit einem kleinen Rollwagen verbunden, woran ein weiteres Seil befestigt ist, das zu einer elektrischen Winde führt. Diese Winde zieht über die Seile das Fallgewicht in die Höhe. Wenn die errechnete Höhe erreicht ist (sie bestimmt mit der Fahrzeugmasse und dem Rollwiderstand die Kollisionsgeschwindigkeit), wird der Rollwagen in einer Auslösevorrichtung gesichert. Das Versuchsfahrzeug wird an den Rollwagen gehakt und die Verbindung zur Winde gelöst. Nach dem Freigeben der Auslösevorrichtung fällt das Fallgewicht durch die Erdbeschleunigung in seine Ausgangslage zurück und beschleunigt das Fahrzeug auf der Versuchsbahn. Der Rollwagen wird dann in einem Reibelement abgebremst, und das Versuchsfahrzeug fährt, abgesehen vom Rollwiderstand, mit konstanter Geschwindigkeit auf einen unverrückbar anzusehenden Betonblock (Masse ca. 35 t) zu (Bild 7).

Dort sind vier bzw. fünf Stauchrohre horizontal in Schwerpunktshöhe des Fahrzeugs angeordnet (Bild 8).



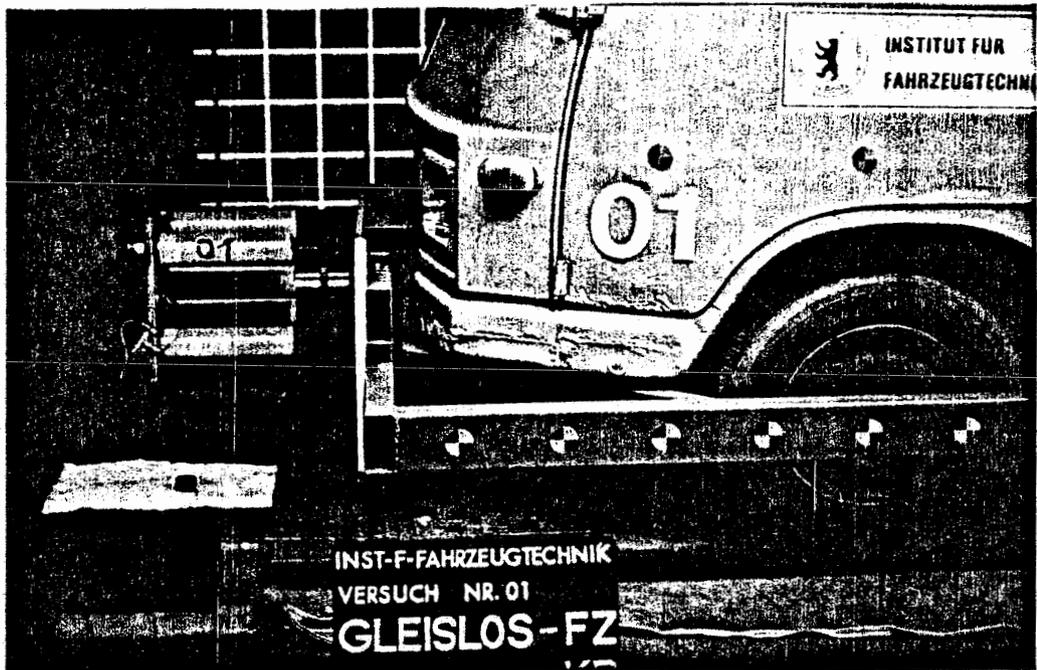


Bild 8: Anordnung der Stauchrohre

Stößt das beschleunigte Fahrzeug mit der Prallplatte gegen die Rohre, so beginnen diese sich unter Energieaufnahme zu verformen und ermöglichen eine definierte Verzögerung des Fahrzeugs.

3.2 Versuchsfahrzeug

Als Versuchsfahrzeug diente ein Hanomag Typ Matador[®] "E", 1,75 t, der mit entsprechenden Verstärkungen des Aufbaus und einer Frontprallplatte ausgestattet war (Bilder 9,10). In Anlehnung an die ungefederten Gleislosfahrzeuge wurden die vorderen Federbeine durch starre Verbindungen ersetzt, wodurch gleichzeitig unerwünschte Nickbewegungen in der Beschleunigungsphase vermieden werden konnten.

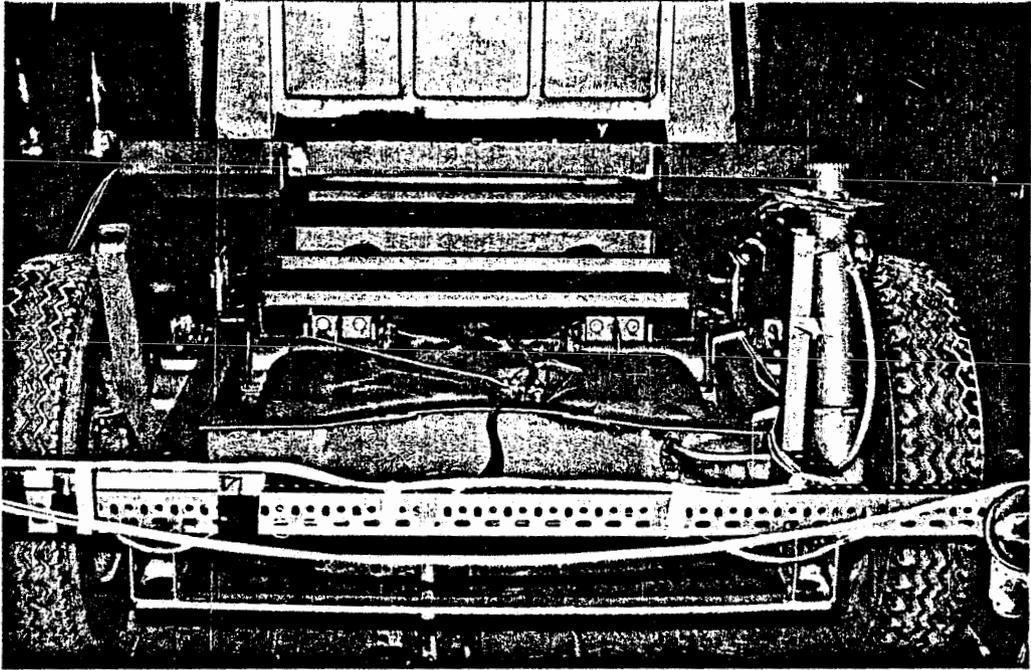


Bild 9: Versteifung des Aufbaus



Bild 10: Frontprallplatte

Auf dem Fahrzeug wurde die Palette angeordnet und nach vorn durch einen Anschlag und zu den Seiten durch je zwei Zentrierungen mit Verriegelungen (Viertel-Drehverschluß) gesichert (Bild 11).

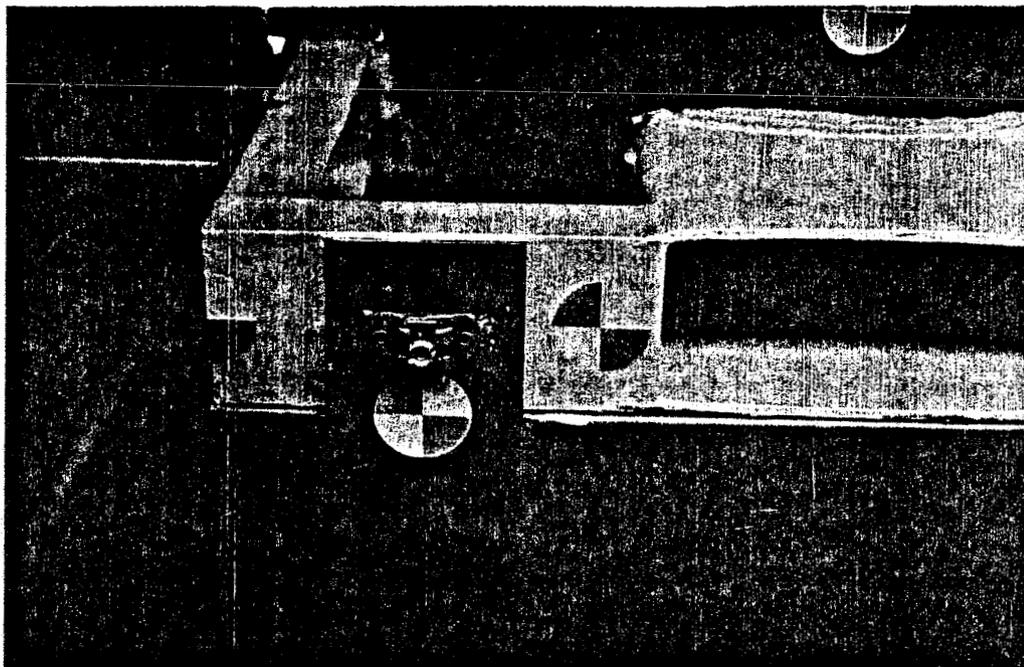


Bild 11: Palettensicherung

Da Originalbehälter nicht zur Verfügung standen, wurden Behälter (DIN 6644) mit Hammerschlag befüllt und erreichten so eine Einzelmasse von 480 kg.

Die Masse des beladenen Versuchsfahrzeugs betrug 2550 kg.

Die Masse einer Palette bestückt mit zwei Behältern betrug 1100 kg.

3.3 Meßwertaufnahme

Die Verzögerungen des Fahrzeugs und der Palette wurden mit einachsialen piezoresistiven Beschleunigungsaufnehmern (Endevco) gemessen.

Diese Aufnehmer ändern unter Beschleunigung ihren elektrischen Widerstand. Durch eine Brückenschaltung wird diese Änderung in einen Gleichspannungsverstärker gegeben. Die Meßspannungen werden hier mit einstellbaren Grenzfrequenzen, die durch Normen vorgegeben sind (hier 100 Hz), gefiltert und verstärkt. Das hier entstandene PAM-Signal (Puls-Amplituden-Modulation) wird anschließend im Encoder mit dem PCM-Verfahren (Puls-Code-Modulation) zu einem digitalen Signal verarbeitet. Dieses PCM-Signal wurde auf Magnetband gespeichert.

3.4 Geschwindigkeit

Die Kollisionsgeschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs wurde unmittelbar vor dem Anstoßpunkt mit einer Laserlichtschranke gemessen. Aus dem Abstand der zwei Lichtstrahlen und der auf einer Stoppuhr abgelesenen Zeit läßt sich die Geschwindigkeit errechnen.

Die Abweichung der errechneten Geschwindigkeit durch die Vernachlässigung der Verzögerung durch den Rollwiderstand liegt bei den hier gewählten Geschwindigkeiten weit unter 1%.

3.5 Filmtechnik

Der Versuchsablauf wurde mit mehreren Hochgeschwindigkeitskameras festgehalten.

Zur eigentlichen Filmauswertung der Kinematik der Behälter wurden zwei Kameras so aufgebaut, daß eine Kamera (400 Bilder/sek) von der Seite in der Primärphase Detailaufnahmen machte und eine zweite Kamera (400 Bilder/sek) den Versuchsablauf von oben festhielt.

Zwei große digitale Zeitanzeigen waren in den Bildausschnitten der Detailkamera und der Kamera von oben zu sehen. Diese Displays wurden vom zweiten Strahl der Lichtschranke im Augenblick des Crashbeginns gestartet. Hierdurch hatte man später bei der Filmauswertung einen zeitlichen Zusammenhang zu den Meßwerten, da die Lichtschranke auch als Triggersignal verwendet wurde.

4. VERSUCHSERGEBNISSE

Insgesamt wurden fünf Crashversuche durchgeführt, bei denen die Geschwindigkeit im Bereich von 8,5 km/h bis 31,3 km/h variiert wurde (Tabelle 1). Bei der Auswertung wurde der Vorversuch 01 nicht berücksichtigt.

Lfd. Nr.	02	03	04	05
v _{soll} [km/h]	15	10	20	30
v _{ist} [km/h]	15,2	10,9	20,6	31,3
a _{max} Fz [g]	52	37	49	60
a _{mitt} Fz [g]	17	16	13	18
a _{max} Pal [g]	60	29	61	83
a _{mitt} Pal [g]	13	14	13	12
F _{max} Fz [kN]	1300	925	1225	1500
F _{max} Pal [kN]	1500	725	1525	2076
s _{Stauch} [mm]	18	10	80	145
t _{Stauch} [sek]	25	20	30	45
Interaktion	nein	nein	ja	ja
Max. Behälter- deformation[mm]	5-10	--	20	25-30

Tabelle 1: Meßwerte

4.1 Belastungsverhältnisse

Die Verzögerung des Fahrzeugs erfolgte innerhalb von 20ms ($v_{Koll} = 10,9$ km/h) bis 45ms ($v_{Koll} = 31,3$ km/h) mit einer mittleren Verzögerung von 13g bis 18g (Tabelle 1). Die maximal aufgetretenen Kräfte betragen 925KN - 1500KN. Die Belastung der Palette lag meist etwas höher, aber in der gleichen Größenordnung. Dies kann durch eine geringfügige Eigenbewegung erklärt werden.

4.2 Kinematik

Der Vorversuch 01 mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von 8,5 km/h bestätigte die Richtigkeit der in [1] durchgeführten Berechnung der Kippgeschwindigkeit, wonach mit einem Kippen der Behälter oberhalb einer Geschwindigkeit von 6,85 km/h zu rechnen war.

Bei allen Versuchen setzte nach dem Anstoß zunächst, bedingt durch das vorhandene Spiel von 15mm, eine translatorische Bewegung der Behälter ein, bis diese zum Anliegen an der Versenkwand kamen. Anschließend setzte eine Kippbewegung der Behälter ein. In Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit und den einwirkenden Kräften kann beim Kippvorgang eine Deformation der Behälterwände und ein Aufsteigen im Versenk stattfinden.

Beide Behälter führten annähernd die gleiche Bewegung aus. Die Anhebung des Schwerpunktes lag zwischen 50mm (Versuch 03) und 913mm (Versuch 05), s. Tabelle 2.

Lfd.Nr.	Behälter vorn			Behälter hinten		
	Δh_s [mm]	α_{Kipp} [°]	t_α [ms]	Δh_s [mm]	α_{Kipp} [°]	t_α [ms]
02	57	15	80	60	14	80
03	73	10	53	50	11	53
04	70	20	100	73	27	100
05	130	27	70*	913	27	70*

Tabelle 2: Ergebnisse der Filmauswertung

- * = Behälter verläßt Versenk
- Δh_s = max. vertikale Schwerpunktsverlagerung
- α_{Kipp} = max. Kippwinkel bezogen auf die Palettensenkrechte bei t_α .

Interessant hierbei war, daß trotz geringerer Kollisionsgeschwindigkeit bei Versuch 03 ($v_{\text{Koll}} = 10,9 \text{ km/h}$) eine größere Schwerpunktanhebung des vorderen Behälters zu verzeichnen war als bei Versuch 02 ($v_{\text{Koll}} = 15,2 \text{ km/h}$).

Als Grund dafür lassen sich die höheren Belastungen bei Versuch 02 (52g) aufführen, die zu einer plastischen Verformung der Behälterwand führten, größere Reibung im Versenk zur Folge hatten, wodurch mehr kinetische Energie absorbiert wurde.

Nach dem Erreichen eines maximalen Kippwinkels können die Behälter entweder in dieser Lage infolge der Selbsthemmung verharren (Versuche 02 u. 04, Bild 12), wieder in die Ruhelage zurückfallen (Versuch 03) oder aus dem Versenk austreten (Versuch 05, Bild 13).

Mit steigender Kollisionsgeschwindigkeit stellten sich auch größere Kippwinkel ein.

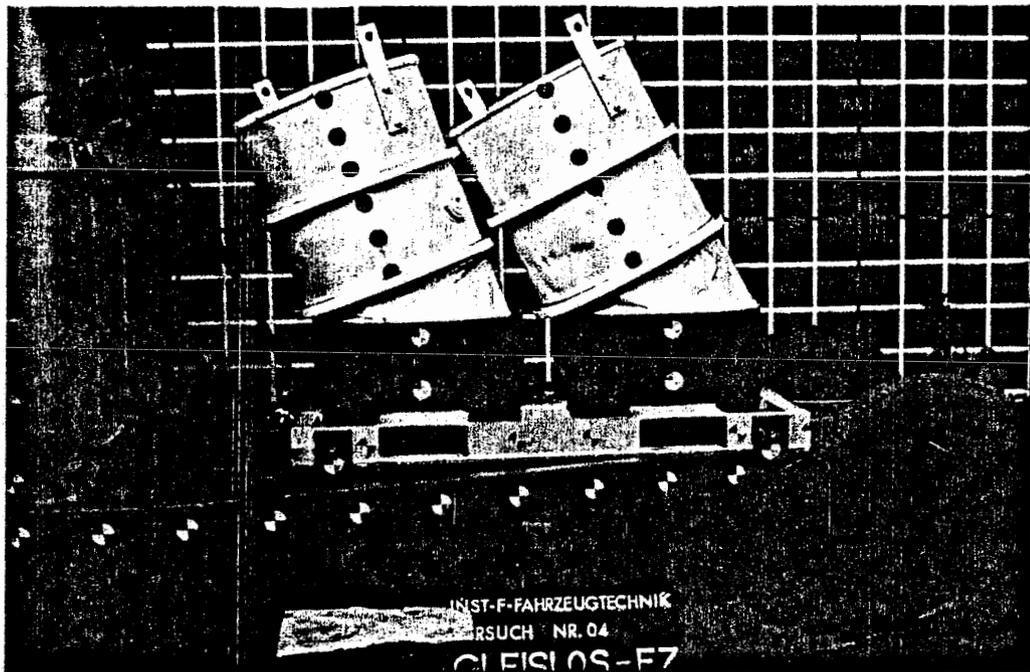


Bild 12: Endlage der Behälter nach Versuch 04

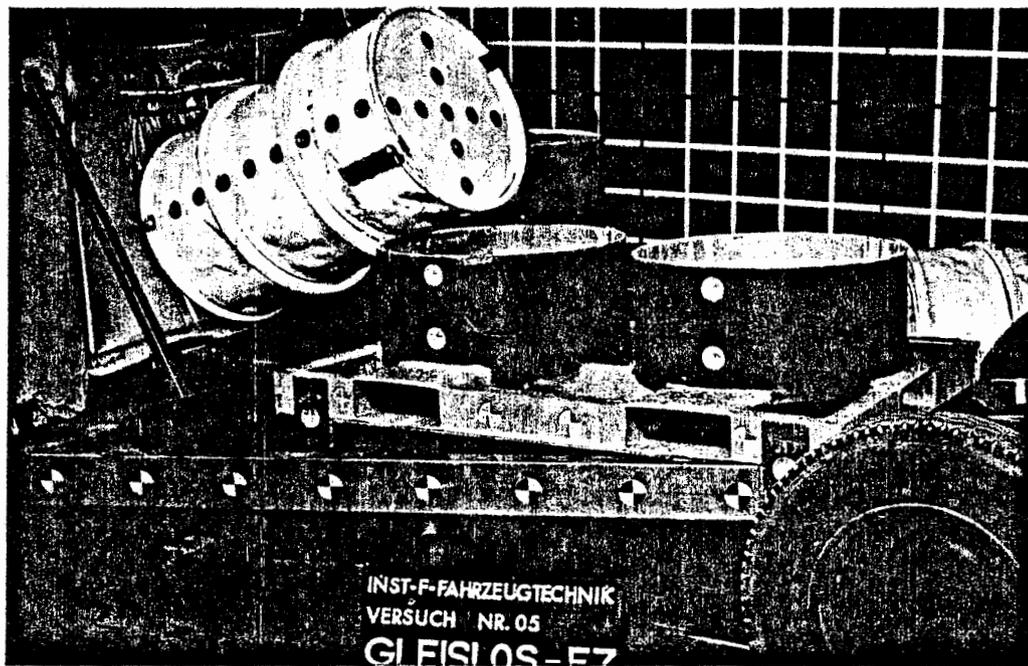


Bild 13: Endlage der Behälter nach Versuch 05

Bei Erreichen eines Kippwinkels von maximal 27° wurde bei Versuch 04 ($v_{\text{Koll}} = 20.6 \text{ km/h}$, $a = 49g$) beobachtet, daß die Behälter gerade noch im Versenk gehalten wurden (Bild 14).

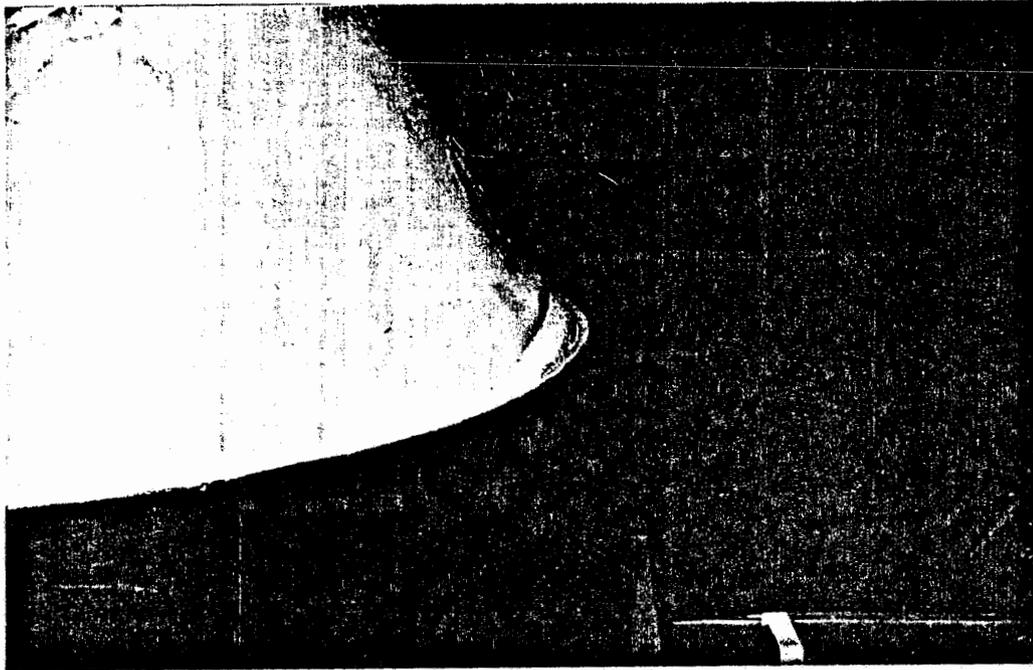


Bild 15: Endlage des hinteren Behälters nach Versuch 04

Bei Überschreiten dieses Winkels (Versuch 05, $a = 60g$, $v_{\text{Koll}} = 31,3 \text{ km/h}$) verließen beide Behälter das Versenk.

Interaktion zweier Behälter trat nur oberhalb einer Geschwindigkeit von 15 km/h auf. Bei Versuch 04 stützte sich der hintere Behälter auf dem vorderen ab, nachdem dieser schon zur Ruhe gekommen war. Ohne Interaktion wäre der hintere Behälter wahrscheinlich aus dem Versenk ausgetreten.

Bei Versuch 05 trat ein vollständiges Verlassen der Behälter aus dem Versenk auf, wobei sich beide Behälter derart beeinflussten, daß der vordere durch den hinteren im Aufsteigen behindert wurde, dadurch eine Kippbewegung ausführte und durch den Bördelrand am Boden einen Impuls in den hinteren Behälter einleitete, wodurch dieser in der Flugbahn angehoben wurde.

4.3 Beschädigungen

Beschädigungen am Fahrzeugrahmen traten erwartungsgemäß nur bei dem extrem hohen harten Stoß in Versuch 05 auf.

Schäden an der Palette und an den Verriegelungselementen waren nicht zu erkennen. Die Röhrenversenke wiesen nur Kratzspuren auf (Bilder 15, 16).



Bild 15: Kratzspuren an Versenk nach Versuch 02



Bild 16: Kratzspuren an Versenk nach Versuch 04

Bei Geschwindigkeiten oberhalb von 11 km/h und Verzögerungen größer 29g traten Deformationen der Behälterwandungen auf (Bilder 17, 18, 19). Dies ist mit eine Folge der zwar homogenen Füllung mit Hammerschlag, die eine Partikelverschiebung bei der Eindringung der Behälterwand zulässt. Befüllungen der Behälter mit festeren Materialien (z.B. Beton) lassen geringere Deformationen erwarten.



Bild 17: Deformation der Behälterwand (Versuch 02)

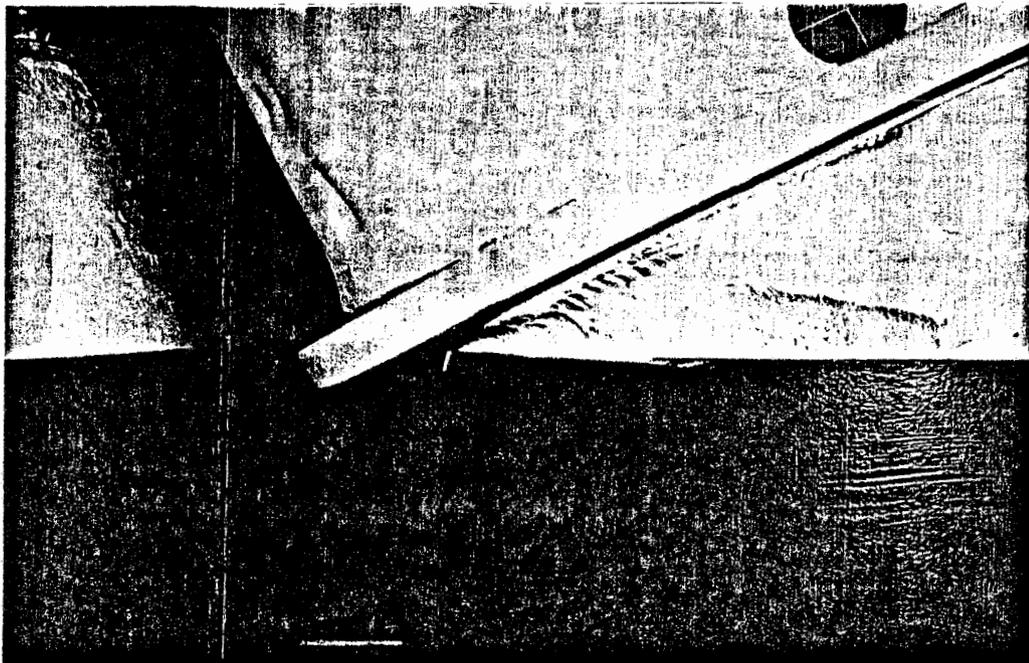


Bild 18: Deformation der Behälterwand (Versuch 04)



Bild 19: Deformation der Behälterwand (Versuch 04)

5. WERTUNG DER ERGEBNISSE

Wenn als Ziel bei einer Kollision eines Endlagerfahrzeugs mit der maximal möglichen Geschwindigkeit und Verzögerung der Schutz der Ladung gegen zu große Kippwinkel und Behälterdeformationen, oder gar gegen das Verlassen eines Behälters aus dem Versenk angestrebt wird, sollten folgende Gesichtspunkte bei der Konstruktion des integrierten Gesamtsystems (Fahrzeug/Palette/Behälter/Verriegelung) berücksichtigt werden:

- ** Das Vorsehen von Deformationszonen kann die Belastungen von Fahrzeug und Ladung verringern. Infolgedessen lassen sich Bauteile schwächer dimensionieren, wodurch eine Verringerung von Fahrzeug-, Palettengewicht und Fertigungskosten zu erwarten sein dürfte.
- ** Geringe Behälterdeformationen können sich günstig auf die Selbsthemmung im Versenk auswirken, wodurch die Sicherheit gegen ein Verlassen aus diesem angehoben wird.
- ** Die Behälterdeformationen lassen sich über die Strukturkennung des Fahrzeuges steuern. Sie sind ebenso zu beeinflussen durch deren Wandstärke, das verwendete Material, die Art der Befüllung (homogen, inhomogen) und die Wahl des Schutzmantels (z.B. Beton, Blei, etc.).
- ** Wesentliche Einflußparameter in Bezug auf die Deformation von Behältern und das Kippen derselben sind die Verhältnisse:
 - Versenkdurchmesser / Behälterdurchmesser
 - Versenkhöhe / Behälterschwerpunkthöhe
 - Kraftangriffspunkt / Gesamtschwerpunkt
- ** Bördelränder am Behälterboden wirken sich ungünstig auf den Bewegungsablauf aus, da die Behälter nicht bündig an der Versenkwand zum Anliegen kommen. Die Folge ist eine unnötige Erhöhung der Kraft am Behälter im Bereich der Versenkoberkante.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Versuche haben gezeigt, daß die Konstruktion von Endlagerfahrzeugen auch die Auslegung von Deformationszonen beinhalten muß. Die Deformationkennungen lassen sich aber erst nach Festlegung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit erstellen.

Bei den ungesicherten Behältern wurde bereits bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von $v_{\text{Koll}} = 8,5 \text{ km/h}$ eine Kippbewegung verzeichnet.

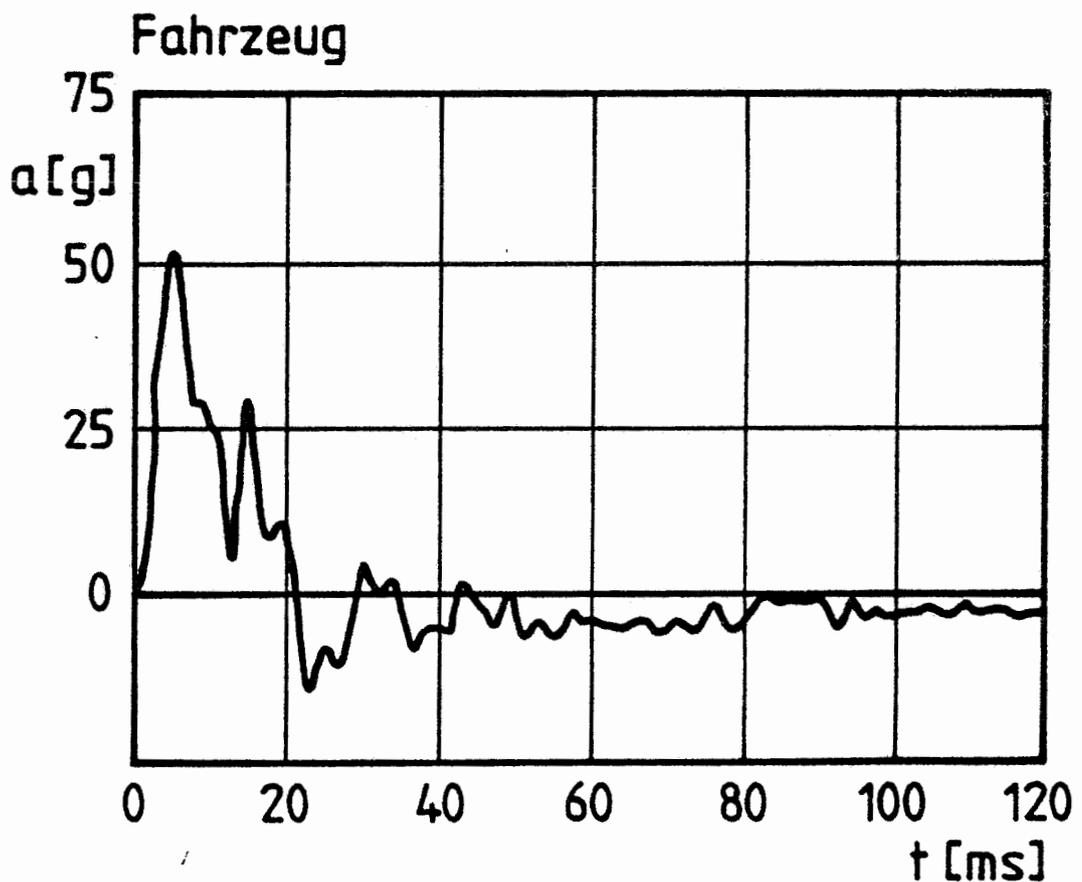
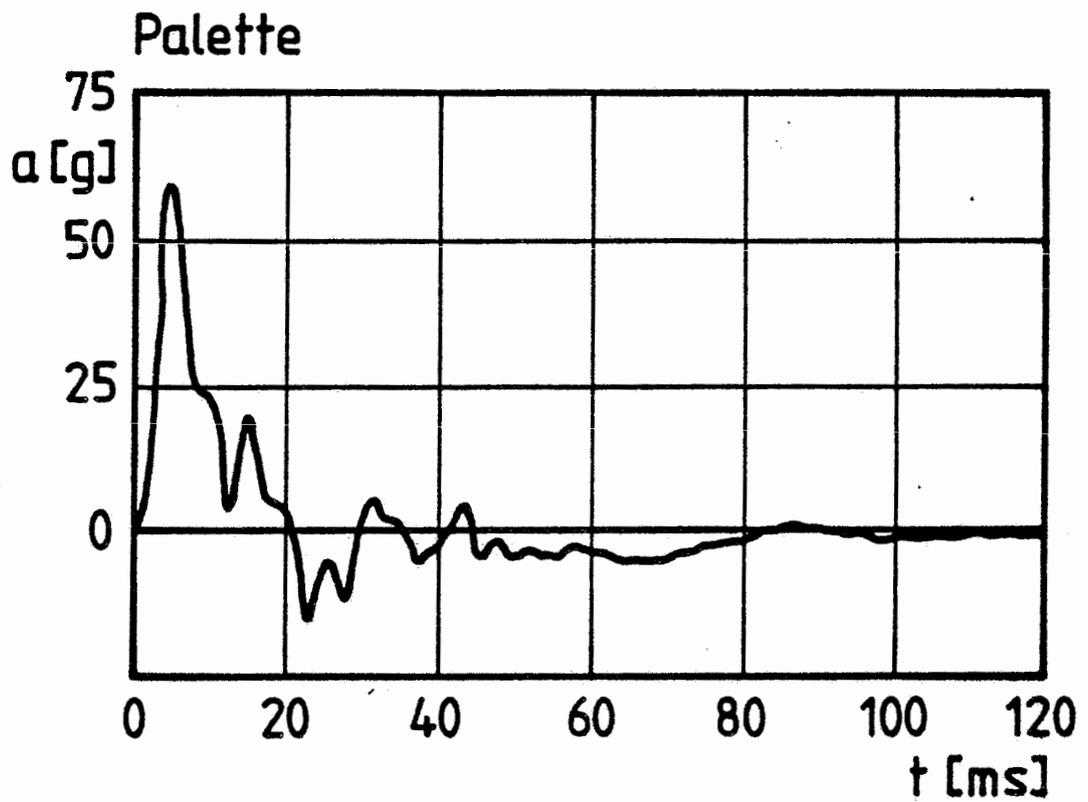
Bei $v_{\text{Koll}} = 31,3 \text{ km/h}$ verließen beide Behälter das Versenk vollständig.

Eine Allgemeingültigkeit der Ergebnisse läßt sich aufgrund der geringen Versuchsanzahl nicht ableiten. Schon geringfügige konstruktive Änderungen des untersuchten Gesamtsystems werden mit Sicherheit zu anderen Meßwerten und Bewegungsabläufen führen.

Deshalb müssen Abnahmeversuche mit allen Fahrzeugen (incl. Beladung), die eingesetzt werden sollen, durchgeführt werden.

7. ANHANG

Beschleunigungsverläufe Versuche 02 - 05



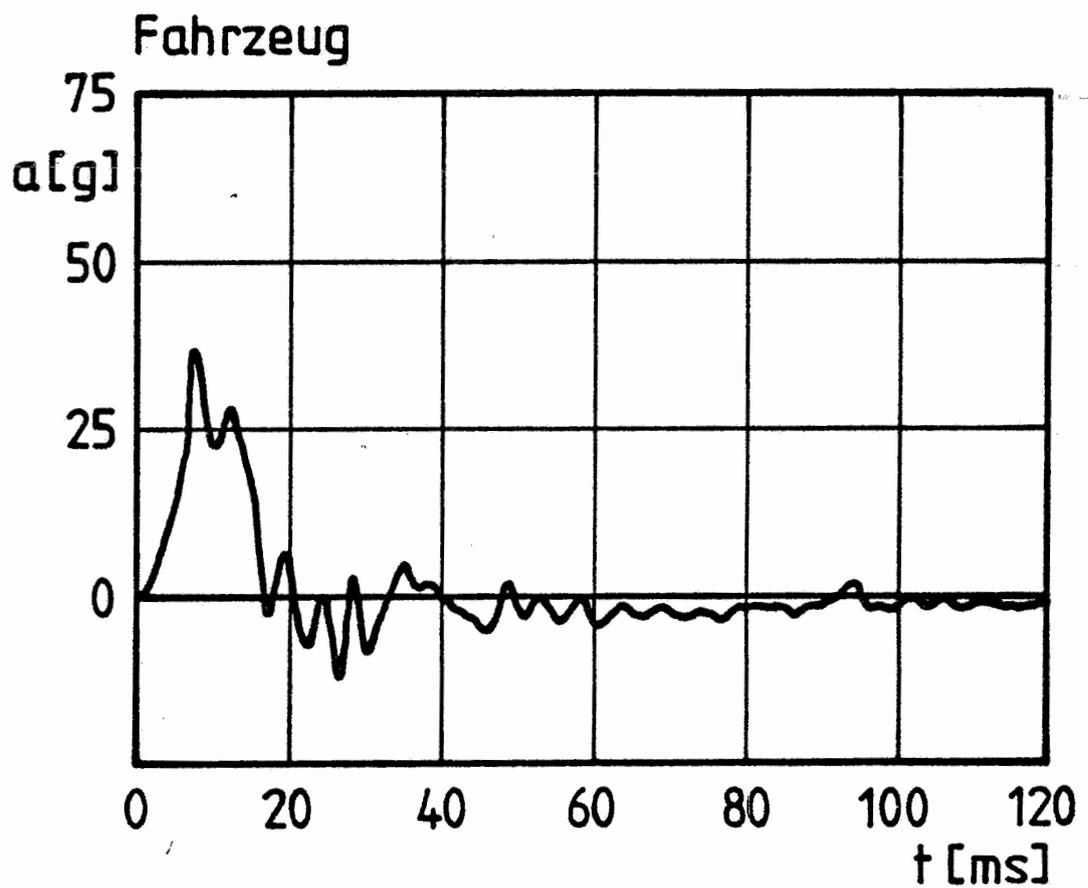
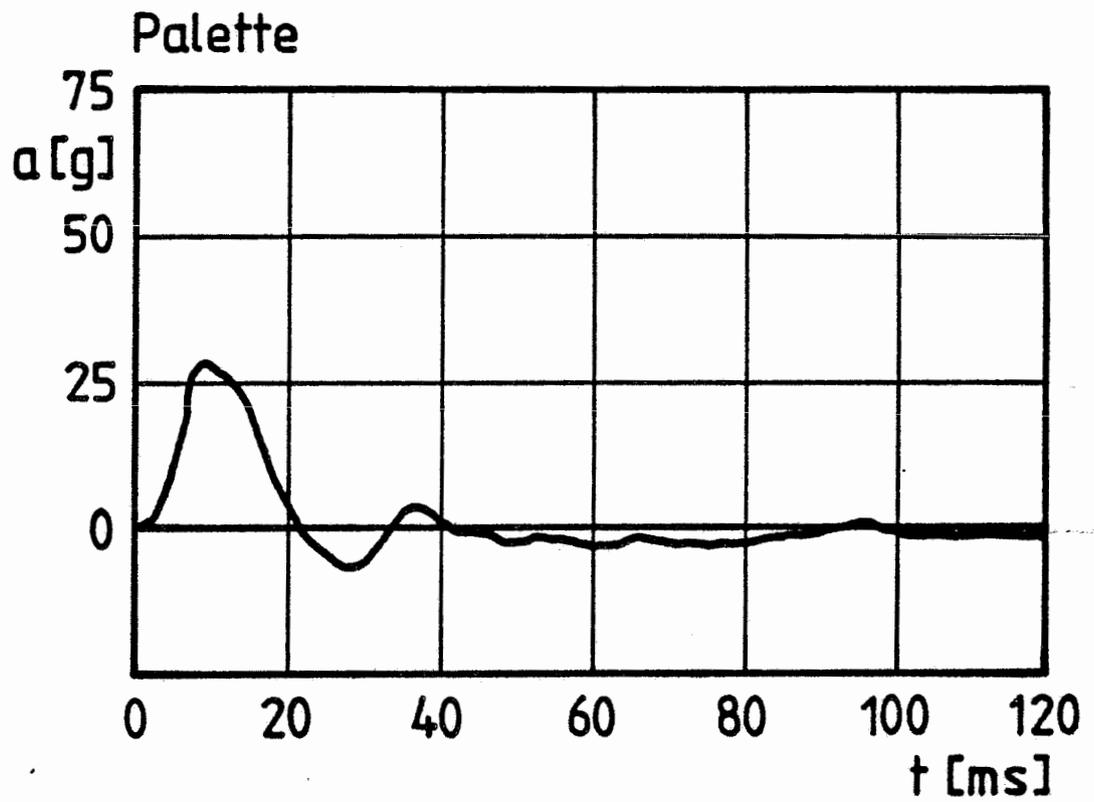
INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Gleislos-Fzg

Versuch Nr. 02
 $v_{\text{Koll}} = 15,2 \text{ km/h}$

RK

Sep. 1983



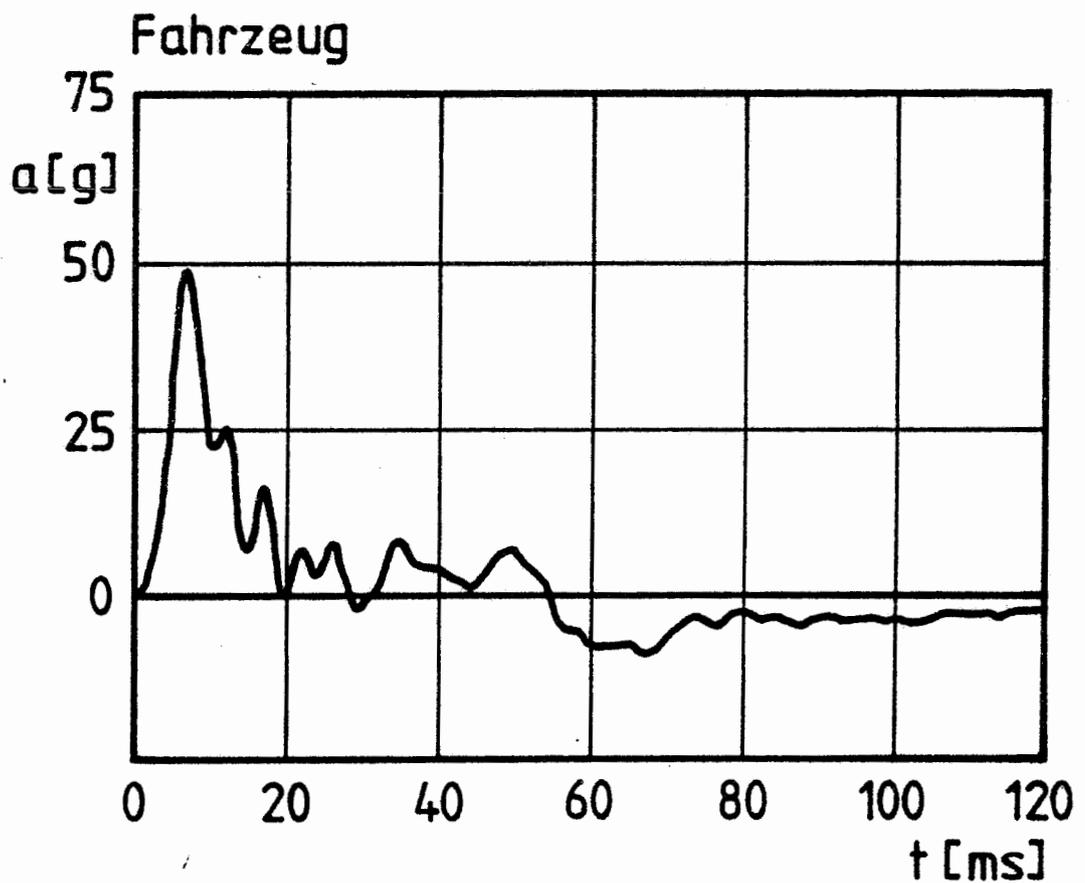
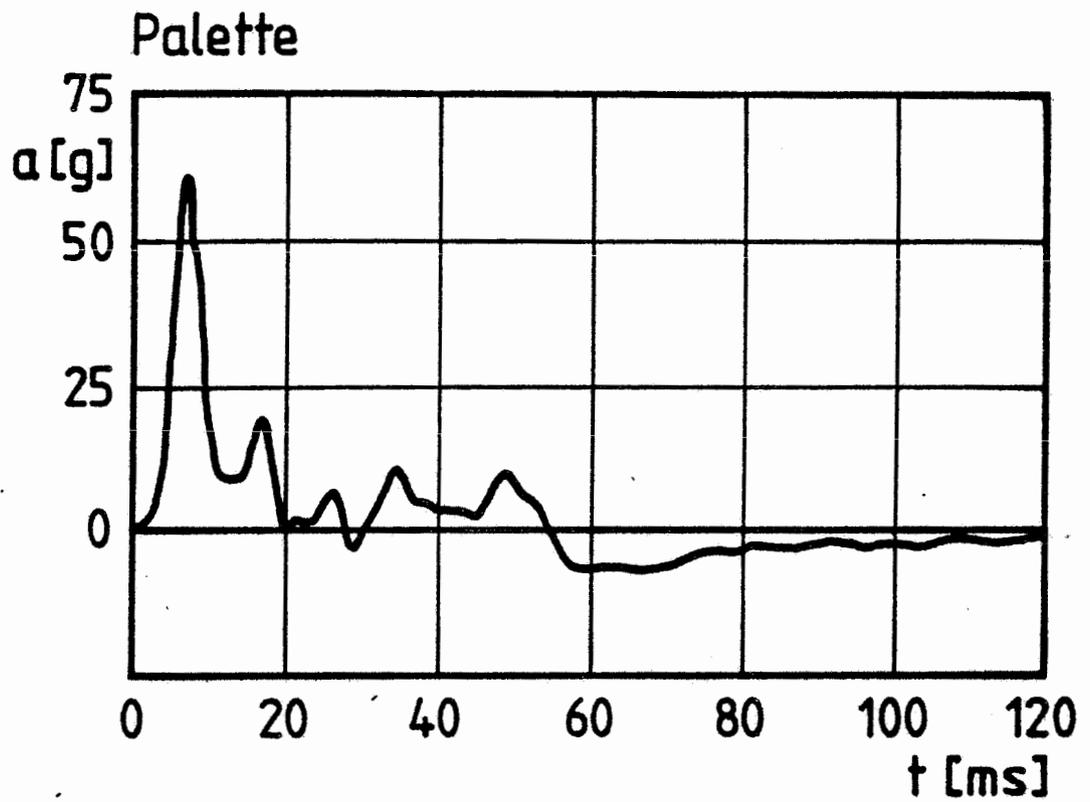
INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Gleislos-Fzg

Versuch Nr. 03
 $v_{\text{Koll}} = 10,9 \text{ km/h}$

RK

Sep. 1983



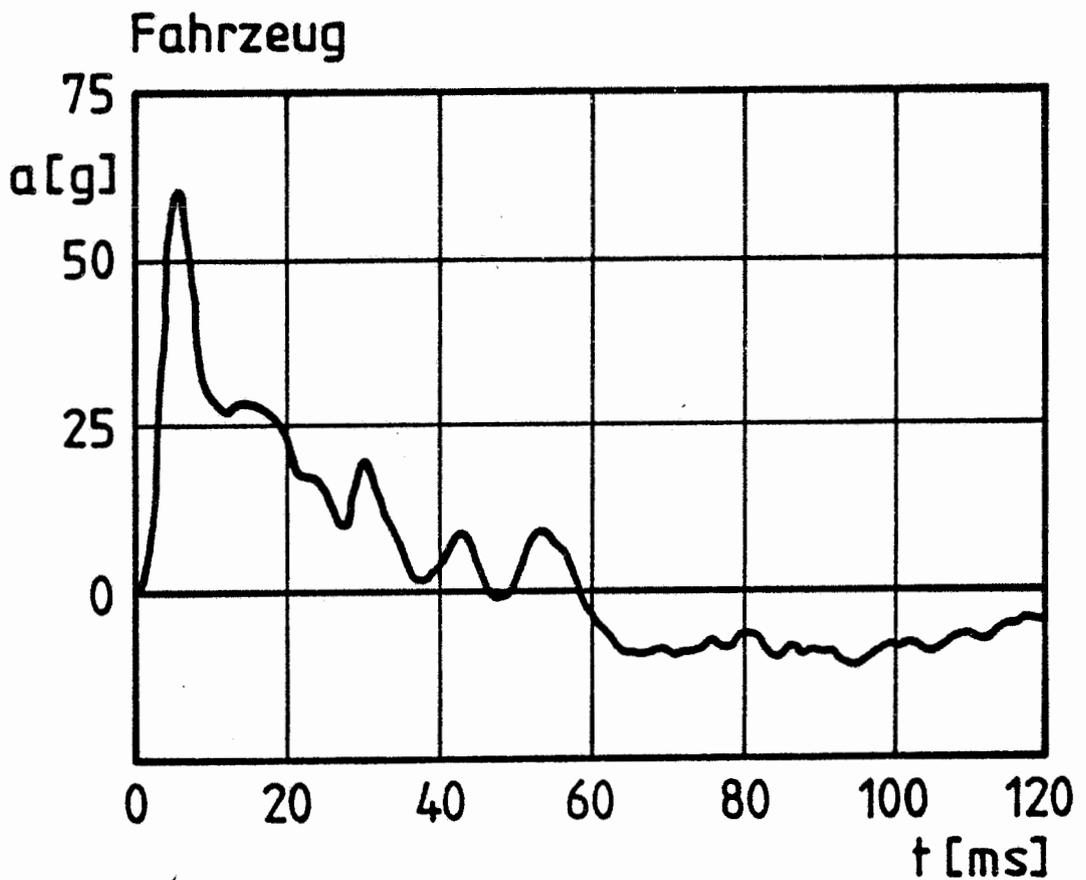
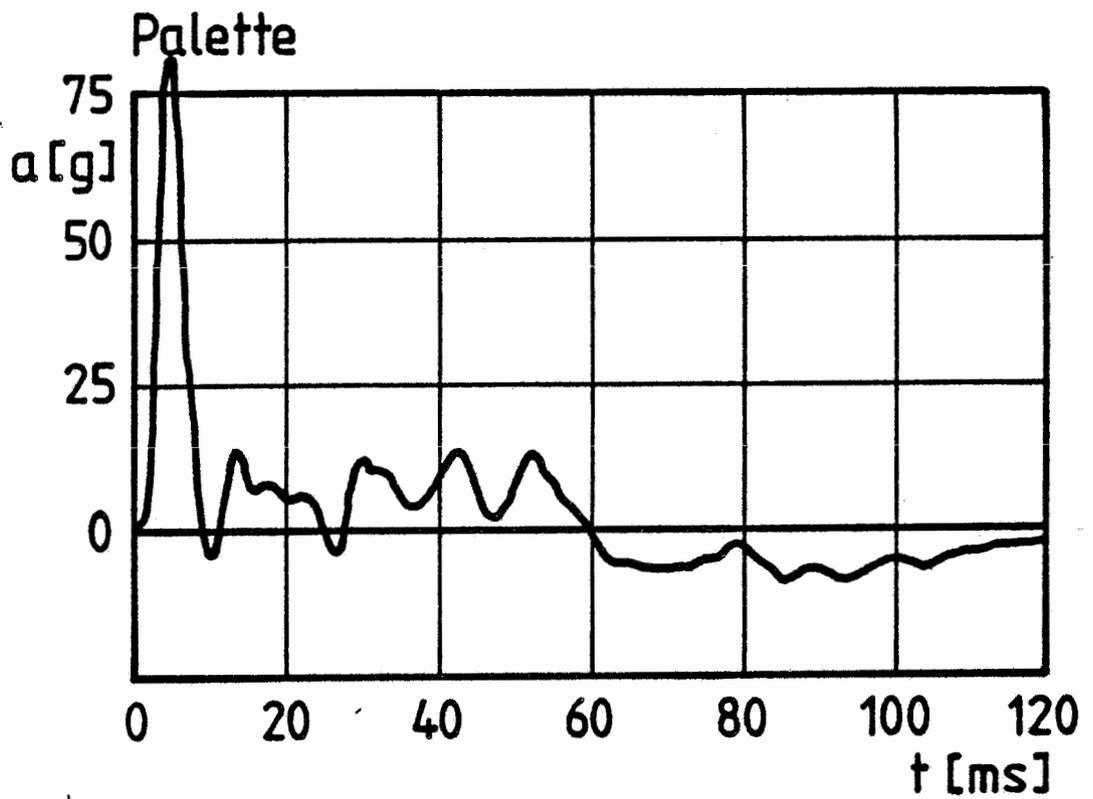
INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Gleislos-Fzg

Versuch Nr. 04
 $v_{\text{Koll}} = 20,6 \text{ km/h}$

RK

Sep. 1983



INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Gleislos-Fzg

Versuch Nr. 05
 $v_{\text{Koll}} = 31,3 \text{ km/h}$

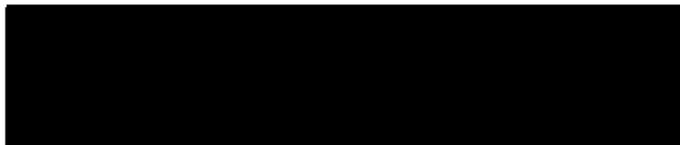
RK

Sep. 1983

**Untersuchung ausgewählter Störfälle
im Bergbau**

**Anhang 5: Störfallbetrachtung zum Ventilator-
ausfall**

erarbeitet von



unter Mitwirkung von



**Technische Universität Berlin
Institut für Bergbauwissenschaften**

Berlin, im März 1984

Untersuchung ausgewählter Störfälle im Bergbau

Die Studie besteht aus den nachfolgend aufgeführten Einzelbänden, wobei der jeweils vorliegende Band durch Rahmung besonders gekennzeichnet ist.

Hauptband

Anlagen

Quellenverzeichnis

- Anhang 1: Untersuchungen über die Sicherheit an Schachtförderanlagen
- Anhang 2: Schadens- und Unfälle an Schachtfördermaschinen seit ca. 1950
- Anhang 3: Gleislosfahrzeuge - Bericht über Crashversuche
- Anhang 4: Fahrzeugbrandversuche
- | | |
|-----------|---|
| Anhang 5: | Störfallbetrachtung zum Ventilatorausfall |
|-----------|---|
- Anhang 6: Gasaustrittsdatei

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE

Bergmännische Schul-, Prüf- und Forschungsanstalten

Prüfstelle für Grubenbewetterung



B E R I C H T

Nr.30104183

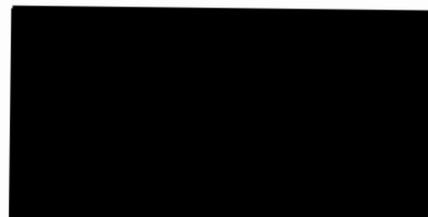
über die Störfallbetrachtung zum Ventilator-
ausfall in Bergwerken für die Endlagerung
radioaktiver Abfälle

Bearbeiter:



Bochum, den 03.11.1983

Westfälische Berggewerkschaftskasse
Prüfstelle für Grubenbewetterung



7 Anlagen

I N H A L T :

1. Einführung
2. Vorbemerkungen zur Bewetterung von Bergwerken
3. Hauptventilatorstillstand
 - 3.1 Berechnungsgrundlagen für die Wetterströme
 - 3.1.1 Ventilatorstillstand Gorleben
 - 3.1.2 Ventilatorstillstand Asse
 - 3.1.3 Ventilatorstillstand Konrad
 - 3.2 Ursachen und Wahrscheinlichkeit für Stillstand bzw. Ausfall der Hauptventilatoranlage
 - 3.2.1 Ursachen
 - 3.2.2 Wahrscheinlichkeit
 - 3.3 Bewertung
4. Ausfall von Sonderbewetterungsanlagen
5. Zusammenfassung

1. EINFÜHRUNG

Im Auftrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig werden an der Technischen Universität Berlin Betrachtungen von Störfällen beim Betrieb von Bergwerken zur Endlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt. Dabei wird, soweit möglich, auf die Verhältnisse in den geplanten Endlagerbergwerken Gorleben, Asse und Konrad Bezug genommen.

Im Rahmen dieses Vorhabens erhielt die Westfälische Berggewerkschaftskasse, Prüfstelle für Grubenbewetterung (PFG), den Unterauftrag, die Auswirkungen eines Ausfalls von Ventilatoren der Haupt- oder Sonderbewetterung sowie deren mögliche Ursachen zu behandeln. Es wurde vereinbart, die Untersuchungen zweckmäßigerweise auf dem Informationsstand aufzubauen, der bei der Prüfstelle für Grubenbewetterung aufgrund früherer Messungen und Planungen für die genannten Schachtanlagen vorliegt. Risiken, die eventuell von den eingelagerten Stoffen ausgehen, werden im vorliegenden Bericht nicht behandelt.

2. VORBEMERKUNGEN ZUR BEWETTERUNG VON BERGWERKEN

Die Bewetterung eines Bergwerkes hat im wesentlichen die Aufgaben

- eine für die Atmung der unter Tage beschäftigten Personen ausreichende Menge an Sauerstoff bereitzustellen,

...

- in die Grubenbaue eintretende schädliche Gase auf unschädliche Konzentrationen zu verdünnen und nach über Tage abzuführen
sowie
- für die Arbeit unter Tage geeignete klimatische Verhältnisse aufrecht zu erhalten.

Für die Atmung der Belegschaft ausreichende Wetterströme liegen im heutigen Bergbau praktisch immer vor ^{*}, da die beiden anderen Aufgaben erheblich größere Wetterströme erfordern. Als schädliche Gase, die in den Endlagerbergwerken regelmäßig zu erwarten sind, kommen Abgase von Dieselfahrzeugen und Sprengschwaden in Frage. Sprengschwaden treten in der Regel in hohen Konzentrationen, aber nur kurzzeitig auf, sodaß eine Gefährdung der Belegschaft vermieden werden kann, wenn Sprengungen zwischen den Schichten bei nicht belegter Grube durchgeführt werden. Der Einsatz von Dieselfahrzeugen ist dagegen ein entscheidendes Kriterium für die Bemessung der Wetterströme. Ein weiteres Kriterium sind oft die klimatischen Verhältnisse einer Grube, da die Wetter Gebirgswärme und Abwärme von Maschinen ohne unzulässig große eigene Erwärmung (vgl. Bergverordnung zum Schutz der Gesundheit gegen Klimaeinwirkungen (Klima-Bergverordnung) von 9. Juni 1983) aufnehmen und abführen müssen.

* Nach der "Allgemeinen Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen" des Oberbergamtes Clausthal-Zellerfeld vom 02.02.1966 ist für jede Person ein Wetterstrom von $2 \text{ m}^3/\text{min} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgeschrieben.

Ein ständiger Wetterstrom der erforderlichen Größe wird durch Hauptventilatoren erzeugt, die in der Regel am Ausziehschacht über oder unter Tage angeordnet sind. Die Verteilung der Wetter auf die Betriebspunkte im Grubengebäude erfolgt in den einzelnen Wetterwegen durch geeignete Drosselung der "durchgehenden" Teilwetterströme. Nicht durchschlägige Grubenbaue, z. B. Streckenvortriebe, müssen mit Sonderbewetterungsanlagen wettertechnisch versorgt werden.

Nach einem Ventilatorausfall werden zunächst über alle Schächte Wetter in die Grube einziehen, bis der im Grubengebäude vom Hauptlüfter aufgebaute Unterdruck ausgeglichen ist. In dieser Phase wird in einem nicht näher abgrenzbaren Bereich auf der Abwetterseite des Grubengebäudes eine Umkehr der Wetterrichtung eintreten, die in erster Linie vom Volumen des Grubengebäudes, dem anfänglich vorhandenen Unterdruck und den Wetterwiderständen der Schächte abhängt. Dieser instationäre Vorgang wird in der Regel nicht sehr lange andauern, nur in Ausnahmefällen bei sehr großen Volumina der Grube ist mit Zeiträumen von mehr als einer Stunde zu rechnen. Auch nach dem Druckausgleich kommt es bei Ventilatorstillstand im Grubengebäude nicht zum Wetterstillstand, da die Temperatur im Ausziehschacht aufgrund der Wärmeaufnahme der Wetter im Grubengebäude in der Regel größer als die Temperatur im Einziehschacht ist und somit ein thermischer Auftrieb entsteht. Dieser sogenannte "natürliche Auftrieb" bewirkt bei verminderter Größe der Wetterströme langfristig eine Bewegung des Hauptwetterstromes in normaler Wetterrichtung. Nur in Grubengebäuden mit unterschiedlicher Höhe der Tagesöffnungen ist jahreszeitlich bedingt auch eine Umkehr der Wetterrichtung bei Ventilatorstillstand möglich.

...

3. HAUPTVENTILATORSTILLSTAND

3.1 Berechnungsgrundlagen für die Wetterströme

Aufgrund der Ausführungen im Abschnitt 2 sind nach der kurzen Übergangsphase bis zum Druckausgleich die Wettertemperaturen in den Schächten entscheidend für die Größe des Wetterstromes bei Ventilatorstillstand. Im Einziehschacht werden die Wettertemperaturen, sofern keine Schachtheizung betrieben wird, maßgeblich durch die über Tage vorliegenden Temperaturen sowie deren Schwankungen bestimmt. Im Ausziehschacht sind demgegenüber nur geringe Schwankungen zu erwarten, so daß diese für die folgenden Betrachtungen vernachlässigt werden. Somit sind abhängig von der Jahreszeit bei Ventilatorstillstand unterschiedliche Wetterströme zu erwarten.

Für die mittleren Temperaturen an der Rasenhängebank des Einziehschachtes können aufgrund meteorologischer Angaben für die Standorte der betrachteten Bergwerke folgende Werte angenommen werden

Winter	t_m	=	- 0,5	°C
Frühjahr/Herbst	t_m	=	8	°C
Sommer	t_m	=	16,5	°C

Die maßgebliche Temperatur der einziehenden Wetter nimmt im Jahresmittel aufgrund der Abnahme der potentiellen Energie je 100 m Teufenzunahme um 1 °C zu. Im Sommer ist die Temperaturzunahme etwas geringer, da das Gebirge, das den Schacht umgibt,

...

den Wettertemperaturschwankungen nur verzögert folgt und somit eine Abkühlung der Wetter bewirkt. Nach [REDACTED] (Grubenklima, Verlag Glückauf, 1981) läßt sich die Temperaturzunahme im Einziehschacht für den Sommer mit $0,7 \text{ K}/100 \text{ m}$ abschätzen. Sinngemäß vergrößert sich die Temperaturzunahme der einziehenden Wetter im Winter auf etwa $1,3 \text{ K}/100 \text{ m}$.

Für den Jahresverlauf wurden die Wettertemperaturen im Einziehschacht abhängig von der Tagestemperatur durch lineare Interpolation zwischen den genannten Temperaturanstiegen abgeschätzt. Danach ergibt sich für Frühjahr und Herbst bei der Tagesmitteltemperatur von $8 \text{ }^\circ\text{C}$ die genannte mittlere Temperaturzunahme von $1 \text{ K}/100 \text{ m}$. Tatsächlich ist die Temperaturzunahme - wiederum aufgrund des wärmeausgleichenden Gebirgsmantels - im Herbst etwas größer und im Frühling etwas geringer. Derartige Unterschiede können im Vergleich zu der zum gegenwärtigen Zeitpunkt erreichbaren und erforderlichen Genauigkeit der nachfolgenden Berechnungen jedoch vernachlässigt werden.

Bisher wurden nur die mittleren jahreszeitlichen Schwankungen der Tagestemperatur betrachtet. Im Sommer können über kürzere Zeiträume erheblich höhere Tagestemperaturen auftreten. Dann wird die Temperaturzunahme im Einziehschacht aufgrund des kühleren Gebirgsmantels noch geringer als $0,7 \text{ K}/100 \text{ m}$ ausfallen, im Extremfall sogar negativ sein. Entsprechend ergibt sich im Winter bei sehr niedrigen Temperaturen eine Vergrößerung der Temperaturzunahme über $1,3 \text{ K}/100 \text{ m}$ hinaus. Für die nachfolgenden Berechnungen wurde daher allgemein der in Anlage 1 dargestellte lineare Zusammenhang zwischen Tagestemperatur und Temperaturzunahme der Wetter zugrunde gelegt. In dem gestrichelt dargestellten extrapolierten Bereich der Geraden muß von einer größeren Unsicherheit der Ergebnisse ausgegangen werden.

Auf der Grundlage der genannten Temperaturen wurden die Bewetterungsverhältnisse bei Ventilatorstillstand durch Wetternetzrechnung ermittelt. Die ebenfalls maßgebliche Struktur der Wetternetze und die Widerstände von Grubenbauen wurden aus älteren Untersuchungen der Prüfstelle für Grubenbewetterung übernommen. Kurze Erläuterungen dazu sind in den folgenden Abschnitten über die Untersuchungen für die einzelnen Schachtanlagen enthalten.

3.1.1 Ventilatorstillstand Gorleben

Ausgangsbasis der Ventilatorstillstandsberechnungen sind das Grubengebäude und die normalen Bewetterungsverhältnisse, die in einem Planungsbericht der Prüfstelle für Grubenbewetterung vom 03.01.79 sowie in dessen 2. Ergänzung vom 21.02.79 beschrieben sind. Beide Berichte wurden für die PTB von der PFG als Unterauftragnehmer des "Konsortiums Planung Endlager" (KPE) erarbeitet. Das Wetternetz ist stark vereinfacht, ohne Berücksichtigung seiner zahlreichen Verzweigungen unter Tage in Anlage 2 dargestellt. Es umfaßt einen Einziehschacht und einen Ausziehschacht mit über Tage angeordneter Hauptventilatoranlage. Nach der Planung besteht die Anlage aus zwei parallel betriebenen Ventilatoren mit einem Reserveaktivteil. Bei Ausfall eines der Ventilatoren kann der normale Bewetterungszustand durch Austausch der Aktivteile innerhalb weniger Minuten wieder hergestellt werden.

...

Der geplante Gesamtwetterstrom des Endlagerbergwerks Gorleben beträgt etwa $390 \text{ m}^3/\text{s}$.

Für den Stillstand der gesamten Hauptventilatoranlage ist in Anlage 3 der nach oben angeführten Erläuterungen abgeschätzte Gesamtwetterstrom über der Tagestemperatur (Jahreszeit) aufgetragen. Außerdem enthält ein zweiter Maßstab auf der Ordinate den entsprechenden Prozentsatz vom Gesamtwetterstrom bei Normalbetrieb der Bewetterung.

Danach kann im Winter bei Ventilatorausfall noch mit etwa 66 % des normalen Wetterstroms gerechnet werden; auch bei mittleren Sommertemperaturen sind noch 42 % zu erwarten. Erst bei sehr hohen Sommertemperaturen um $30 \text{ }^\circ\text{C}$ wird die Bewetterung vollständig zum Stillstand kommen. Die genaue Temperatur für den Wetterstillstand kann nur mit großer Unsicherheit angegeben werden, da sie unter anderem stark von der gegenwärtig nur ungenau bekannten Abwettertemperatur abhängt. Die Ergebnisse lassen jedoch erkennen, daß der vollständige Wetterstillstand unwahrscheinlich und nur bei extrem hochsommerlichen Wetterlagen möglich ist.

Da im Bewetterungssystem Gorleben keine Zusatzventilatoren vorgesehen sind, wird sich bei Ausfall der Ventilatoranlage in den verschiedenen Hauptwetterwegen des Grubengebäudes allgemein nahezu die gleiche relative Wetterstromverminderung ergeben wie beim Gesamtwetterstrom. Größere oder geringere Veränderungen könnten - beispielsweise aufgrund lokal begrenzt wirksamer Auftriebe - nur in einzelnen Grubenbauen von untergeordneter Bedeutung eintreten. Eine Vorausberechnung dieser Abweichungen ist im Planungsstadium praktisch nicht möglich, im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aber auch nicht erforderlich.

...

Wie erwähnt, ist für das Bergwerk Gorleben nach den Planungsunterlagen eine Hauptventilatoranlage mit zwei parallelen Ventilatoren vorgesehen. Außer dem betrachteten Ausfall der gesamten Anlage wäre demnach denkbar, daß nur ein Ventilator bei nicht betriebsbereitem Reserveaktivteil ausfällt. In diesem Fall müßte die Grube mit nur einem Ventilator bei geschlossenem Wetterschieber vor der parallelen Einheit bewettert werden. Der entsprechende Wetterstrom wird dann vom Verlauf der Ventilator Kennlinie abhängen. Mit Sicherheit ist jedoch davon auszugehen, daß zu jeder Jahreszeit mehr als 50 % des planmäßigen Gesamtwetterstroms erreicht werden können.

3.1.2 Ventilatorstillstand Asse

Ausgangsbasis der Ventilatorstillstandsberechnung ist das in Anlage 4 dargestellte vereinfachte Wetternetz, das der wettertechnischen Situation bei einer Messung der Prüfstelle für Grubenbewetterung vom März 1980 entspricht. Der Bericht über diese Messung wurde unter der Nummer 30-06/80 am 14.03.80 für die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GFS) von der PFG als Unterauftragnehmer der Firma Deilmann-Haniel erstellt. Er war eine wettertechnische Voruntersuchung zum geplanten Tiefenaufschluß der Schachtanlage Asse.

Die Schachtanlage Asse verfügt gemäß Anlage 4 für den Hauptwetterstrom nur über den Schacht 2, der zwischen Rasenhängebank und 490 m-Sohle in Ein- und Ausziehtrum geteilt ist. Unterhalb der 490 m-Sohle strömen die einziehenden Wetter im gesamten Schachtquerschnitt zur tiefsten (750 m-) Sohle.

...

Der zusätzlich vorhandene Schacht 4 dient zur Beschickung einer Kaverne. Er hat nur einen Durchmesser von 1,5 m und ist für die Bewetterung des Hauptgrubengebäudes ohne Bedeutung. Der Kavernenbereich wird im vorliegenden Bericht nicht behandelt.

Der Hauptventilator ist unter Tage auf der 490 m-Sohle vor dem Abwettertrum des Schachtes 2 angeordnet. Eine Reserve steht nicht zur Verfügung. Der Gesamtwetterstrom im Normalbetrieb beträgt ca. 54 m³/s.

Wettertechnische Planungen zum Tiefenaufschluß für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen liegen nicht vor. Daher wurden die Ventilatorstillstandberechnungen auf der Grundlage der Verhältnisse vom März 1980 durchgeführt. Diese Ausgangsbasis ist insofern nicht unrealistisch, als kein neuer Schacht vorgesehen ist und somit ähnliche Verhältnisse bestehen bleiben werden. Lediglich die Abwettertemperaturen werden infolge der Auffahrung neuer Grubenbaue in größerer Teufe zunehmen, so daß die Ventilatorstillstandberechnungen eher zu geringe Wetterströme liefern.

Die Ergebnisse der Ventilatorstillstandberechnungen auf der Grundlage der Erläuterungen des Abschnitts 3.1 sind in Anlage 5 dargestellt. Hierzu ist zu bemerken, daß die Voraussetzungen im vorliegenden Fall nicht vollständig zutreffen, weil über den Schachtscheider ein Wärmeaustausch zwischen Ein- und Ausziehwettern stattfindet. Dadurch ergibt sich im Schacht eine größere Temperaturzunahme der einziehenden und eine größere Abnahme der ausziehenden Wetter, d.h. der natürliche Auftrieb

...

und somit der Wetterstrom bei Ventilatorstillstand verringern sich im Vergleich zur beschriebenen Berechnung. Daher wurden zusätzliche Berechnungen mit Wettertemperaturen durchgeführt, die von der Schachtanlage zu unterschiedlichen Jahreszeiten gemessen wurden. Die Ergebnisse sind als Punkte in Anlage 5 eingetragen. Sie weisen die erwarteten Abweichungen mit geringeren Wetterströmen, aber ähnlichen jahreszeitlichen Veränderungen auf.

Nach den zutreffenderen, zuletzt erläuterten Berechnungen sind im Mittel im Winter 60 % und im Sommer 15 % des gegenwärtigen Gesamtwetterstroms zu erwarten. Der vollständige Wetterstillstand wird nach der rechnerischen Abschätzung bei etwa 24 °C Tagestemperatur erreicht. Es sei nochmals auf die Unsicherheit dieser Grenztemperatur hingewiesen.

In den Hauptwetterwegen des Grubengebäudes sind wiederum allgemein die gleichen relativen Wetterstromveränderungen zu erwarten wie beim Gesamtwetterstrom.

3.1.3 Ventilatorstillstand Konrad

Ausgangsbasis der Ventilatorstillstandsberechnungen für das Bergwerk Konrad sind das Grubengebäude und die Bewetterungsverhältnisse (Anlage 6), die in den von der Prüfstelle für Grubenbewetterung für die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) erstellten Planungsberichten Nr. 30-49/81 vom 06.08.82 und Nr. 30100883 vom 25.02.83 für den geplanten Beginn der Einlagerung beschrieben sind. Danach umfaßt das Grubengebäude

...

einen Einzieh- und einen Ausziehschacht und wird bei einem Gesamtwetterstrom von etwa $175 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einem am Ausziehschacht 2 über Tage installierten Hauptventilator bewettert. Die Frischwetter werden dem Grubengebäude im wesentlichen über die 4. und 5. Sohle zugeführt. Der an der 4. Sohle abgezweigte Teilstrom dient zur Bewetterung des Fahrweges zum Einlagerungsfeld, die bis zur 5. Sohle ziehenden Wetter versorgen

- die Einlagerungsbetriebe zwischen 4. und 5. Sohle
- die Rampe 570 und
- ein für die Endlagerung vorzurichtendes Feld (Feld 6).

Die Abwetter der Einlagerungsbetriebe werden, ohne andere belegte Grubenbaue zu berühren, über die 3. Sohle zum Ausziehschacht 2 geführt. In diesem Wetterweg ist ein Zusatzventilator erforderlich, der in einem Wetteraufhauen zwischen 3. und 4. Sohle an der Westgrenze des Einlagerungsfeldes installiert werden soll.

Die Einlagerungsörter auf den Teilsohlen (TS) zwischen 4. und 5. Sohle sind untereinander durch Wetterbohrlöcher - in Anlage 6 durch Doppellinien gekennzeichnet - mit einem Durchmesser von 700 mm verbunden. Über diese Bohrlöcher wird der in den Einlagerungsörtern benötigte Wetterstrom mit Hilfe von Luttenventilatoren in den Abwetterweg geführt.

Bei einem Ausfall des Hauptlüfters muß damit gerechnet werden, daß Wetterteilkreisläufe innerhalb des Grubengebäudes auftreten. Wenn diese vermieden werden sollen, müssen - wie beispielsweise im Steinkohlenbergbau vorgeschrieben - mit dem Ausfall Zusatz-

...

und Bohrlochlüfter abgeschaltet werden. Zusätzlich ist zu empfehlen, bei Stillstand des Zusatzventilators die Schleuse an diesem Ventilator automatisch zu öffnen, damit der Wetterwiderstand in diesem Wetterweg möglichst gering ist und ohne den Zusatzventilator ein möglichst großer Wetterstrom aufrecht erhalten bleibt.

Für den Stillstand aller Lüfter ist in Anlage 7 wiederum der abgeschätzte Gesamtwetterstrom über der Tagestemperatur aufgetragen. Danach kann im Winter bei Ventilatorausfall mit etwa 74 % des normalen Wetterstroms gerechnet werden; auch im Sommer sind noch 39 % zu erwarten. Bei Lufttemperaturen über Tage von mehr als 24 °C ist mit vollständigem Stillstand der Bewetterung zu rechnen. Im vorliegenden Fall wird sich durch den Einsatz der Zusatzventilatoren unter Tage der Wetterstrom im Einlagerungsbereich wesentlich stärker vermindern als der Gesamtwetterstrom. Eine genaue Vorausberechnung der sich einstellenden Wetterverteilung ist auf der Basis der vorliegenden Planungsunterlagen nicht möglich.

Wesentlich geringere Auswirkungen auf die Wetterführung entstehen bei einem Ausfall des Zusatzlüfters oder der Bohrlochlüfter. Ein jahreszeitlicher Einfluß ist in diesen Fällen nicht gegeben. Eine zuverlässige Vorausberechnung der eintretenden Bewetterungsverhältnisse ist gegenwärtig wiederum noch nicht möglich. Daher sollen hierzu abschließend nur einige qualitative Angaben gemacht werden:

...

Bei einem Ausfall des Zusatzlüfters im Wetteraufhauen zwischen der 4. und 3. Sohle wird sich der Wetterstrom am Hauptlüfter nur unwesentlich vermindern. Eine starke Wetterstromverringerung ist im Abwetterweg über den Zusatzlüfter, eine Zunahme in parallelen Wetterwegen zu erwarten. Wenn die Bohrlochlüfter nach Ausfall des Zusatzlüfters weiter betrieben werden, wird sich der Wetterstrom in den Einlagerungsörtern nur geringfügig verändern; allerdings kann es hier zu Wetterkreisläufen innerhalb des Einlagerungsfeldes kommen.

Was die Bohrlochlüfter anbetrifft, kann angenommen werden, daß von ihnen jeweils nur einer ausfällt. Dies wird praktisch nur einen deutlichen Wetterstromrückgang im zugehörigen Einlagerungs-ort bewirken; die parallelen Örter werden weiterhin ausreichend bewettert. Der Wetterstrom am nachgeschalteten Zusatzlüfter wird sich bei Ausfall eines Bohrlochlüfters nur geringfügig vermindern, der Betriebspunkt des Hauptlüfters praktisch überhaupt nicht beeinflußt werden.

3.2 Ursachen und Wahrscheinlichkeit für Stillstand bzw. Ausfall der Hauptventilatoranlage

Die Ausführungen dieses Abschnittes beruhen auf Erfahrungen, die mit den im Steinkohlenbergbau betriebenen Ventilatoranlagen gewonnen wurden.

...

3.2.1 Ursachen

Als "Ausfall" eines Hauptventilators wird hier nach den gültigen bergbaulichen Bestimmungen ein außerplanmäßiger Stillstand für einen Zeitraum von mehr als 20 Minuten bezeichnet.

Planmäßige Stillstände des Hauptventilators gelten nicht als Ausfall, sie treten z. B. auf bei:

- turnusmäßigen Inspektions- und Wartungsarbeiten,
- Reinigungsarbeiten,
- Wochenendstillständen (Salzbergbau),
- Umschaltungen auf Reserveventilator bzw. Wechselaktivteil (Steinkohlenbergbau), *
- planmäßigen Reparatur- und Umbauarbeiten ,
- Öffnen der Schachtschleuse beim Einbringen von Langmaterial sowie bei
- Messungen des Betriebszustandes und der Kennlinien.

Ursachen für Ventilatorausfälle sind

- Schäden an Hauptbaugruppen des Ventilators.
Als Hauptbaugruppen gelten Ventilatorlaufzeug, Stator und Gehäuse, Antriebsmotor, Kraftübertragung (Getriebe, Kupplungen, Wellen), Motor- bzw. Ventilatorlagerung, Energieversorgung (Hochspannungsleitung, Leistungsschalter) und Steuerung.

...

* Nach § 141, Abs. 6, der Bergverordnung des LOBA NW vom 20.02.1970 muß für jeden im Steinkohlenbergbau in Betrieb befindlichen Hauptventilator ein Reserveventilator vorhanden sein. Eine entsprechende Vorschrift für den Salzbergbau besteht in den Bergverordnungen des Landes Niedersachsen nicht.

- Schäden an Nebenbaugruppen der Ventilatoranlage.
Als Nebenbaugruppen gelten Wetterschieber bzw. -klappe, Diffusor, Schalldämpfer und Wetterkanal.
- Allgemeiner Netzausfall bzw. interner Netzausfall.
- Überschreitung der Abreiß- oder Pumpgrenze.
- Überschreitung zulässiger Schwingungswerte.
- Fehlauslösung von Überwachungselementen.
- Fehlbedienungen durch das Ventilatorpersonal.
- Fremdeinwirkungen, z. B. Wassereinbrüche oder Bergschäden.

Die Zahl der bekannt gewordenen Ventilatorausfälle ist, bezogen auf die Zahl der im Steinkohlenbergbau betriebenen Hauptventilatoren und deren Betriebsdauer, relativ gering. Eine oder mehrere Hauptschadensursachen anzugeben ist deshalb schwierig. Aufgrund von Erfahrungen werden im folgenden die wichtigeren der o. g. Stör- bzw. Schadensursachen etwas ausführlicher behandelt:

- Beschädigungen oder Zerstörung des Laufzeuges: Sie treten infolge von Abrasion bzw. Korrosion, Verschmutzung, Fremdkörpereinwirkung, Überschreitung der Dauerfestigkeit bei instabilem Betrieb, Lagerschäden oder falscher Fahrweise auf. Abrasion durch Wasserschlag und Feststoffanteile sowie Korrosion infolge aggressiver Grubenwetter führen zu einer kontinuierlichen Veränderung der Schaufeloberflächen und -form. Die Folge ist eine ebenso kontinuierliche Absenkung der Abreißgrenze, die evtl. eine Erneuerung des Laufzeuges erforderlich macht. Erforderliche Stillstände können in Zeiten der Betriebsruhe gelegt werden.

...

Fremdkörpereinwirkungen durch angesaugte Metallteile, z. B. Werkzeuge, Schutzgitter oder Verkleidungsbleche sowie durch abstürzende Schalldämpferkulissen führen zu sofortiger Zerstörung des Laufzeuges ohne Vorwarnzeit. Das gleiche gilt für Schaufelbruch bei Überschreitung der Dauerfestigkeit oder bei falscher Fahrweise, z. B. dem Anfahren aus dem Rückwärtslauf.

Die zur Instandsetzung erforderlichen Stillstandszeiten können mehrere Tage oder auch mehrere Wochen betragen.

- Schäden am Motor bzw. an der Kraftübertragung: Sie entstehen häufig bei Überlastung oder z. B. durch Anstreifen des Motorläufers bei zu hohem Lagerspiel sowie Ausfall oder Unterbrechung der Kühlung. Eine weitere Schadensursache sind Wicklungsschäden, z. B. durch verschlissene oder thermisch überbeanspruchte Wicklungsköpfe. Bei Zerstörung der Motorwicklung sind i. a. Stillstandszeiten von 4 bis 8 Wochen erforderlich. Überwacht werden i. a. die Stromaufnahme und die Wicklungstemperatur.
- Schäden an der Motor- bzw. Ventilatorlagerung: Der überwiegende Teil der Hauptventilatoren ist mit Wälzlager ausgestattet. Wälzlager haben aufgrund ihrer Funktionsweise nur eine endliche Lebensdauer (Auslegungswert i. a. 10^5 h) und werden in der Regel bei fälligen Revisionen gewechselt. Lagerschäden treten weiterhin infolge von unterbrochener bzw. eingeschränkter Schmiermittelzuführung, falscher Auslegung, infolge von Verunreinigungen, mangelhafter elektrischer Lagerisolierung oder unzulässigen Schwingungen auf.

...

Nicht rechtzeitig erkannte Lagerschäden haben oftmals erhebliche Folgeschäden, z. B. Wellenbruch, Lager-schildbruch, Anschlagen rotierender Teile. Die langen resultierenden Stillstandszeiten können mehrere Tage bis mehrere Wochen betragen. Für die Überwachung der Lagerung werden deshalb verschiedene Systeme, wie Temperaturmessung, Schwingungsmessung, Schmiermitteldurchflußmessung, Stoßimpulsmessung und Wellenspannungsmessung eingesetzt.

- Netzausfälle: Kurzfristige Netzausfälle werden meist nicht bekannt; bleibende Schäden entstehen dadurch nicht, die Stillstandszeiten bei Netzausfall dürften höchstens wenige Stunden betragen.
Moderne Anlagen werden häufig alternativ aus zwei unabhängigen elektrischen Netzen gespeist.
- Der Betrieb im instabilen Arbeitsbereich des Ventilators tritt inzwischen relativ selten auf. Bei Hauptventilatoren werden grundsätzlich Förderstrom \dot{V} und erzeugte Druckdifferenz Δp überwacht. Dabei wird ein zulässiger Arbeitsbereich im $\Delta p, \dot{V}$ -Kennfeld vorgegeben. Verläßt der Betriebspunkt diesen Bereich, so erfolgt eine Störungsmeldung.
- Überschreitung zulässiger Schwingungswerte:
Schmutzanbackungen, Wasser- bzw. Eisansammlungen sowie Abrasion führen häufig zu Veränderungen des Wuchtzustandes. Da die meisten Anlagen mit Schwingungsüberwachungseinrichtungen ausgestattet sind, können die Rotoren i. a. vor dem Auftreten größerer Schäden neu gewuchtet werden. Die dabei auftretenden Stillstandszeiten betragen ca. 2-4 h.

...

Die weiteren oben aufgeführten Störursachen sind zwar grundsätzlich denkbar; die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ist jedoch im Vergleich zu den hier näher beschriebenen Fällen sehr gering.

3.2.2 Wahrscheinlichkeit

Im Steinkohlenbergbau an Rhein und Ruhr sowie im Aachener Revier werden zur Zeit etwa 100 Hauptventilatoren mit entsprechender Anzahl von Reserveventilatoren betrieben. Dieses entspricht einer jährlichen Betriebszeit von etwa 800.000 h. In den letzten 5 Jahren sind etwa 15 Totalausfälle mit Stillstandszeiten über 24 h aufgrund o. a. Ursachen bekannt geworden. Rechnet man weiterhin mit einer "Dunkelziffer" der gleichen Größenordnung, so entspricht dies pro Ventilator einer Ausfallquote von etwa einem Totalausfall in 16 Jahren Betriebsdauer. Die Dunkelziffer ist dadurch zu erklären, daß durchaus nicht alle Ausfälle bekannt werden, da infolge der vorgeschriebenen Reservehaltung ein Ventilatorausfall nur selten zu einem Ausfall der Bewetterung führt. Ein derartiges Ereignis, d. h. der gleichzeitige Ausfall von Haupt- und Reserveventilator bzw. der Ausfall des Haupt- oder Reserveventilators bei Revisionsarbeiten am anderen Ventilator ist in den letzten 5 Jahren nur zweimal aufgetreten.

Die Zahl der Totalausfälle ist u. a. deswegen relativ niedrig, weil verschiedene Baugruppen, wie z. B. Lager, Beschaufelungen oder Schalldämpfer vor Erreichen ihrer statistischen Lebensdauer

...

bei anstehenden Revisionsarbeiten erneuert werden. Von Bedeutung für den sicheren Betrieb der Ventilatoranlagen im Ruhrbergbau ist außerdem deren bergbehördlich vorgeschriebene, regelmäßige Untersuchung durch die Prüfstelle für Grubenbewetterung: in einem Turnus von 5 Jahren muß das Kennfeld jedes Ventilators aufgenommen werden, wobei gleichzeitig eine Untersuchung auf erkennbare Schäden und Mängel stattfindet. Die Meßanlagen für die Überwachung des wetter- und maschinentechnisch einwandfreien Ventilatorbetriebs werden in jährlichem Abstand untersucht. Zu der o. a. Ausfallrate ist weiterhin zu bemerken, daß bei der großen Anzahl der betriebenen Maschinen auch einige Ventilatoren mit einem Alter von mehr als 40 Jahren im Einsatz sind. D. h. bei Ventilatoren neuerer Bauart dürfte mit einer noch günstigeren Ausfallrate gerechnet werden.

3.3 Bewertung

Eine detaillierte Vorausberechnung der Bewetterungsverhältnisse eines Bergwerkes allein aufgrund von Planungsunterlagen ist immer mit Unsicherheiten behaftet. Zuverlässigere Ergebnisse erhält man aus Berechnungen, die weitgehend auf gemessenen Wetterwiderständen von Grubenbauen und auf gemessenen Wassertemperaturen aufbauen. Diese Daten liegen jedoch für die hier behandelten Bergwerke nur zum Teil vor. Dennoch läßt sich nach vorstehenden Untersuchungen feststellen, daß bei ausgefallener Ventilatoranlage in den Endlagerbergwerken in der Regel noch erhebliche Wetterströme aufrecht erhalten bleiben - nach den Berechnungen abhängig von der Jahreszeit vom planmäßigen Gesamtwetterstrom zwischen 70 % und 40 % bzw. 60 % und 15 % bei der Schachanlage Asse. (Zu den

...

prozentualen Angaben ist zu bemerken, daß sie sich jeweils nur auf den genannten normalen Wetterstrom beziehen. Eine Vergrößerung dieses planmäßigen Wetterstroms bei unverändertem Grubengebäude hätte keine Zunahme des Wetterstroms bei Ventilatorstillstand zur Folge; die prozentualen Werte würden also abnehmen). Voraussetzung für einen vollständigen Wetterstillstand wären hohe Sommertemperaturen über Tage, die nur an wenigen Tagen des Jahres auftreten, und der gleichzeitige Ausfall der Ventilatoranlage, der gemäß Abschnitt 3.2 nach dem Stand der Technik nur äußerst selten vorkommt. Der vollständige Wetterstillstand ist somit zwar nicht auszuschließen, praktisch jedoch nicht zu erwarten. Zusätzliche Sicherheiten gegen den Bewetterungsausfall bestehen beim Bergwerk Gorleben durch den nach den Planungsunterlagen vorgesehenen Betrieb von zwei parallelen Hauptventilatoren sowie durch den zur Verfügung stehenden Reserveventilator.

Demgegenüber besteht nach einem Ventilatorausfall selbst bei geringer oder nicht mehr vorhandener Bewetterung keine unmittelbare Gefahr für die Belegschaft, im Gegensatz zum Steinkohlenbergbau, wo durch das Grubengas Methan bei unzureichender Bewetterung explosible Gasgemische im Grubengebäude entstehen können. Aufgrund dieses Risikos sind im Steinkohlenbergbau Reserveventilatoren vorgeschrieben. In den Endlagerbergwerken sind nennenswerte Mengen an schädlichen Gasen, die aus dem Gebirge zutreten, voraussichtlich nicht zu erwarten: dies wurde für die Schachtanlage Asse durch eine entsprechende Rückfrage bei der GSF bestätigt und soll für Gorleben wegen der ähnlichen geologischen Verhältnisse vorausgesetzt werden. Auf Konrad wird nach Angaben der GSF Radon in geringen Mengen freigesetzt, die

...

jedoch nicht näher quantifiziert werden konnten; ein besonderes Risiko im Zusammenhang mit einem Ventilatorstillstand ist dadurch vermutlich nicht gegeben. Um eine Gefährdung der Belegschaft zu vermeiden, ist es dagegen nach einem Ventilatorausfall erforderlich,

- keine Sprengungen mehr vorzunehmen und
- den Betrieb von Dieselantrieben weitgehend einzustellen.

Der eingeschränkte Fahrzeugbetrieb, der zum Verlassen der Grube oder für nicht aufschiebbare Tätigkeiten erforderlich ist, wird in der Regel noch ohne Gefahr möglich sein. Für die Sauerstoffversorgung der Personen wird immer eine ausreichende Menge an Luft zur Verfügung stehen, vgl. Abschnitt 2.

Klimatische Veränderungen im Grubengebäude werden nach einem Lüfterausfall nur allmählich eintreten und ebenfalls keine Gefährdung der Belegschaft bewirken. Die Wettertemperaturen sind darüberhinaus nach oben durch die vorhandenen Gebirgstemperaturen - bis ca. 45 °C beim Bergwerk Gorleben - begrenzt.

Ein Risiko für die Belegschaft ist somit infolge eines Hauptventilatorausfalls nicht gegeben. Auf eine Reservehaltung für den Hauptventilator kann unter sicherheitlichen Gesichtspunkten in Übereinstimmung mit den maßgeblichen Bergverordnungen des Salz- und Erzbergbaus verzichtet werden. Nur wenn sich für eines der Bergwerke in Zukunft herausstellen sollte, daß doch mit erheblichen Mengen eines schädlichen Gases gerechnet werden muß, dessen Konzentration bei einem Ventilatorausfall nicht mehr vertretbare Werte annimmt, wäre diese Frage neu zu prüfen. Ein Reserveventilator ist dagegen von Vorteil, wenn bei längeren Ventilatorstillständen, vgl. Abschnitt 3.2, die erforderliche Einschränkung des Betriebes vermieden werden soll.

...

Sofern vorgesehen wird, wie im Falle des Bergwerkes Konrad, einen Zusatzventilator im Grubengebäude einzusetzen, über den nur ein Teil des Gesamtwetterstroms zieht, wird ein Ausfall dieses Ventilators bei relativ geringer Änderung des Gesamtwetterstroms eine Umverteilung der Wetter im Grubengebäude bewirken. Der Wetterstrom, in dem der Ventilator eingesetzt ist, wird sich vermindern, der Wetterstrom in parallelen Wetterwegen zunehmen. Auch in diesem Fall ist ein besonderes Risiko für die Belegschaft nicht gegeben, wenn eine entsprechende Einschränkung des Dieselbetriebes im betroffenen Bereich vorgenommen wird. In diesem Zusammenhang ist in Anlehnung an Vorschriften des Steinkohlenbergbaus lediglich zu empfehlen, bei Ausfall des Hauptventilators den Zusatzventilator automatisch stillzusetzen und die Türen der zugehörigen Schleuse zu öffnen. Dadurch läßt sich in der Regel die Rückführung von Abwettern in den Einziehstrom der Grube unterbinden.

4. AUSFALL VON SONDERBEWETTERUNGSANLAGEN

Sonderbewetterungsanlagen dienen zur Bewetterung von nicht durchschlägigen Grubenbauen, z. B. von Streckenvortrieben oder Einlagerungskammern mit nur einem Zugang. Diese Anlagen werden in der Regel blasend betrieben, d. h. ein kleiner Ventilator saugt Wetter aus dem durchgehenden Wetterstrom an und führt sie über eine Luttenleitung bis vor Ort. Von hier aus ziehen die Wetter durch den Grubenbau zurück in den durchgehenden Hauptwetterstrom.

...

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE

Prüfstelle für Grubenbewetterung

Blatt 25

Bericht Nr. 30104183

vom 03.11.83

Bei Ausfall der Sonderbewetterungsanlage wird der zugehörige Grubenbau nicht mehr bewettert. Der Betrieb von Dieselfahrzeugen muß eingestellt und der Grubenbau geräumt werden. Eine unmittelbare Gefahr für die Belegschaft besteht auch in diesem Fall nicht.

Sprengungen dürfen in unbewetterten Streckenvortrieben nicht vorgenommen werden. Fällt die Sonderbewetterung nach einer Sprengung aus, so besteht außerdem die Gefahr, daß Sprengschwaden bis zum Wetterstillstand nicht vollständig ausgespült wurden. Der Grubenbau darf daher erst wieder belegt werden, wenn sichergestellt ist, daß keine Gefährdung durch Sprengschwaden auftreten kann und die Sonderbewetterung wieder in Betrieb ist.

Ein Ausfall von Sonderbewetterungsanlagen kann aufgrund ähnlicher Gründe entstehen wie im Abschnitt 3.2. beschrieben. Darüberhinaus ist auch eine Beschädigung der Luttenleitung als Ursache denkbar.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht behandelt den Ausfall von Haupt- und Sonderbewetterungsanlagen in Bergwerken für die Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Nach einigen allgemeinen Erläuterungen zur Bewetterung von Bergwerken werden für die Schachtanlagen Gorleben, Asse und Konrad die Bewetterungsverhältnisse bei Ventilatorstillstand rechnerisch abgeschätzt. In der Regel werden in den Grubengebäuden noch erhebliche Wetterströme durch natürliche Bewetterung

...

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE

Prüfstelle für Grubenbewetterung

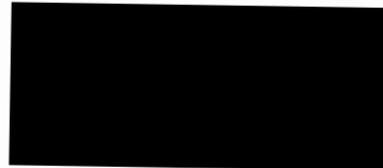
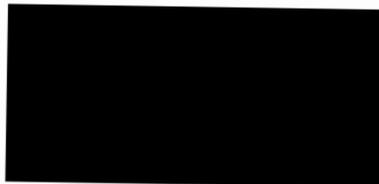
Blatt 26

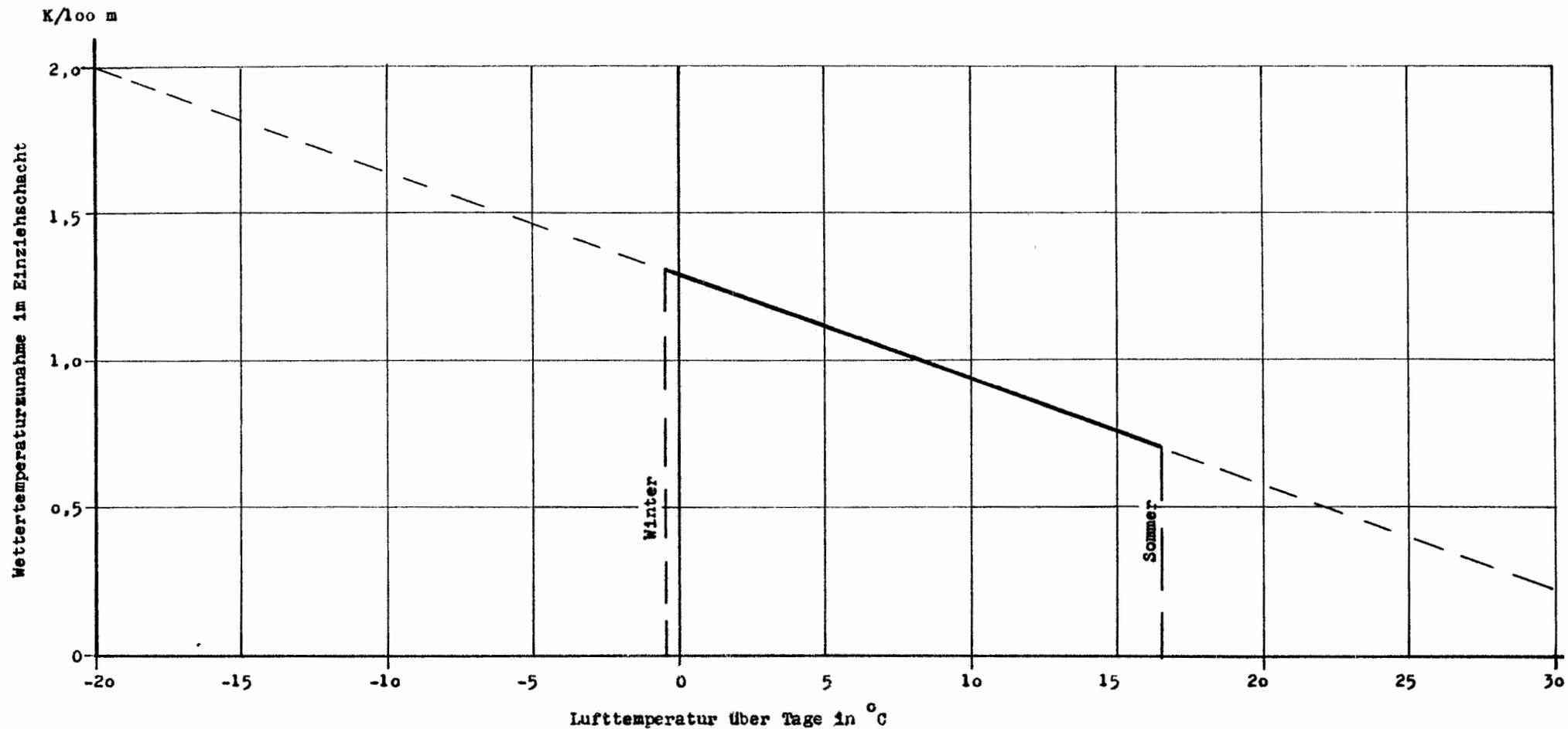
Bericht Nr. 30104183

vom 03.11.83

aufrecht erhalten. Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit eines Ventilatorausfalls nach dem Stand der Ventilatorotechnik gering. Durch einen dennoch eintretenden Ventilatorausfall entsteht darüberhinaus selbst unter ungünstigen wettertechnischen Voraussetzungen keine unmittelbare Gefährdung der Belegschaft, sofern der Betrieb von Dieselfahrzeugen eingestellt wird und keine Sprengungen vorgenommen werden.

03.11.83

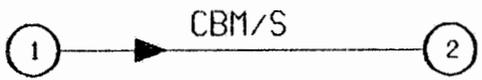
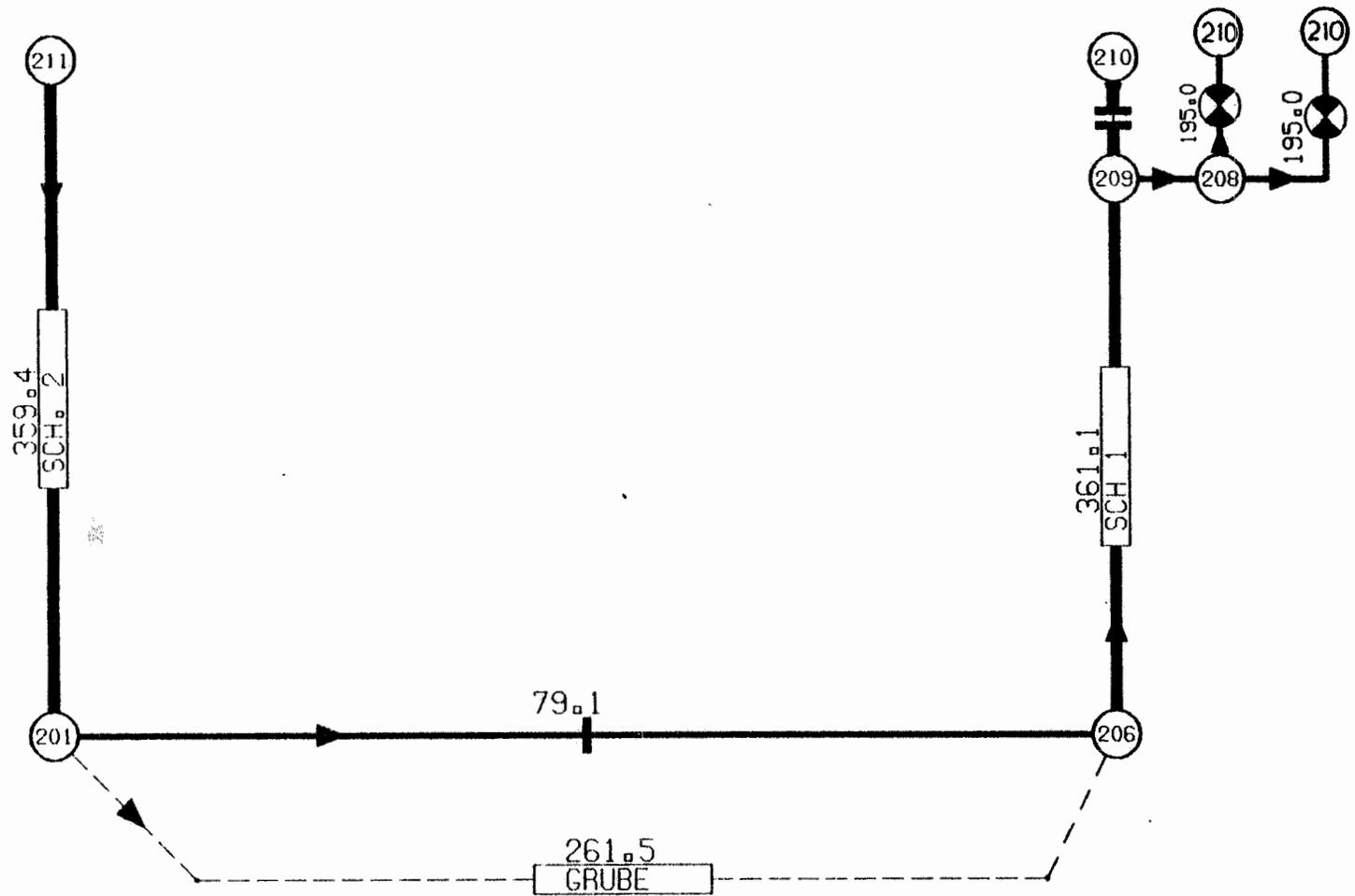




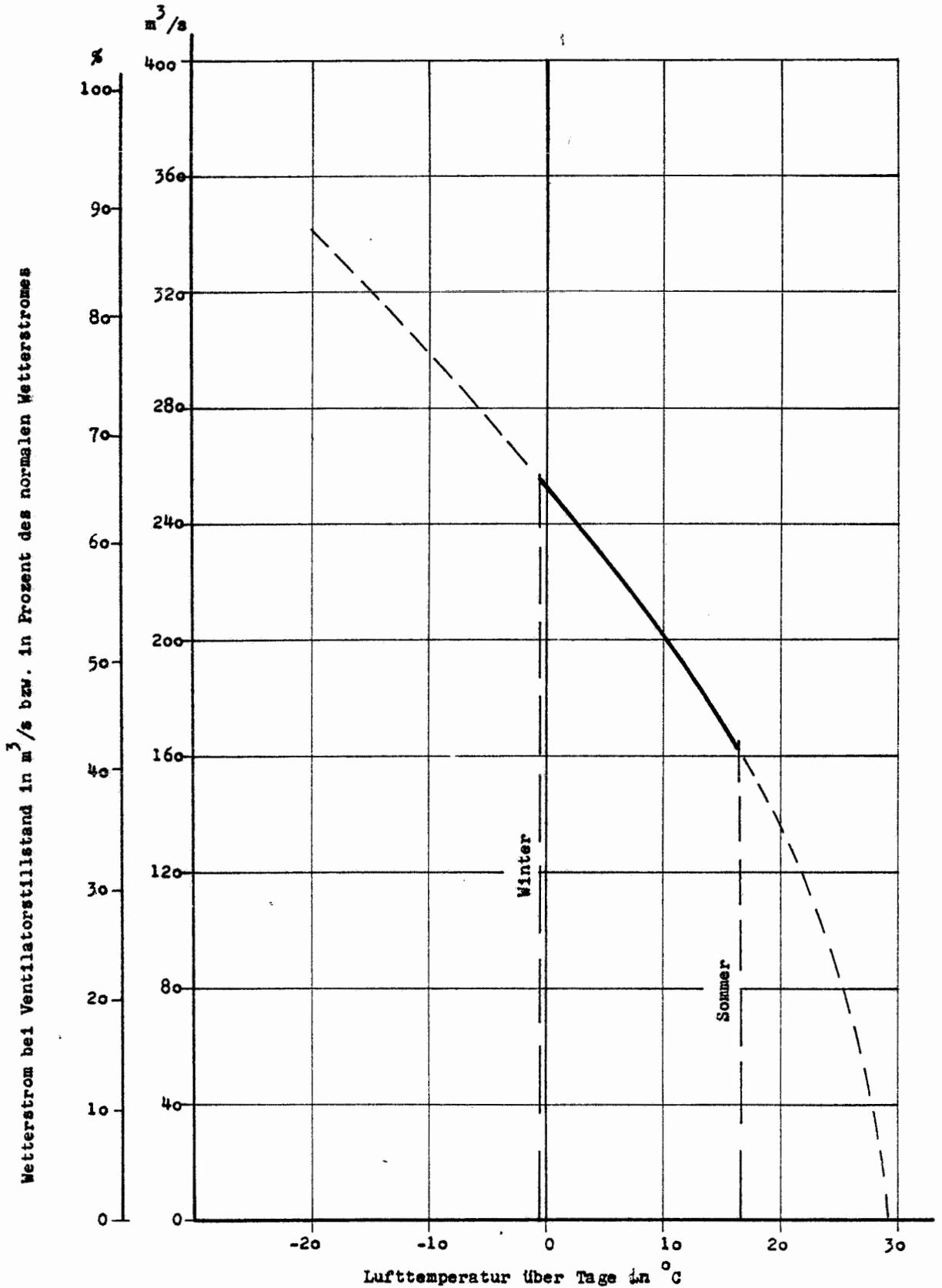
Bericht Nr.30104183

Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke
Für Ventilatorstillstandsberechnungen angenommene Wettertemperaturen

Westfälische Berggewerkschaftskasse Prüfstelle für Grubenbewetterung Bochum



BERICHT NR. 301 04183
 VENTILATORAUSFALL IN ENDLAGERBERGWERKEN
 VEREINFACHTES WETTERNETZ GORLEBEN
 PRUEFSTELLE FUER GRUBENBEWETTERUNG



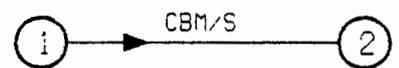
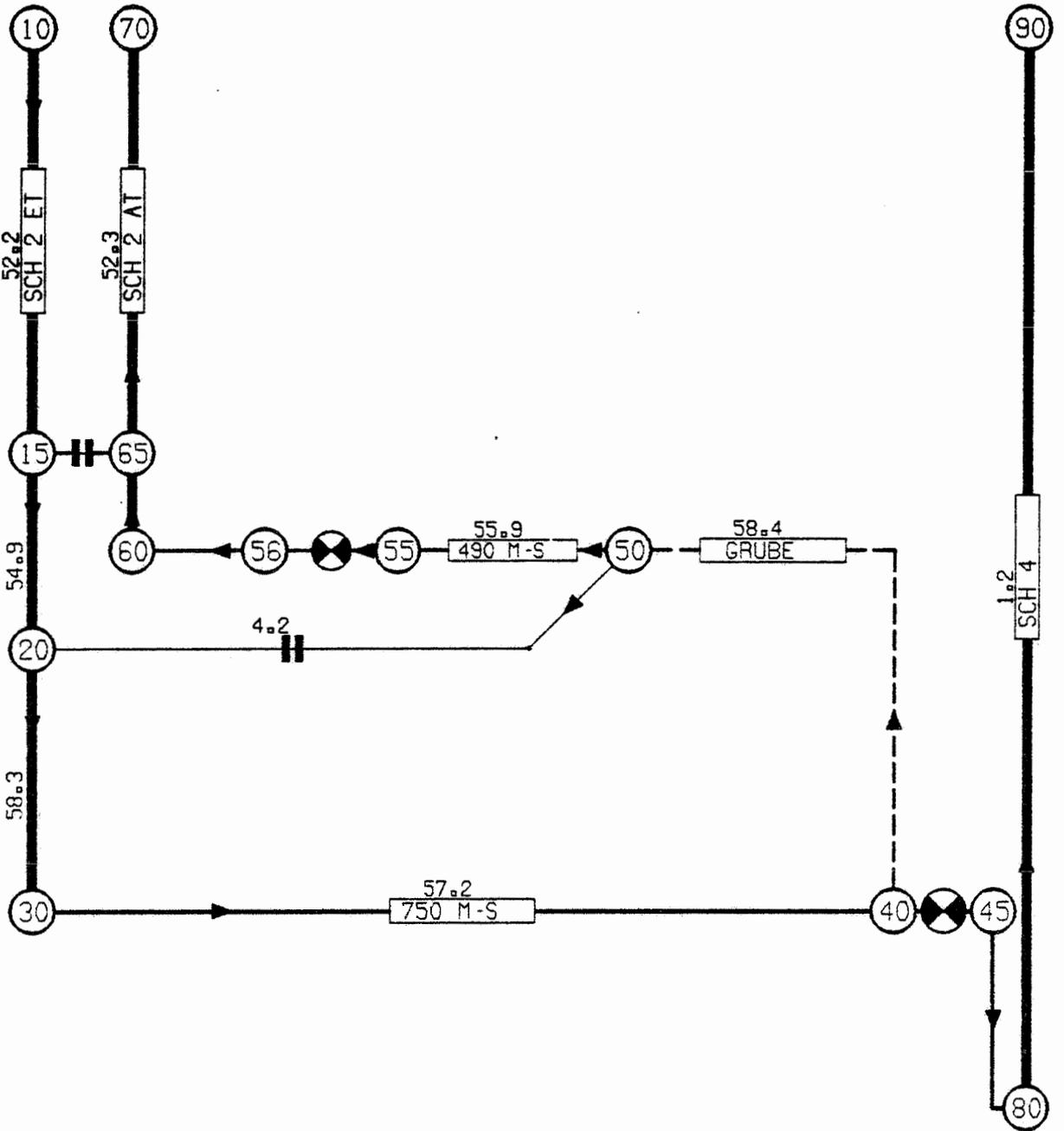
35-117



Bericht Nr. 30104183

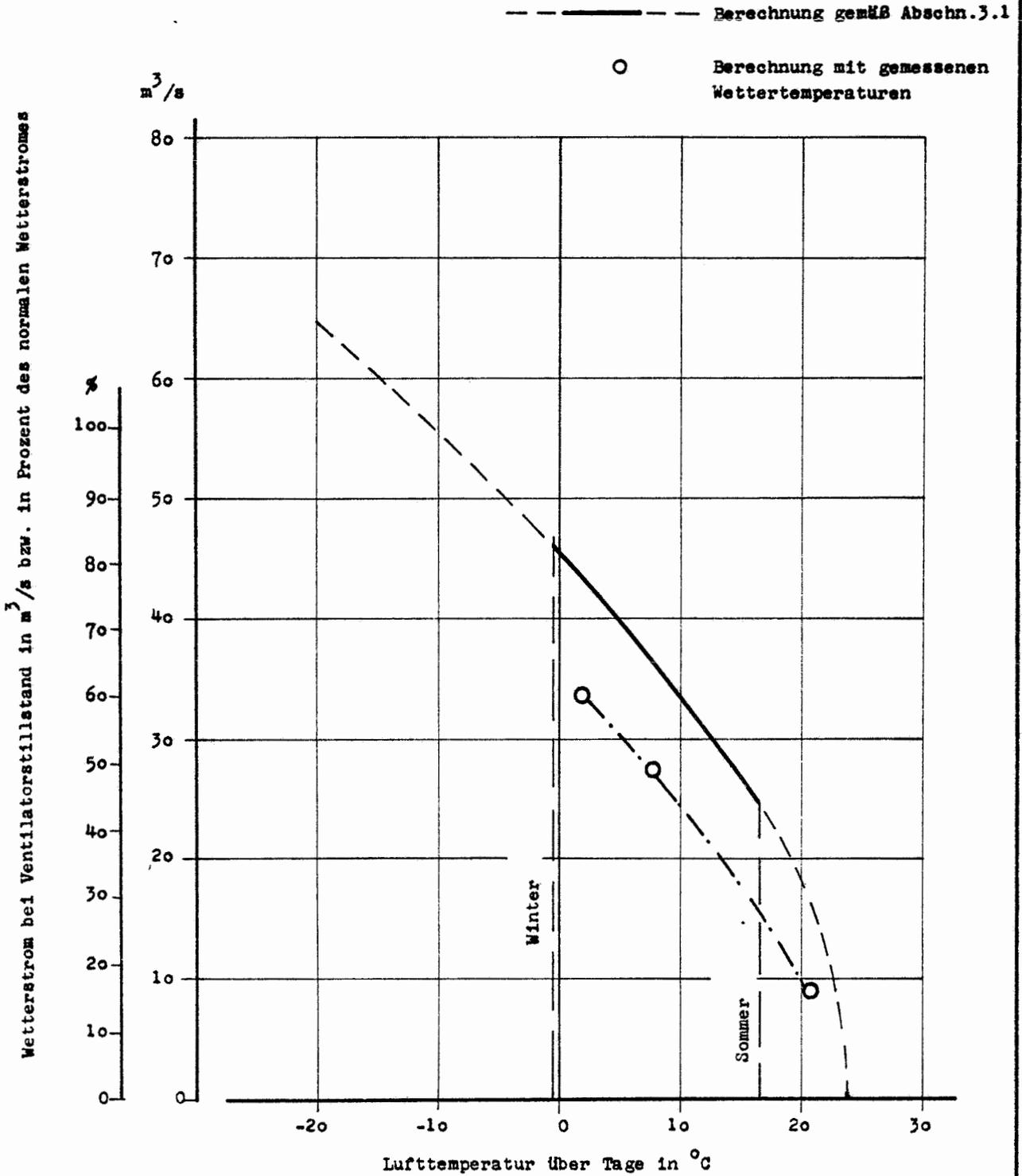
Bergwerk G o r l e b e n

Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke:



BERICHT NR. 301 04183
 VENTILATORAUSFALL IN ENDLAGERBERGWERKEN
 VEREINFACHTES WETTERNETZ ASSE

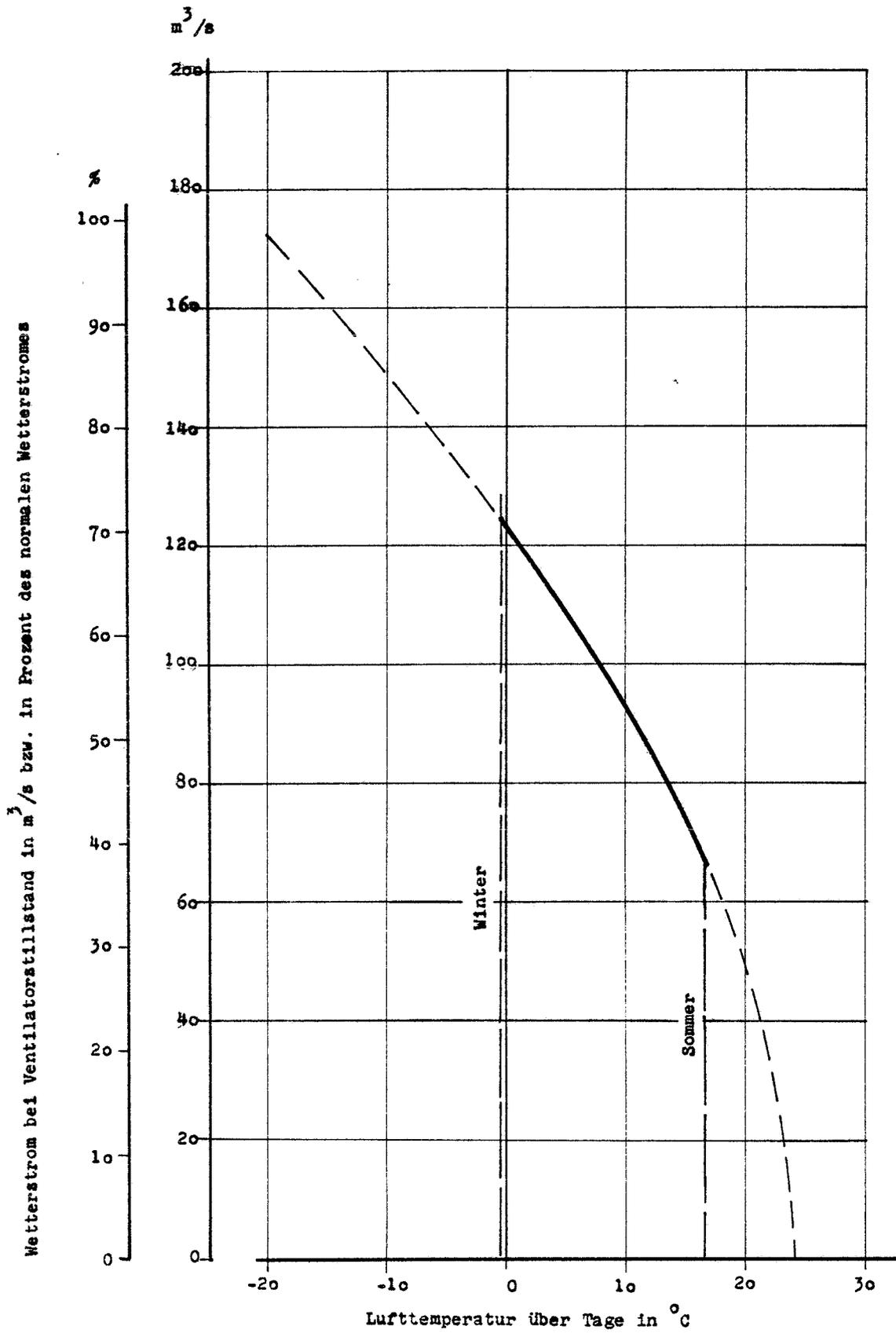
PRUEFSTELLE FUER GRUBENBEWETTERUNG



35-117



Bericht Nr.30104183
Bergwerk A s s e
 Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke



Bericht Nr.30104183
Bergwerk Konrad
 Ventilatorstillstandsbetrachtung für Endlagerbergwerke