

**DECKBLATT**

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Ufs.Nr.	Rv.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNNN	XAXXX	AA	NNNN	NN
EU 377	9K 33222.37		GHK	EG	0001	00

Titel der Unterlage:  
 Stellungnahme des Ingenieurbüros [redacted] vom 22.06.90  
 zum Schreiben des NMU Az. -402-40326/03-17/2.10.3 vom 08.03.90

Seite:  
 I.

Stand:  
 22.06.90

Ers: [redacted]

Textnummer:

Stempel:

PSP-Element TP: [redacted] zu Plan-Kapitel: 3.2.5.6

[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
		frage für Behörden	Freigabe im Projekt

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

BfS 12/91

# Revisionsblatt

BfS

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Ud. Nr.	Rev.
EU 377	9K	33222.37		GHK	EG	0001	00

Titel der Unterlage: Stellungnahme des Ingenieurbüros [redacted] vom 22.06.90 zum Schreiben des NMU Az. -402-40326/03-17/2.10.3 vom 08.03.90	Seite: II.
	Stand: 22.06.90

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

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

[REDACTED]

Bundesamt für Strahlenschutz  
Fachbereich ET

[REDACTED]

Ihr Zeichen und Tag:

Unser Zeichen:

Datum:

Betr.:

[REDACTED] 22.06.1990

Schachtanlage Konrad - Kammerabschlußbauwerk Modell 2  
Schreiben des NMU vom 08.03.1990

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Bezug auf das o.g. Schreiben des NMU sowie die Sitzung beim NMU am 05.04.1990 wird im folgenden vereinbarungsgemäß zu den Anmerkungen der vom NMU zugezogenen Sachverständigen Stellung genommen.

Diese Anmerkungen, die sich auf die Konzeption, die technische Machbarkeit und die Übertragbarkeit des Kammerabschlußbauwerks Modell 2 (KAB2) beziehen, liegen in Form einer Vorab-Stellungnahme des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLfB) vom 30.01.1990 und einer Vorab-Stellungnahme des Ingenieurbüros [REDACTED] (angefertigt für das Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld) vom Februar 1990 vor.

#### I. Vorab-Stellungnahme des NLfB

##### Abschnitt 1b: Kammerabschlußbauwerk Modell 2

Das NLfB geht von einer flächenhaften Übertragbarkeit der am Ort 532 ermittelten Ergebnisse nur für solche Bereiche der geplanten

[REDACTED]

Einlagerungskammern aus, in denen vergleichbar geringe tektonische Beanspruchung und in etwa vergleichbare Gesteinszusammensetzungen (Erzlager, Eisenerzfazies) anzutreffen sind. Weiterhin weist das NLFb darauf hin, daß sich detaillierte Abgrenzungen auf der Basis von Grubenrissen sinnvollerweise nur in Zusammenarbeit mit der Markscheiderei der Grube Konrad, P+S, und unter Berücksichtigung der gebirgsmechanischen Kennwerte vornehmen lassen.

#### Anmerkungen zum Abschnitt 1b:

Den Ausführungen des NLFb hinsichtlich der Übertragbarkeit der ermittelten Ergebnisse ist grundsätzlich zuzustimmen. Die Einschränkung, daß in anderen Bereichen, in denen Kammerabschlußbauwerke Modell 2 geplant sind, unbedingt vergleichbare Gesteinszusammensetzungen (Erzlager, Eisenfazies) vorliegen müssen, ist jedoch nach Einschätzung des Unterzeichnenden zu weitreichend. Maßgeblich ist, daß vergleichbare Gebirgseigenschaften, i.w. hinsichtlich der Verformbarkeit und der Festigkeit, vorliegen. Dies ist grundsätzlich auch bei anderer Gesteinszusammensetzung möglich. Bei der Abgrenzung von Gebirgsbereichen im Zuge der Planung von Einlagerungskammern ist dies jeweils zu prüfen und nachzuweisen.

#### II. Vorab-Stellungnahme des Ingenieurbüros Prof. [REDACTED] und Partner

##### Abschnitt 2: Grundsätzliche Beurteilung

In seiner grundsätzlichen Beurteilung kommt Prof. Duddeck zu dem Ergebnis, daß auch im Zuge neu aufzufahrender Strecken bei etwa gleicher Gebirgsqualität wie am Ort 532 Kammerabschlußbauwerke Modell 2 nach dem Konzept der vorgelegten Unterlagen sicher hergestellt werden können. Es bestehen daher in felsmechanischer, bergbau- und tunnelbautechnischer Hinsicht von Seiten des Sachverständigen keine grundsätzlichen Bedenken gegen das vom Antragsteller vorgesehene Bau- und Nachweiskonzept für die Kammerabschlußbauwerke Modell 2.

Bei der Erprobung der vorgesehenen Maßnahmen am Ort 532 konnte auf meßtechnischem und rechnerischem Wege nachgewiesen werden, daß

sich die Aufweitung einer bestehenden Strecke auf ein etwa doppelt so großes Kreisprofil mit vertretbarem Sicherheitsaufwand standsicher herstellen läßt. Die dabei eintretenden Gebirgsverformungen kommen nach relativ kurzer Zeit praktisch zur Ruhe. Nach Einschätzung des Sachverständigen war ein solches Ergebnis aufgrund der bergbaulichen Erfahrungen und der heute einsetzbaren technischen Mittel zu erwarten.

Anmerkungen zum Abschnitt 2:

Die Ausführungen des Sachverständigen [REDACTED] zeigen, daß das vorgesehene Bau- und Nachweiskonzept für Kammerabschlußbauwerke Modell 2 anerkannt und als geeignet angesehen wird. Weiterhin wird auch die Übertragbarkeit der gewonnenen Ergebnisse auf andere Bereiche anerkannt, sofern in diesen Bereichen "etwa gleiche Gebirgsqualität wie am Ort 532" vorliegt.

Zur Ausführung des Sachverständigen, daß die am Ort 532 gewonnenen Ergebnisse zu erwarten waren, sind jedoch die folgenden Anmerkungen erforderlich.

Infolge der bergbaulichen Einwirkungen am Standort Schachtanlage Konrad liegt eine besondere Problemstellung vor, die die am Ort 532 gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres erwarten ließ. In diesem Zusammenhang ist noch einmal auf die große Reichweite der bergbaulichen Einwirkungen hinzuweisen, die durch die an der Geländeoberfläche zu beobachtenden, auch heute noch andauernden Senkungen dokumentiert werden.

Weiterhin ist der Abstand des Versuchsortes 532 zu benachbarten Strecken und zu Streckenkreuzungen relativ gering. Sowohl die Beeinflussung durch diese Nachbarstrecken und die Streckenkreuzungen als auch die Beeinflussung durch die östlich des Ortes 532 gelegenen Abbaufelder war ohne die durchgeführten Untersuchungen nicht anzugeben.

Es ist weiterhin darauf hinzuweisen, daß die Verformungen in den auf der Schachtanlage Konrad bestehenden Strecken zum großen Teil sehr lang andauern und bis heute nicht zur Ruhe gekommen sind. Von

Bedeutung ist neben den bereits genannten Einflußfaktoren dabei auch die große Höhe der Überlagerung des Grubengebäudes. Zudem wird die Überlagerung durch Schichten mit sehr unterschiedlichen Gebirgseigenschaften gebildet.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es nicht vorhersehbar war, ob und innerhalb welches Zeitraums die Verformungen in der Streckenaufweitung am gewählten Ort zur Ruhe kommen und wie groß die Beeinflussung durch die bergbaulichen Einwirkungen sein würden. Außerdem waren der erforderliche Sicherungsaufwand sowie die vorzusehenden Verformungsmöglichkeiten der Sicherung nicht ausreichend bekannt.

### Abschnitt 3: Ergänzung der Unterlagen und Empfehlungen

#### Abschnitt 3(1):

Vom Sachverständigen werden eine ausführliche Darlegung und Begründung der Übertragbarkeit der am Ort 532 gewonnenen Erkenntnisse auf andere Bereiche des Grubengebäudes gewünscht. Eine verbindliche und begründete Aussage über das Maß an Übertragbarkeit fehle. Der Sachverständige bezieht sich hierbei auf die Seite 3 der Unterlage U298 ("Auf diese Weise wird die Grundlage für die Extrapolation der erhaltenen Ergebnisse auf andere Bereiche des Grubengebäudes geschaffen").

Weiterhin führt der Sachverständige an, daß der letzte Satz auf Seite 96 der Unterlage U298 ("Zusammenfassend wird festgestellt, daß nach den Ergebnissen der Versuchsstrecken und der Finite-Elementberechnungen Kammerabschlußbauwerke nach Modell 2 im Endlager Konrad im Unteren Lager grundsätzlich herstellbar sind") zu lapidar sei.

Er empfiehlt in der Argumentation u.a. die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

- a) größerer Querschnitt der Neuauffahrungen
- b) zeitlicher Unterschied gegenüber der schon 12 Jahre bestehenden Strecke am Ort 532

- c) Auswirkungen von langzeitigen und großräumigen Gebirgsverformungen in neuen Streckenbereichen
- d) Maßnahmen oder Konzeptänderungen für den Fall, daß die Gebirgsverformungen in vorgesehenen Bereichen für KAB2 zeitlich nicht abklingen
- e) Einfluß auf das KAB2 - Konzept bei gegen Ort 532 veränderten Gebirgsverhältnissen

Anmerkungen zum Abschnitt 3(1):

Die vom Sachverständigen im Zusammenhang mit der Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse angeführten Sätze aus der Unterlage U298 sind zum einen der letzte Satz des Kapitels 1 (Aufgabenstellung) und der letzte, zusammenfassende Satz des Kapitels 10 (Zusammenfassung und Schlußfolgerungen). Es erscheint der Sache nicht angemessen, diese Sätze losgelöst vom Bericht (U 298) zu zitieren und zur Grundlage der Bewertung der Unterlage zu machen.

Das Maß der Übertragbarkeit der am Ort 532 gewonnenen Ergebnisse auf andere Bereiche des Grubengebäudes ist der Unterlage U 298 nach Einschätzung des Unterzeichnenden sehr wohl zu entnehmen. Hierzu wurden ausführlich das gesamte Grubengebäude einschließlich der für die Einlagerungskammern vorgesehenen Felder, die in diesen Bereichen vorliegenden geologischen und felsmechanischen Verhältnisse, die seit dem Betrieb der Schachtanlage vorliegenden Meßergebnisse sowie die Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen aus dem Bereich des Grubengebäudes und des Deckgebirges beschrieben und bewertet. Weiterhin wurden die Meßergebnisse auf rechnerischem Wege interpretiert und die Einflüsse einzelner Parameter abgeschätzt. Für die maßgeblichen Schichten wurden großräumig vertretbare Streubreiten der felsmechanischen Kennwerte angegeben.

Da die geologischen und felsmechanischen Verhältnisse im Bereich des Grubengebäudes und der geplanten Einlagerungsfelder durch die in den vergangenen Jahren durchgeführten Untersuchungen und Streckenauffahrungen relativ gut erkundet und abgesichert sind, ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand durchaus gegeben.

Wie auch in der Unterlage U 298 ausdrücklich erwähnt, stellen die angegebenen Kennwerte die Grundlage für weitere, noch durchzuführende Planungsarbeiten dar. Selbstverständlich ist bei der Herstellung von Einlagerungskammern bzw. Kammerabschlußbauwerken Modell 2 in den dafür vorgesehenen Bereichen jeweils eine Überprüfung bzw. Verifizierung der Annahmen erforderlich und vorgesehen. Die dazu geeigneten Maßnahmen, nämlich Kartierungen, Messungen, Versuche und Berechnungen sind ebenfalls in der Unterlage U 298 benannt. Der Aufwand an Sicherungsmitteln sowie deren Ausbildung ist jeweils entsprechend anzupassen.

Zu den im einzelnen angesprochenen Punkten a)-e) ist folgendes anzumerken:

Zu a) und b)

Mögliche Änderungen der Verhältnisse infolge größerer Streckenquerschnitte und infolge des zeitlichen Unterschiedes zwischen einer Neuauffahrung und einer Streckenerweiterung werden durch die bereits genannten begleitenden Maßnahmen bei der Herstellung der Strecken ausreichend abgedeckt.

Zu c)

Bei genügend großem Abstand der Streckenneuauffahrungen von den Abbaufeldern sowie untereinander und bei ausreichendem Abstand der Kammerabschlußbereiche von Streckenkreuzungen ist hiermit nicht zu rechnen.

Zu d)

Auch hiermit ist nicht zu rechnen, wenn die o.g. maßgeblichen Abstände eingehalten werden. Grundsätzliche Konzeptänderungen sind daher nicht vorgesehen. Die Variationsmöglichkeiten im Rahmen des für KAB2 erarbeiteten und in der Unterlage U 298 vorgestellten Konzeptes werden für ausreichend gehalten.



Zu e)

Veränderungen der Gebirgsverhältnisse in einem Umfang, der grundsätzliche Konzeptänderungen erfordern würde, sind nicht zu erwarten (vgl. Anmerkungen zu d)).

Abschnitt 3(2) und 3(3)

Die Voraussetzungen und Randbedingungen für die Errichtung eines KAB2 an einem anderen als dem untersuchten Ort 532 sollen zusammengestellt werden.

Hieraus sollen Aussagen über diejenigen Grubenbereiche abgeleitet werden, in denen Kammerabschlußbauwerke Modell 2 nach dem Stand der jetzigen Erkenntnisse errichtet bzw. nicht errichtet werden können.

Anmerkungen zum Abschnitt 3(2) und 3(3):

Grundsätzlich wird hier wiederum die Frage nach der Übertragbarkeit der am Ort 532 gewonnenen Ergebnisse auf andere Grubenbereiche gestellt. Diese Fragestellung ist bereits durch die vorhergehenden Ausführungen hinreichend beantwortet.

Es sei jedoch noch einmal wiederholt, daß nach dem derzeitigen Kenntnisstand grundsätzlich alle geplanten Einlagerungsfelder für KAB2 in Frage kommen, wobei die aus den Ergebnissen am Ort 532 ableitbaren erforderlichen Abstände zu Abbaufeldern, Nachbarstrecken und Streckenkreuzungen einzuhalten sind. Diese Aussage gilt unter der Voraussetzung, daß die Einlagerungskammern wie geplant im Bereich des Erzlagers und nur in Bereichen mit vergleichbar geringer tektonischer Beanspruchung wie am Ort 532 hergestellt werden (vgl. NLFb-Stellungnahme).

Abschnitt 3(4)

Vom Sachverständigen wird empfohlen, abschließende Dichtigkeitsinjektionen erst nach Fertigstellung des Stahlbetonringes für das

Abschlußtor durchzuführen, um bei der Herstellung des Betonringes möglicherweise entstehende Gebirgsauflockerungen mit abzudichten.

Anmerkungen zum Abschnitt 3(4):

Der Empfehlung des Sachverständigen wird zugestimmt.

Abschnitt 3(5)

Nach Meinung des Sachverständigen [REDACTED] wird in den rechnerischen Untersuchungen kein elastisch-viskoplastisches, sondern ein elastisch-plastisches Stoffgesetz verwendet. Er begründet diese Aussage damit, daß zur Berücksichtigung des zeitabhängigen Gebirgsverhaltens u.a. die entsprechenden Viskositäts- und Kriechparameter des Gebirges fehlen.

Die in der Unterlage U 298 verwendete Bezeichnung des Stoffgesetzes als elastisch-viskoplastisch sollte nach Meinung des Sachverständigen mindestens für die öffentliche Auslegung entfernt werden, da er sie für eine "irreführende und falsche Erwartungen weckende Bemerkung" hält.

Anmerkungen zum Abschnitt 3(5):

Entgegen der Annahme des Sachverständigen liegt den in der Unterlage U 298 dokumentierten Standsicherheitsuntersuchungen mit dem Programmsystem FEST03 ein elastisch-viskoplastisches Stoffmodell zur Beschreibung des mechanischen Gebirgsverhaltens zugrunde. Dieses Modell soll an einem einfachen Beispiel kurz erläutert werden.

In der Anlage 1 ist für den Fall einer einaxialen Beanspruchung (Beispiel Zylinderdruckversuch) ein eindimensionales Ersatzsystem für elastisch-viskoplastisches Spannungsdehnungsverhalten dargestellt. Das Ersatzsystem besteht aus einem Feder-, einem Gleit- und einem parallel gestalteten Dämpfungselement. Durch die Feder werden die bei einer Beanspruchung  $\sigma_{ax}$  auftretenden elastischen, zeitunabhängigen Formänderungen berücksichtigt (Stauchung der Feder). Das Gleitelement repräsentiert die Tragfähigkeit des Ersatzsystems. Im eindimensionalen Fall treten an diesem Element keine

Verschiebungen auf, solange die Beanspruchung  $\sigma_{ax}$  des Systems unterhalb der einaxialen Druckfestigkeit  $\sigma_d$  liegt. Wird die Festigkeit überschritten, so kommt es zu irreversiblen ("plastischen") Verschiebungen entlang des Gleitelementes, die im eindimensionalen Fall über alle Grenzen anwachsen. Die Geschwindigkeit, mit der die plastischen Verschiebungen auftreten, ist abhängig von der Viskosität der im parallel angeordneten Dämpfungselement enthaltenen Flüssigkeit ("viskoplastisches Verhalten").

Im Programmsystem FEST03 wird dieses Modell auf dreidimensionale Spannungszustände übertragen. Im räumlichen Fall führt eine örtliche Festigkeitsüberschreitung nicht notwendigerweise zu einem Versagen des Gesamtsystems. In einem solchen Fall können Beanspruchungen, die oberhalb der lokalen Festigkeit liegen, häufig in Nachbarbereiche, die noch über ausreichende Tragreserven verfügen, umgelagert werden. Dies führt zu einer Stabilisierung des Gesamtsystems.

In der Anlage 2 ist dieser Sachverhalt für einen Punkt veranschaulicht, an dem zum Zeitpunkt  $t = 0$  durch eine aufgebrachte Spannung  $\sigma(0)$  die lokale Festigkeit  $\sigma_f$  überschritten wird. Die Beanspruchung an diesem Punkt des Systems baut sich durch Spannungsumlagerungen im Laufe der Zeit bis auf die Tragfähigkeit  $\sigma(\infty) = \sigma_f$  ab. Die mit der Spannungsumlagerung verbundenen plastischen Verformungen entwickeln sich um so schneller, je kleiner die Viskosität  $\eta$  des Gebirges ist. Dies wird durch das Diagramm im unteren Teil der Anlage 2 verdeutlicht, in dem qualitativ die zeitliche Entwicklung des viskoplastischen Dehnungsanteils an einem Punkt für verschiedene Größen der Viskosität dargestellt ist.

Der stabile Gleichgewichtszustand des Systems ist dagegen unabhängig von der Viskosität. Das bedeutet, daß für eine Untersuchung der Standsicherheit des Gesamtsystems die Kenntnis der Viskosität nicht erforderlich ist. Dieser Gebirgsparameter wird nur dann benötigt, wenn bspw. bei einem Streckenvortrieb auch eine Aussage über die zeitliche Entwicklung der plastischen Gebirgsverformungen getroffen werden soll.

Die Viskosität des Gebirges ist ein schwierig zu bestimmender Parameter. Ansätze dazu liegen in der Literatur vor. Neben der Durchführung von Laborversuchen an Gesteinsproben und der Übertragung der hierbei gewonnenen Ergebnisse auf den Fels besteht die Möglichkeit, Meßergebnisse durch eine Parameterstudie zu interpretieren. Dazu ist allerdings eine entsprechende Konzeption des Meßprogramms erforderlich, wie sie im vorliegenden Fall nicht gegeben war.

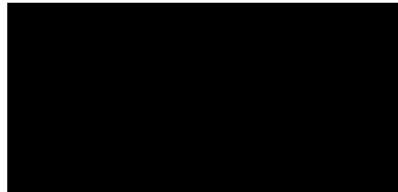
Aus diesen Gründen wurden den in der Unterlage U 298 beschriebenen Untersuchungen eine fiktive, rechnerische Viskosität des Gebirges und ein rechnerischer Zeitschritt zugrunde gelegt. In den Berechnungen wurden zeitabhängige plastische Verformungen des Gebirges bestimmt, deren zeitliche Entwicklung allerdings nicht mit dem in der Realität vorliegenden zeitlichen Ablauf identisch ist. Hierzu wäre die Kenntnis der Viskosität des Gebirges erforderlich, die sich jedoch anhand der aus dem Bereich der Grube vorliegenden Ergebnisse von Verschiebungsmessungen nicht zuverlässig angeben läßt.

Der rechnerisch ermittelte Spannungs- und Verformungszustand wird davon jedoch nicht berührt, sondern stimmt bei zutreffender Wahl der felsmechanischen Kennwerte weitgehend mit dem in der Realität vorliegenden Zustand überein.

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, daß eine ausführliche Beschreibung des Berechnungsverfahrens und des verwendeten Stoffgesetzes auch in der Unterlage U 298 (Seiten 45-47 und Anlage 7.1) enthalten ist. Weiterhin wird in der Unterlage darauf hingewiesen, daß es sich bei den rechnerisch ermittelten Zeiten um fiktive Zeiten handelt, da keine zuverlässigen Angaben zur Viskosität vorliegen (S. 54). Es kann daher nicht erkannt werden, wieso es sich bei der Beschreibung des verwendeten Stoffgesetzes um "irreführende und falsche Erwartungen weckende Bemerkungen" handeln soll, wie es vom Sachverständigen angeführt wird.

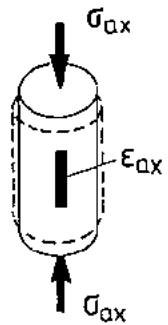
Ich hoffe mit meiner Stellungnahme zur Klärung noch offener Fragen beigetragen zu haben. Für weitere Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

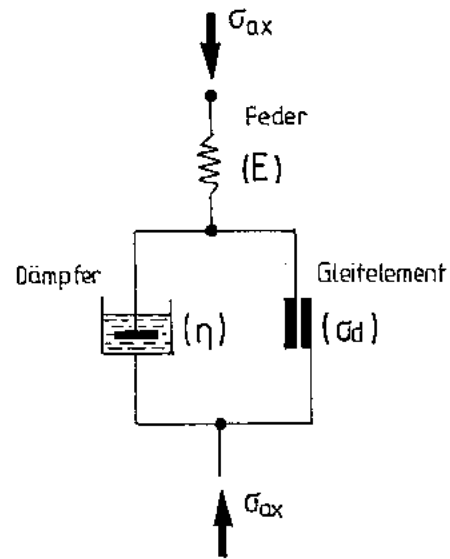


2 Anlagen

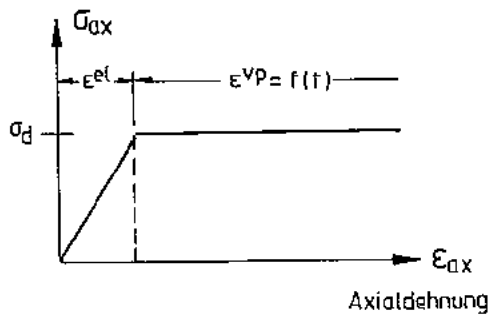
einaxiale Beanspruchung



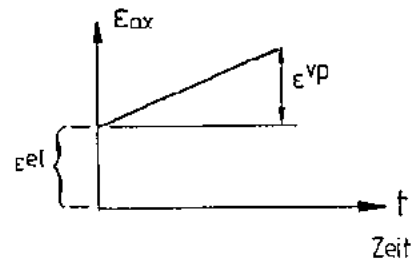
Ersatzsystem



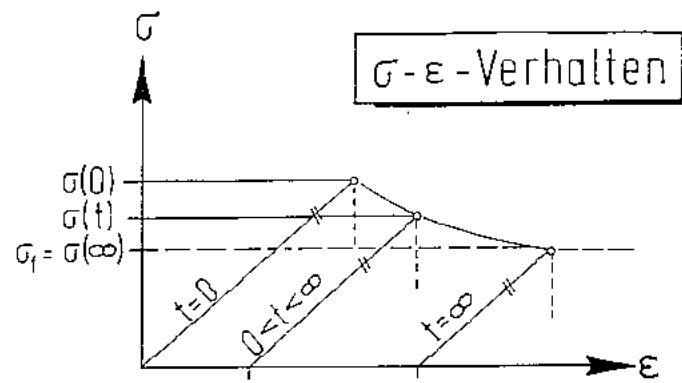
Axialspannung



Axialdehnung

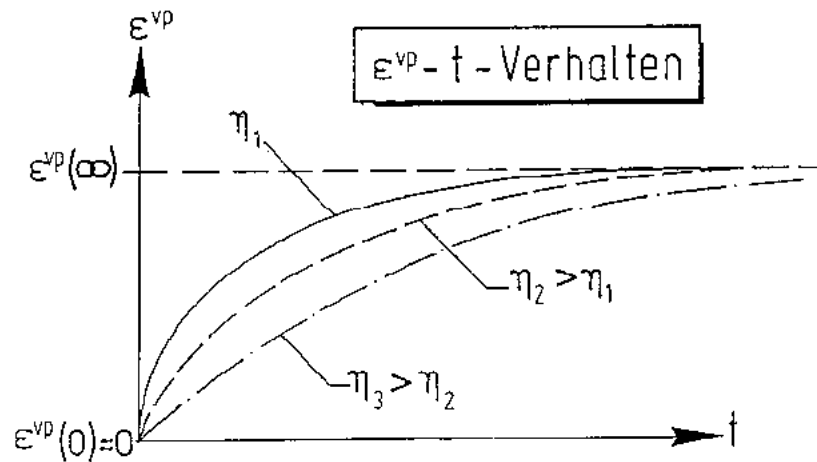


linear elastisch - ideal viskoplastische  
Spannungsdehnungsbeziehung



$$t = 0: \sigma(0) \quad \left| \xrightarrow{\epsilon^{el}(0)} \right| \quad \epsilon^{vp}(0) = 0$$

$$t = \infty: \sigma(\infty) \quad \left| \xrightarrow{\epsilon^{vp}(\infty)} \right| \quad \epsilon^{el}(\infty)$$



Spannungsumlagerungen im Fels  
bei Festigkeitsüberschreitungen