

# Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

## Verfahrensunterlage

**Titel:** Standsicherheits und Integritätsnachweis  
Kriterien zur Auswahl von Berechnungsschnitten

**Autor:** DBE

**Erscheinungsjahr:** 2005

**Unterlagen-Nr.:** P 212

**Revision:** 01

**Unterlagenteil:**



	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 3

Berechnungsschnitten

**Inhaltsverzeichnis**

**Blatt**

Anlagenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1 Einleitung	8
2 Kriterien zur Aufstellung eines Verfüllplans	10
2.1 Beschreibung der stabilisierenden Wirkung von Bruchvorgängen	10
2.2 Verbruchtheorie	11
2.3 Plausibilitätsprüfung für die Verbruchtheorie	12
2.3.1 Laborversuche	12
2.3.2 Konventionelle rechnerische Ansätze	14
2.4 Numerische Untersuchungen zum Einfluss des Stützdrucks	15
2.5 Pfeilerschlankheit	23
3 Numerische Berechnungen	27
3.1 Kriterien zur Auswahl von Schnitten	27
3.2 Kriterien zur Auswahl von Berechnungsschnitten	31
4 Bewertung der einzelnen Schnitte	34
4.1 Einlagerungsbereiche	34
4.2 Übriges Grubengebäude Bartensleben	35
4.3 Grubengebäude Marie	37
5 Literatur	39
6 Glossar	42

Blattzahl dieser Unterlage: 43 Blatt

	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	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	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 4

Berechnungsschnitten

**Anlagenverzeichnis**

Blattzahl der Anlage

Anlage 1: Sonderschnitt SF9 S, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0027/00	1
Anlage 2: Sonderschnitt SF9 NA, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0028/00	1
Anlage 3: Sonderschnitt SF8S, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0016/03	1
Anlage 4: Sonderschnitt OF 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0024/02	1
Anlage 5: Sonderschnitt OF 9, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0021/02	1
Anlage 6: Sonderschnitt WF 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0027/00	1
Anlage 7: Sonderschnitt ZT-3.3, Ausschnitt aus dem Schnitttriss 3.3, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0024/01	1
Anlage 8: Sonderschnitt ZTN-3.1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0022/01	1
Anlage 9: Sonderschnitt ZTS-3.1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0021/01	1
Anlage 10: Sonderschnitt ZT-1.4, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/GB/TY/0023/01	1

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 5

Berechnungsschnitten

Anlage 11: Sonderschnitt NFM 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0008/01	1
Anlage 12: Sonderschnitt NFM 2, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0010/02	1
Anlage 13: Sonderschnitt NFN 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0015/01	1
Anlage 14: Sonderschnitt SOF1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0014/01	1
Anlage 15: Sonderschnitt SOF2, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0013/01	1
Anlage 16: Sonderschnitt Ma SA 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0019/00	1
Anlage 17: Sonderschnitt Ma NA 1, Geologie, Kriechklassen, Dok.-Kennz. 9M/99YZZ/GB/TY/0030/00	1

Gesamte Blattzahl dieser Unterlage einschließlich Anlagen: 60 Blatt

	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	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	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 6

Berechnungsschnitten

**Abbildungsverzeichnis**

	Blatt
Abbildung 2.2-1: Schematische Darstellung eines Silobruchs	11
Abbildung 2.4-1: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei unversetztem Einzelhohlraum	17
Abbildung 2.4-2: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 1,5 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks	18
Abbildung 2.4-3: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 3,1 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks	19
Abbildung 2.4-4: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 6,6 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks	20
Abbildung 2.4-5: Maximaler Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung in Abhängigkeit des Stützdruckes ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks	21
Abbildung 2.4-6: Entwicklung von Porenzahl und mittlerem Stützdruck über die Zeit	22
Abbildung 2.4-7: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem mittleren Stützdruck durch Salzgrus von etwa 1,5 MPa	23
Abbildung 2.5-1: Abhängigkeit der „Bruchspannung“ vom systematisch variierten H:B-Verhältnis von Hartsalz (oben) und Carnallit (unten)	24
Abbildung 2.5-2: Versagensmodi in Abhängigkeit der Höhe der Einbettung	25
Abbildung 2.5-3: Belastungs-Stauchungs-Kennlinien von Pfeilermodellen unterschiedlichen Schlankheitsmaßes $\lambda$ (10 cm Kantenlängen) aus Hartsalz, die über die Bruchlast hinaus auf Druck belastet wurden	26
Abbildung 3.1-1: Projektion der gewählten Schnittführungen, -332 mNN Bartensleben	30
Abbildung 3.1-2: Projektion der gewählten Schnittführungen, -231 mNN Marie	31

**Tabellenverzeichnis**

	Blatt
Tabelle 3.1-1 Gegenüberstellung der für die Schnittwahl relevanten Kriterien und gewählte Schnitte	29

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

**Stichworte**

Berechnungsschnitte, Nachweis der Integrität, Nachweis der Standsicherheit, Stilllegung, Verbruchtheorie, Verfüllung

**Zusammenfassung**

Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden zurzeit die erforderlichen Maßnahmen für die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geplant.

Im Hinblick auf Standsicherheit und Integrität besteht das Verfüllkonzept darin, durch einen hydraulisch abbindenden stützenden Versatz in Hohlräumen die Standsicherheit und Integrität der Grubenbaue des ERAM langfristig zu gewährleisten. Der Nachweis der Standsicherheit und Integrität erfolgt sowohl auf der Basis von Plausibilitätsbetrachtungen als auch von numerischen Berechnungen.

Die Plausibilitätsbetrachtungen gehen von Grundlagen der Verbruchtheorie aus, aus der sich ableiten lässt, welche Verfüllgrade zur ausreichenden Stabilisierung notwendig sind. Diese Verfüllgrade liegen dem Verfüllplan zugrunde.

Grundlage für die Durchführung numerischer Berechnungen ist die Erstellung geeigneter Berechnungsmodelle. Hierzu werden Schnittrisse erstellt, die in Bezug auf Hohlraumgeometrie und geologische Situation repräsentativ sind.

Zunächst werden Kriterien zur Auswahl von Schnittrissen auf Grundlage von Risswerk und Lagerstättenmodell zusammengestellt. Dann erfolgt eine Auswahl von Schnitten, die die unterschiedlichen Feldesteile abdeckend darstellen. Aus diesen werden dann nach weiteren Kriterien Schnitte zur Berechnung ausgewählt. Für die übrigen Schnitte reichen Plausibilitätsbetrachtungen aus.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

**1 Einleitung**

Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden zurzeit die erforderlichen Maßnahmen für die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geplant.

Im Hinblick auf Standsticherheit und Integrität besteht das Verfüllkonzept darin, durch einen hydraulisch abbindenden stützenden Versatz in Hohlräumen die Standsticherheit und Integrität der Grubenbaue des ERAM langfristig zu gewährleisten. Der Nachweis der Standsticherheit und Integrität erfolgt sowohl auf der Basis von Plausibilitätsbetrachtungen als auch von numerischen Berechnungen.

Als grundlegende Plausibilitätskriterien, die zur Aufstellung des Verfüllplans verwendet wurden, dienen die Verbruchtheorie und Betrachtungen zur Pfeilerschlantheit. Sie sind in Kapitel 2 beschrieben. Diese Bedingungen sind Grundlage für die Ermittlung des notwendigen Verfüllgrades von Abbauen und damit des bestehenden Verfüllplans. Sie sind deshalb automatisch erfüllt. Die Entwicklung des Verfüllplans und die Überprüfung nach der Verbruchtheorie/Pfeilerschlantheit erfolgten auf der Basis des Risswerks ERAM /1/.

Für die numerischen Berechnungen zum Nachweis der Standsticherheit und Integrität sind die nachstehenden Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

- Bauzustände unter Berücksichtigung der Hydratationswärmeentwicklung
- Langfristig trockenes Endlager /2/ (ohne Verbruch)
- Zugelaufenes, mit Lauge gefülltes Endlager (ohne Verbruch)

Grundlage für die Durchführung numerischer Berechnungen ist die Erstellung geeigneter Berechnungsmodelle. Grundlage der Berechnungsmodelle sind wiederum Angaben zur Hohlraumgeometrie sowie eine Darstellung der geologischen Situation. Unter geologischer Situation wird die räumliche Anordnung der verschiedenen stratigrafischen Einheiten verstanden, sowie die Zuordnung der stratigrafischen Einheiten zu Homogenbereichen /3/, denen gleiche Materialeigenschaften im Berechnungsmodell zugeordnet werden. Diese Information zur Erstellung von Berechnungsmodellen wird in Form von Schnittrissen bereitgestellt, wobei zu beachten ist, dass die Schnittrisse repräsentativ für das jeweilige Berechnungsmodell sein müssen, d.h. es muss Kriterien geben, mit deren Hilfe die Berechnungsschnitte ausgewählt werden. Der Auswahl von Berechnungsschnitten geht jedoch die Erstellung einer größeren Anzahl von Schnitten

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



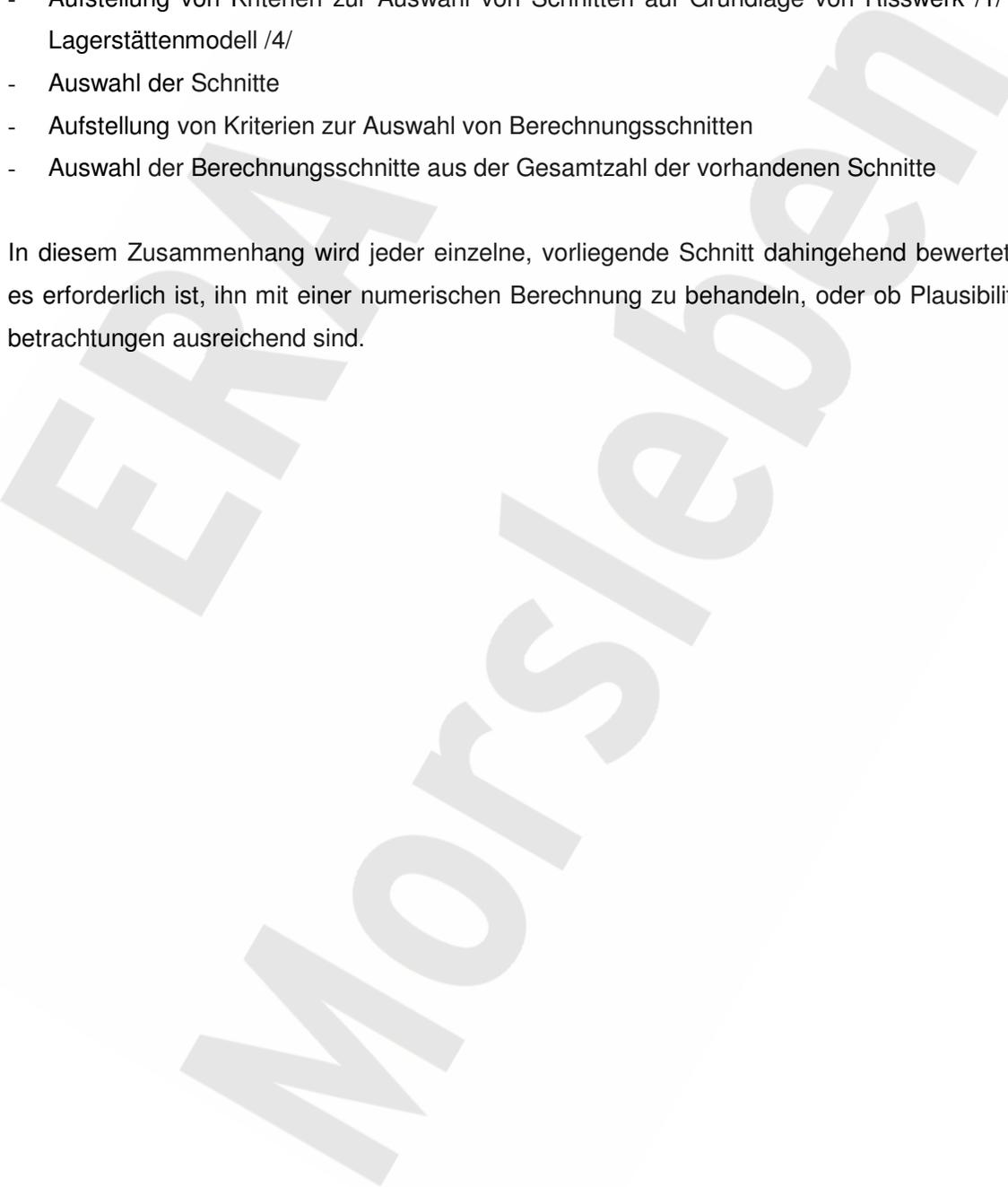
Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

voraus, aus denen die Schnitte für die Berechnung auf Basis der dann vorhandenen genaueren Information ausgewählt werden. Aus diesem Grund gliedert sich die Aufgabe in folgende Schritte:

- Aufstellung von Kriterien zur Auswahl von Schnitten auf Grundlage von Risswerk /1/ und Lagerstättenmodell /4/
- Auswahl der Schnitte
- Aufstellung von Kriterien zur Auswahl von Berechnungsschnitten
- Auswahl der Berechnungsschnitte aus der Gesamtzahl der vorhandenen Schnitte

In diesem Zusammenhang wird jeder einzelne, vorliegende Schnitt dahingehend bewertet, ob es erforderlich ist, ihn mit einer numerischen Berechnung zu behandeln, oder ob Plausibilitätsbetrachtungen ausreichend sind.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

## 2 Kriterien zur Aufstellung eines Verfüllplans

### 2.1 Beschreibung der stabilisierenden Wirkung von Bruchvorgängen

Auf Grund seiner Kriechigenschaften kann Salz sehr große Verzerrungen bruchlos ertragen. Dies gilt jedoch nur, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Wird die alte Dilatanzgrenze (Mikrorissgrenze) gemäß Gl. (1) nicht erreicht, verlaufen alle Verformungen bruchlos und volumentreu (isochor). Wird die Dilatanzgrenze /5/ überschritten, aber die Grenze für die statische Kurzzeitbruchfestigkeit Gl. (2) nicht überschritten /6/, treten Bruchvorgänge allmählich ein. Dabei kommt es zu einer Volumenvergrößerung in Folge von Rissbildung. Bei Überschreitung der statischen Kurzzeitbruchfestigkeit kommt es instantan zu Bruch bei Aufbringen der entsprechenden statischen Belastung. Auch der Kurzzeitbruch ist verbunden mit einer Volumenvergrößerung in Folge Rissbildung, d. h. jede Art von Bruchvorgängen verläuft unter Volumenzunahme (dilatant). Die praktische Bedeutung der Dilatanz von Bruchvorgängen liegt darin, dass beim Auftreten von Bruchvorgängen in hohlraumnahen Bereichen zwar neuer Hohlraum entsteht, das makroskopische Volumen des neuen Hohlraums jedoch immer kleiner ist, als das Volumen des Hohlraums, der mit dem Bruchmaterial gefüllt wird, da eine Rissbildung, makroskopisch betrachtet, einer Zunahme der Porosität entspricht. So versetzt sich ein Hohlraum durch das Auftreten und Fortschreiten von Bruchvorgängen selbst (Selbstversatz).

$$\text{zul. } \frac{\tau}{\sigma^*} \leq -0,01697 \left( \frac{\sigma}{\sigma^*} \right)^2 + 0,8996 \frac{\sigma}{\sigma^*} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad \text{Oktaederspannung}$$

$$\sigma = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad \text{mittlere Spannung}$$

$$\sigma^* = 1 \text{ MPa} \quad \text{Bezugsspannung}$$

Die Kurzzeitbruchfestigkeit wird beschrieben durch

$$\text{zul. } \frac{\tau}{\sigma^*} \leq b \left( \frac{\sigma}{\sigma^*} \right)^p \cdot \frac{2k}{(1+k) + (1-k)J_m} \quad (2)$$

mit den Parametern

$$b = 2,7$$

$$p = 0,65$$

$$k = 0,74$$

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

und der vom Lodeparameter m abhängigen Spannungsvarianten in  $J_m$

$$J_m = \frac{m \cdot (9 - m^2)}{(3 + m^2)^{1.5}}$$

$$-1 \leq m \leq +1$$

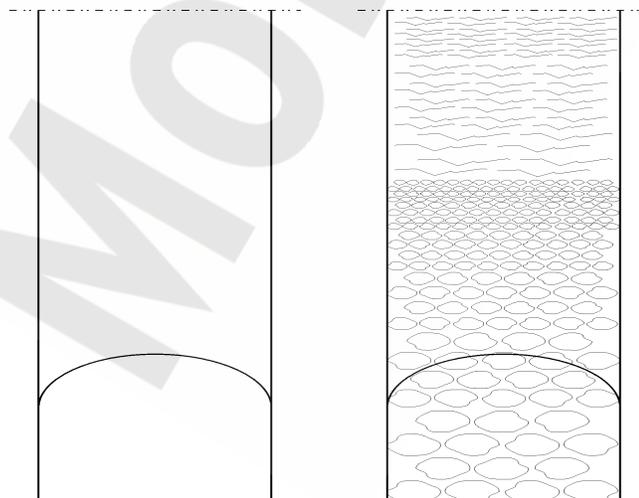
Lodeparameter

Konservativ wird  $m = 1$  gesetzt.

Des Weiteren wird durch das Bruchmaterial auf die Hohlraumkontur ein Druck ausgeübt, der den an der Hohlraumkontur wirkenden Spannungszustand in Richtung günstigerer Zustände verschiebt und damit einen stabilisierenden Effekt erzeugt. Steht nun eine hinreichend mächtige Schutzschicht zur Verfügung, die das Auffüllen des gesamten Hohlrums ermöglicht und des weiteren eine ausreichend dicke Barriere erhält, kommt es zum Totlaufen von Brüchen, d.h. Salzbarriere und Tagesoberfläche sind trotz lokaler Verbrüche nicht gefährdet.

**2.2 Verbruchtheorie**

Eine Grundlage zur Ermittlung des notwendigen Verfüllgrades von Abbauen ist die Verbruchtheorie. In der Verbruchtheorie wird von Betrachtungen zum Bruchbau (Salzbergbau) ausgegangen /7/8/. So wurde in der Bergbaupraxis beobachtet, dass bei Verbruch von Hohlräumen die mit dem Bruchvorgang verbundene Volumenvergrößerung des gebrochenen Materials zum Totlaufen der Brüche führte. Eine schematische Darstellung dieses Sachverhaltes findet sich in Abbildung 2.2-1. In den Betrachtungen /7/8/ wurde ein Auflockerungsfaktor von 1,3 benannt, was einer durchschnittlichen Porenzahl von 0,3 entspricht, wenn man Selbstversatz als poröses Material auffasst.



**Abbildung 2.2-1: Schematische Darstellung eines Silobruchs**

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

Unterstellt man weiterhin, dass der Bruch sich im Sinne eines Silobruchs, der über größere Höhen nur unter ungünstigen Umständen in Lockergesteinen auftritt, ausschließlich senkrecht nach oben fortpflanzt und damit nur Gesteinsmaterial aus der Firste den Hohlraum auffüllt, so lässt sich mit Hilfe des Auflockerungsfaktors rechnerisch eine Höhe über dem Hohlraum bestimmen, bei deren Erreichen sich der Bruch totgelaufen hat. Verbleibt nach Totlaufen des Bruches eine geologische Barriere, die die erforderlichen Abmessungen nach /9/ aufweist, d. h. deren Dicke bis zum Salzspiegel noch 60 m bzw. 130 m (wenn der betrachtete Abbau weniger als 25 m vom Anhydrit oder Kalilager entfernt liegt und eine Verbindung des Anhydrits und/oder des Kalilagers zum Deckgebirge besteht) beträgt, so ist die Integrität der geologischen Barriere trotz lokaler Bruchvorgänge weiterhin gegeben.

Im Rahmen der Modellvorstellung der Verbruchtheorie wird konservativ unterstellt, dass Bruchvorgänge in erheblichem Maße eintreten, und an Hand vereinfachter konservativer Modelle wird gezeigt, dass dennoch eine ausreichende Dicke der geologischen Barriere /9/ verbleibt.

An dieser Stelle soll nochmals deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Annahme der Bruchvorgänge lediglich eine konservative Annahme für den Sicherheitsnachweis darstellt, es bedeutet nicht, dass mit Bruchvorgängen in erheblichem Ausmaß zu rechnen ist. Für einen Sicherheitsnachweis ist es jedoch zulässig, eine konservative Nachweismethode anzuwenden und mit ihrer Hilfe zu zeigen, dass die Sicherheitskriterien, hier die erforderlichen Mindestabmessungen für eine intgre geologische Barriere, erfüllt sind.

**2.3 Plausibilitätsprüfung für die Verbruchtheorie**

**2.3.1 Laborversuche**

Eine erste Plausibilitätsprüfung erfolgt durch den Vergleich von Selbstversatz in Folge von Bruchvorgängen und Salzgrusversatz. Als Basis für den Vergleich wird der Auflockerungsfaktor herangezogen und als Porenzahl  $e$  des Selbstversatzes interpretiert. Mit Hilfe der Porenzahl  $e$  ist ein Vergleich des Selbstversatzes mit Messdaten von Salzgrus möglich. Der Vergleich mit Salzgrus im Hinblick auf die stabilisierende Wirkung ist zulässig, da Untersuchungen in /10/ gezeigt haben, dass sich der Versatzwiderstand, d.h. die vom Versatz aufnehmbare oder ausgeübte Spannung, mit wachsender Korngröße tendenziell erhöht. Die „Korngröße“ des Selbstversatzes liegt aber deutlich über der des Salzgruses /11/.

Betrachtet man obige Aussage unter Einbezug modellmechanischer Aspekte, so lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse der Oedometerversuche sich auf den Selbstversatz von Hohlräumen übertragen lassen. Gemäß /10/ betragen die Abmessungen des bei den Salzgrusunter-

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

suchungen verwendeten Oedometers  $d : h_0 = 300 : 145$  [mm], die Korngrößen des mit dem Oedometer untersuchten Salzgrusversatzes lagen zwischen 0,06 mm und 31,5 mm /10/. Vergleicht man typische Abbauabmessungen z. B. Südfeld von  $b : h \cong 30:30 \dots 15$  [m] mit den Größen der Löser zwischen Faustgröße und einigen Metern (z. B. 5 m /11/) so ist das geometrische Verhältnis von Hohlraum : Löser und Oedometer : Salzgruskorn größenordnungsmäßig vergleichbar. Damit erscheint unter modellmechanischem Aspekt das Heranziehen von Aussagen aus Laborversuchen mit Salzgrus für die Bewertung des Versatzwiderstandes zulässig.

Es lässt sich festhalten, dass die „Korngröße“ des Selbstversatzes absolut über der Korngröße von Salzgrusversatz liegt und in Relation von Hohlraumgröße und Oedomertopfgröße in gleicher Größenordnung von Salzgrusversatz. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Versatzwiderstand von Bruchmaterial mit dem von Salzgrus vergleichbar ist. Diese Aussage wird durch folgende Betrachtungen untermauert.

Vergleicht man den empirischen Wert des Auflockerungsfaktors von 1,3 bzw. die entsprechende Porenzahl von 0,3 mit Werten, die an eingebrachtem Salzgrusversatz im ERAM ermittelt wurden, der bei dichtester Lagerung eine Porenzahl in der Bandbreite von 0,455-0,529 /12/ aufwies, so ist der Auflockerungsfaktor aus dem Bruchbau ein plausibler Wert. Er entspricht einer deutlich geringeren Porenzahl, was einerseits durch die größere Kompaktheit des Bruchmaterials und andererseits durch die dynamische Verdichtungswirkung durch den im Bruchbau bewusst herbeigeführten Bruch zu erklären ist. Da bereits das Einbringen von lockerem Salzgrusversatz mit vergleichbar hohen Porenzahlen wie oben aufgeführt ohne besondere Verdichtungsmaßnahmen ausreicht, um Bruchvorgänge in bestehenden Bergwerken deutlich zu reduzieren, wie durch mikroakustische Daten belegt wird /13/, wird damit sowohl der Sachverhalt der deutlichen Reduzierung von Bruchvorgängen schon bei hohen Versatzporositäten als auch die Plausibilität des Auflockerungsfaktors von 1,3 empirisch belegt.

Wertet man Oedometerversuche an trockenem Salzgrusversatz /10/14/ genauer aus, so entspricht einer Porenzahl von 0,3 im Oedometerversuch bei Temperaturen bis 50 °C ein Druck in der Bandbreite von etwa 2 bis 8 MPa. Da der Druck mit wachsender Temperatur abnimmt, im ERAM aber geringere Temperaturen als 50 °C herrschen, ist der Ansatz hinsichtlich der Temperatur konservativ. Allerdings ist zu beachten, dass die Oedometerversuche bei um ein bis drei Größenordnungen höheren Verzerrungsgeschwindigkeiten (Kompaktionsgeschwindigkeiten) durchgeführt wurden als Verzerrungsgeschwindigkeiten im Versatz im ERAM in Folge Konvergenz zu erwarten sind. Der Widerstand von Salzgrusversatz sinkt mit abnehmender Kompaktionsgeschwindigkeit, dementsprechend erscheint der Ansatz bezüglich der Kompaktions-

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

geschwindigkeit nicht konservativ. Eine Abschätzung in /10/ zeigt jedoch, dass auch unter den Kompaktionsgeschwindigkeiten und Temperaturbedingungen des ERAM sich bei einem Porenanteil des Versatzes von 27 % entsprechend  $e = 0,37$  ein Stützdruck von etwa 1,5 MPa einstellt. Zur Untermauerung dieser Aussage wird im Folgenden eine grobe Abschätzung mit Hilfe von Erddruckansätzen /15/ vorgenommen.

**2.3.2 Konventionelle rechnerische Ansätze**

Bodenmechanische Untersuchungen an Salzgrusversatz des ERAM ergaben Werte für den Winkel der inneren Reibung zwischen  $35^\circ$  und  $57^\circ$  sowie zwischen 0 und 0,541 MPa für die Kohäsion /16/17/. Im folgenden wird eine grobe Abschätzung der Versatzsteifigkeit unter Vernachlässigung der versteifenden Wirkung der Kohäsion und Ansatz eines exemplarischen Winkels der inneren Reibung von  $40^\circ$  sowie einer Auflast bzw. eines Drucks von 0,16 MPa, was einer Überschüttungshöhe von lockerem Salzgrusversatz von 10 m äquivalent ist, vorgenommen. Betrachtet man die Stöße eines Abbaus als eine Wand, so darf bei einer Bewegung im cm-Bereich, die bei Verbruch zwangsläufig gegeben ist, in Abhängigkeit von der Wandbeschaffenheit, was hier der Rauigkeit der Abbaukontur entspricht, für die Wand ein passiver Erddruck (Versatzwiderstand) von mindestens

$$e_{ph} = 0,16 * 4,60 = 0,74 \text{ MPa (glatte Wand, ebene Gleitfläche)}$$

und höchstens

$$e_{ph} = 0,16 * 13,67 = 2,2 \text{ MPa (verzahnte Wand, gekrümmte Gleitfläche)}$$

rechnerisch angesetzt werden /15/, wobei der wahre Wert des passiven Erddrucks deutlich höher liegen dürfte. Damit ist eher mit einer größeren Stützwirkung gegenüber Verbruch zu rechnen. So wird die Angabe in /10/ bezüglich einer Stützwirkung von Salzgrusversatz mit einem Stützdruck von 1,5 MPa durch einen allgemein anerkannten Ansatz nach Erddrucktheorie bestätigt.

Ein Stützdruck in der Größenordnung von 2 bis 8 MPa ist in Abhängigkeit der Teufenlage bei Salzbergwerken ausreichend, um den Spannungszustand im Nahbereich der Hohlräume so günstig zu verändern, dass die Dilatanzgrenze nicht mehr erreicht oder im ungünstigsten Fall nur noch lokal in Hohlraum nahen Bereichen überschritten wird. Damit verlaufen weitere Verformungen bruchlos. Dabei gelten die niedrigen Drücke bei geringen Teufenlagen von Hohl-

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAAX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

räumen und entsprechend geringem Teufendruck, die hohen Drücke für tiefe Teufenlagen mit hohen Teufendrücken. In geringem und damit in potenziell kritischem Abstand zum Salzspiegel befinden sich im Fall des ERAM Hohlräume in geringen Teufenlagen, so dass auch die geringen Stützdrücke maßgebend sind. Durch den Selbstversatz mit Bruchmaterial wird eine vergleichbare Stützwirkung erreicht wie bei Flutung von Salzbergwerken mit Lauge, wo ebenfalls Laugendrücke der o. g. Größenordnung auftreten. Das Fluten von Salzbergwerken ist ein bewährtes Versatzverfahren zur Stabilisierung. Aus theoretischen Untersuchungen ist bekannt /18/, dass bei Flutung von Salzbergwerken Verformungen zwar weiterhin stattfinden, aber sie verlangsamen sich stark und verlaufen im Salzgestein bruchlos. So ist die Integrität der geologischen Barriere auch über längere Zeiträume gewährleistet und damit die Standsticherheit automatisch gegeben.

Feuchter Salzgrus weist eine geringere Stützwirkung auf, aber bis Löser mit ihren größeren Abmessungen wie im ERAM bis in den Bereich der oberen Sohlen soweit durchfeuchtet sind, dass die Stützwirkung im Hinblick auf die geologische Barriere zum Salzspiegel deutlich nachlässt, müssen sich erhebliche Laugenmengen im Grubengebäude befinden, so dass an die Stelle der Versatzsteifigkeit stabilisierender Laugendruck bzw. Porenwasserdruck im Bruchmaterial tritt.

**2.4 Numerische Untersuchungen zum Einfluss des Stützdrucks**

Die Angaben in /9/ von 60 m bzw. 130 m zur erforderlichen Mächtigkeit der geologischen Barriere zum Salzspiegel bezogen sich auf offene Abbauhohlräume. Ein durch Verbruch mit Bruchmaterial gefüllter Abbau ist kein offener Hohlraum. Betrachtungen aus dem Bruchbau, Laboruntersuchungen an Salzgrusversatz und die Überprüfung der Laboruntersuchungen mit Hilfe empirischer Rechenansätze aus der Geotechnik zeigen, dass gegenüber weiteren Bruchvorgängen von einem Versatzwiderstand auszugehen ist, der einem Stützdruck von 1,5 MPa entspricht. Durch nachstehende rechnerische Parameterstudien wird gezeigt, dass auch bei geringem Stützdruck auf die Hohlraumkontur ein gegenüber dem offenen Hohlraum verbesserter Zustand im Hinblick auf den Beanspruchungszustand der Hohlraumkontur entsteht. Damit ist gezeigt, dass auch bei Anwendung der vereinfachten Modellvorstellungen aus der Verbruchtheorie der Nachweis des Erhalts der geologischen Barriere von nicht zutrittsgefährdeten Abbauen geführt werden kann.

Am Beispiel eines Einzelhohlraums im Steinsalz, des in /18/ betrachteten Referenzfalls, wird der Einfluss des Stützdruckes systematisch untersucht. Basis ist der in /18/ betrachtete Refe-

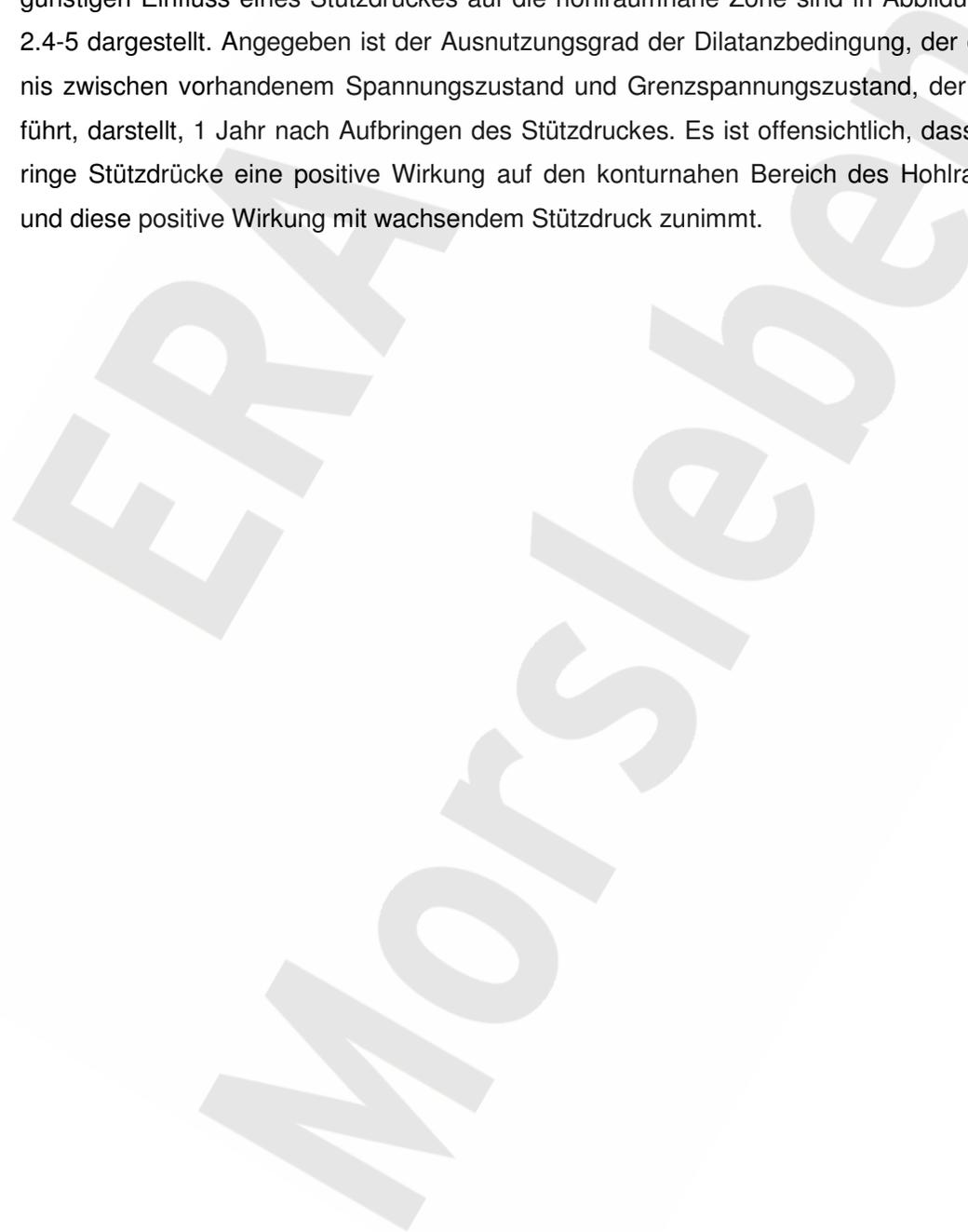
Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAAX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

renzfall, ein versatzfreier Einzelhohlraum im Steinsalz der Kriechklasse 5 /3/ in einer Teufe von -395 m NN. Der Referenzfall entspricht einem Stützdruck von 0 MPa, des Weiteren wurden Stützdrücke von 3,1 MPa und 6,6 MPa untersucht /18/. In dieser Unterlage wird als weitere Variante ein Stützdruck von 1,5 MPa untersucht. Die Ergebnisse der 4 Varianten in Bezug auf den günstigen Einfluss eines Stützdruckes auf die hohlraumnahe Zone sind in Abbildung 2.4-1 bis 2.4-5 dargestellt. Angegeben ist der Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung, der das Verhältnis zwischen vorhandenem Spannungszustand und Grenzspannungszustand, der zu Dilatanz führt, darstellt, 1 Jahr nach Aufbringen des Stützdruckes. Es ist offensichtlich, dass bereits geringe Stützdrücke eine positive Wirkung auf den konturnahen Bereich des Hohlraums haben und diese positive Wirkung mit wachsendem Stützdruck zunimmt.



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

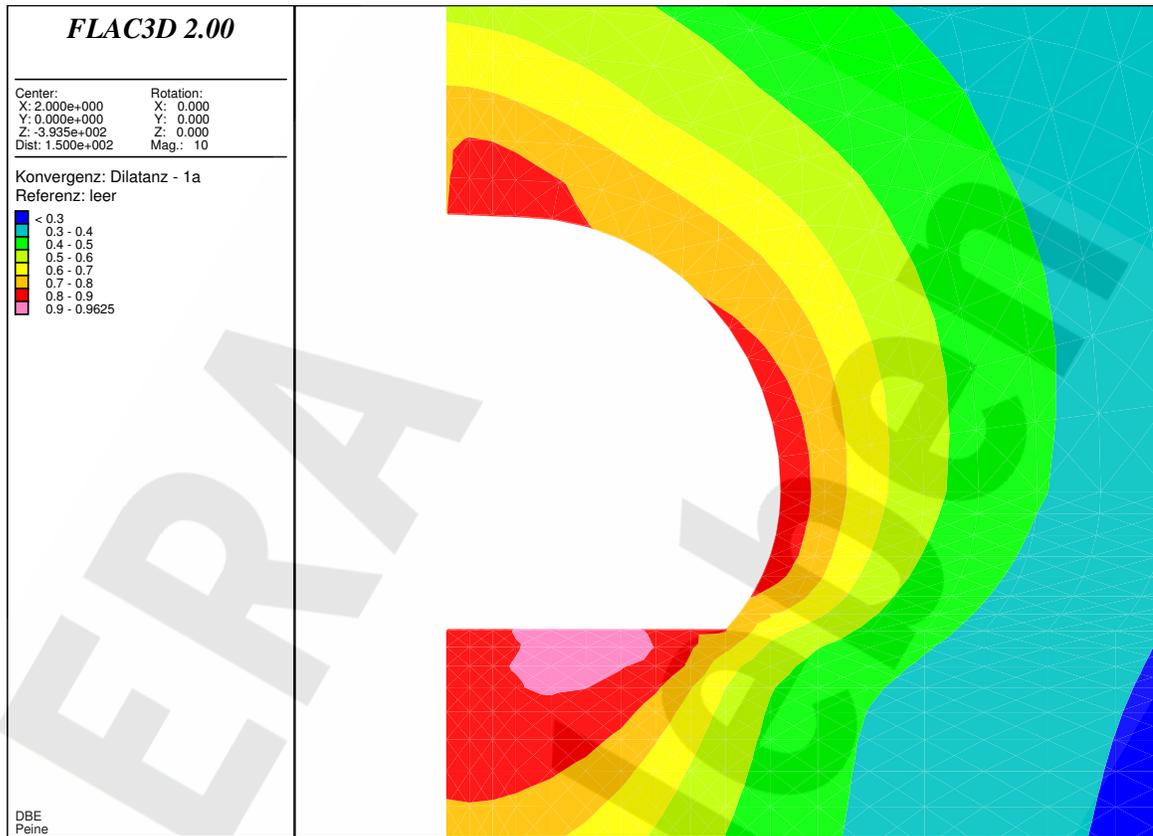
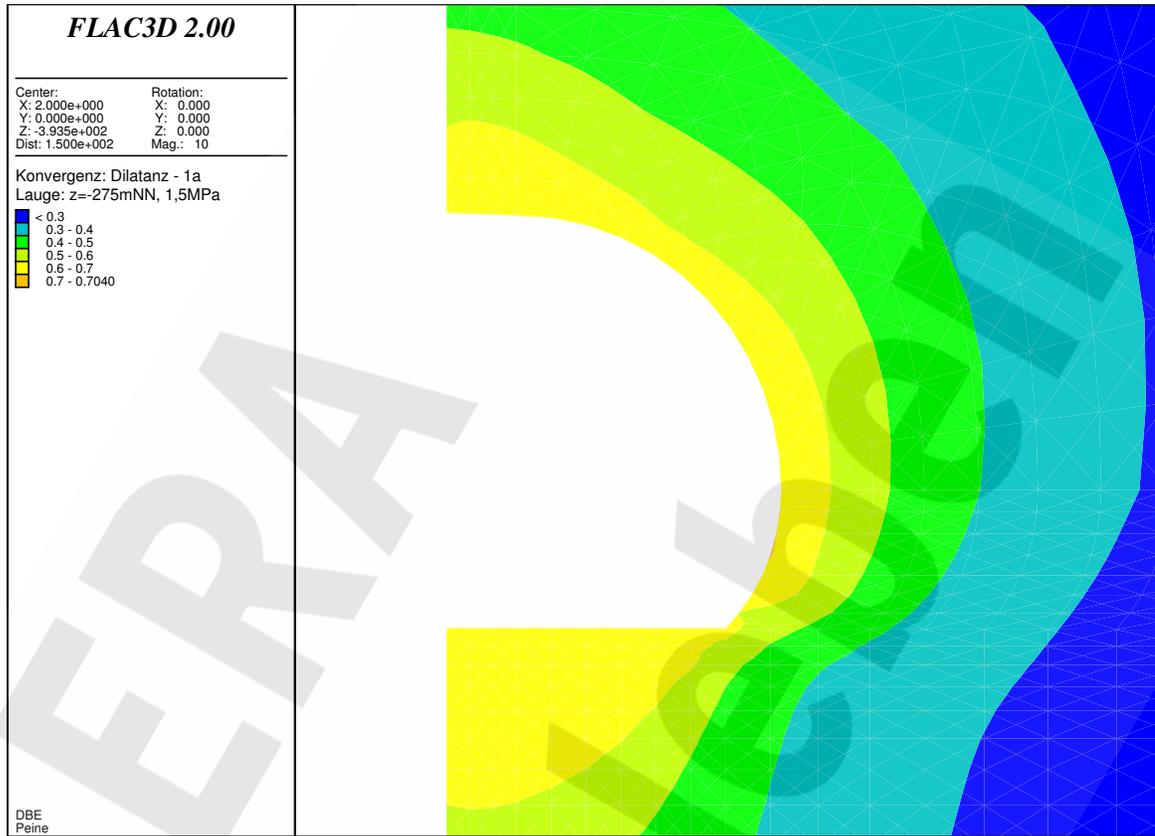


Abbildung 2.4-1: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei unversetztem Einzelhohlraum

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



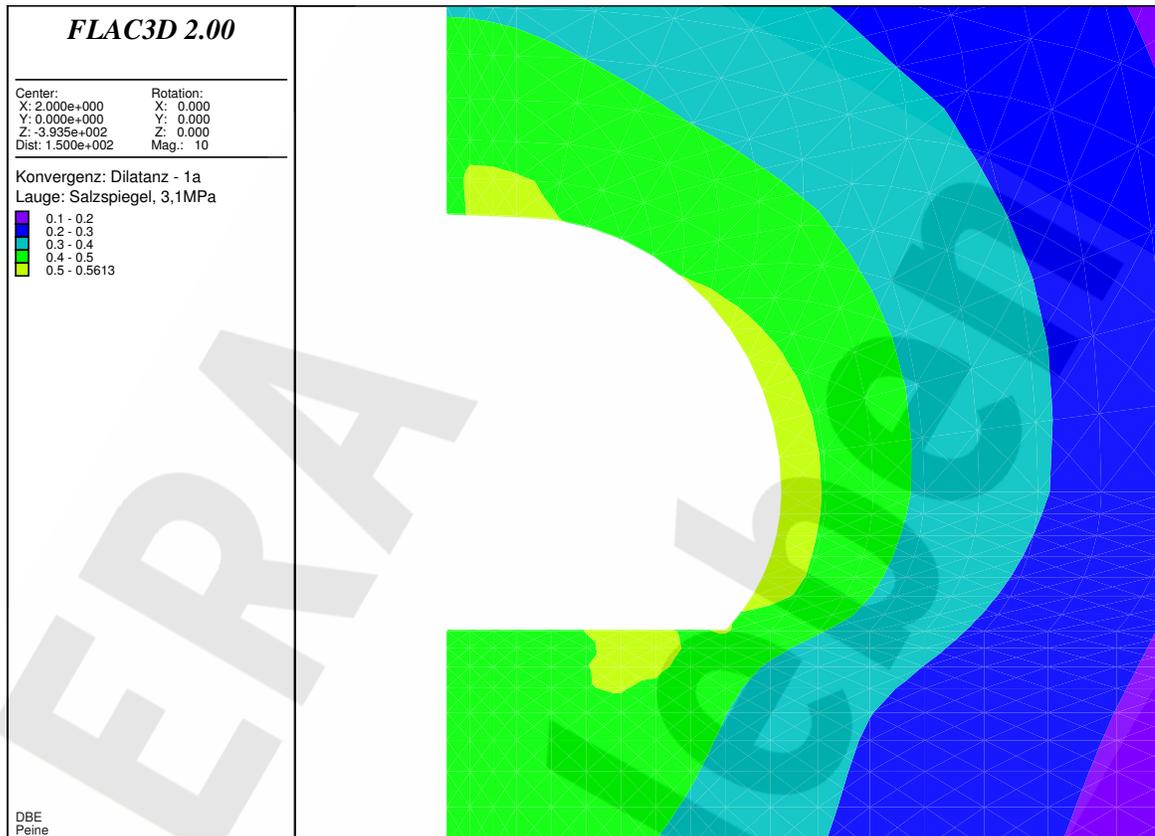
**Abbildung 2.4-2: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 1,5 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks**

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	DBE
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 19

Berechnungsschnitten



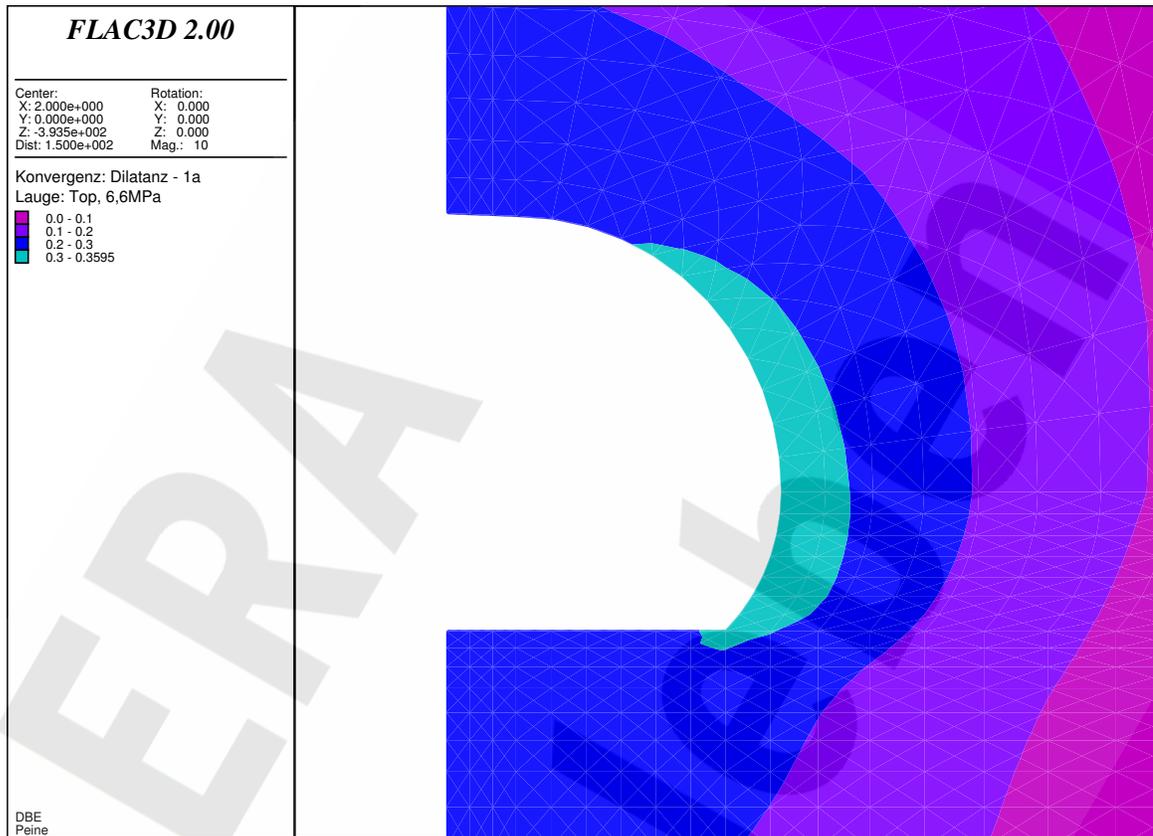
**Abbildung 2.4-3: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 3,1 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks**

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



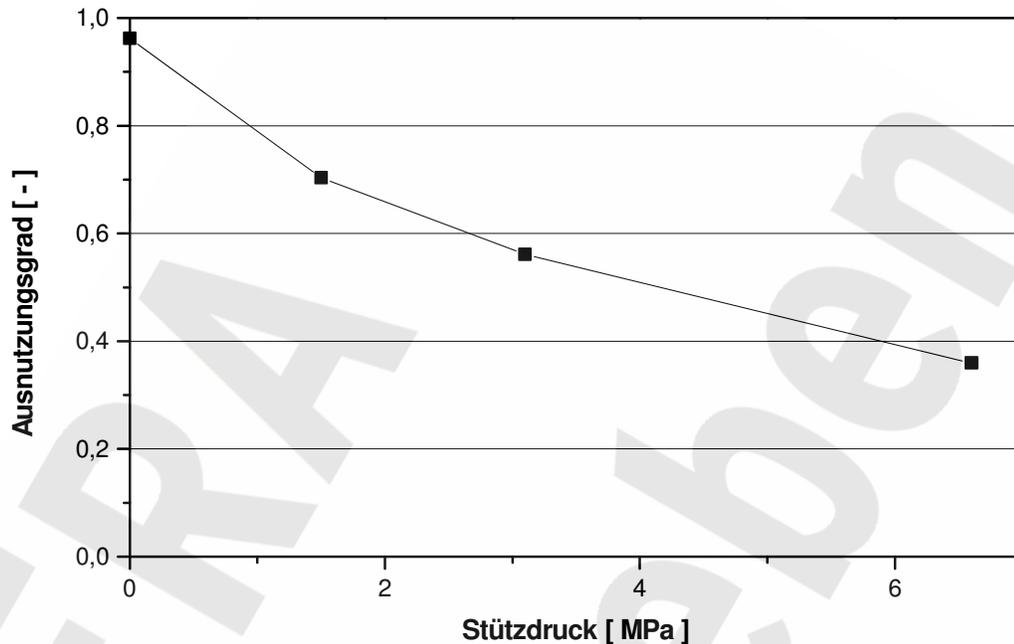
Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten



**Abbildung 2.4-4: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem Stützdruck von 6,6 MPa ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks**

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



**Abbildung 2.4-5: Maximaler Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung in Abhängigkeit des Stützdruckes ein Jahr nach Aufbringen des Stützdrucks**

In /18/ wurden Parameterstudien zum Konvergenzverhalten von Einzelhohlräumen im Salz durchgeführt, darunter von Hohlräumen, die mit Salzgrus verfüllt sind. Für die Modellierung des Salzgruses wurde das WIPP-Stoffgesetz für Salzgrus verwendet und die Stoffgesetzparameter an Hand von Oedomerversuchen identifiziert /18/. Für den Einzelhohlraum ist die Entwicklung des mittleren Stützdruckes und die Entwicklung der mittleren Porenzahl im Hohlraum für trockenen Salzgrus in Abbildung 2.4-6 dargestellt. Für einen mittleren Stützdruck von 1,5 MPa ist der Ausnutzungsgrad des Dilatanzkriteriums in Abbildung 2.4-7 gegeben.

Abbildung 2.4-6 zeigt, dass sich bei den durch Verfüllung verlangsamten Konvergenzraten ein Stützdruck von im Mittel 1,5 MPa sehr langsam aufbaut und rechnerisch erst 1500 Jahre nach Verfüllung mit Salzgrus bei einer Porenzahl von im Mittel 0,1 erreicht wird. Im Zeitraum zwischen 80 und 3400 Jahre nach Verfüllung mit Salzgrus ergibt sich rechnerisch eine stationäre logarithmische Konvergenzrate von  $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}$  /18/. Die Porenzahl nimmt in diesem Zeitraum von 0,4 auf 0,02 ab. So lässt sich für einen selbstversetzten Hohlraum mit einer Porenzahl von 0,3 die Konvergenzrate nach oben zu  $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}$  abschätzen.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

Die unterschiedliche Wirkung eines durch Salzgrus ausgeübten Stützdruckes, der sich langsam in Folge von Konvergenz aufbaut und eines durch instantane Aufbringung von Lasten erzeugten Stützdruckes wird durch den Vergleich der Abbildungen 2.4-2 und 2.4-7 deutlich. Abbildung 2.4-7 zeigt deutlich, dass der Stützdruck durch die Verformungen erst aktiviert wird, wie im Übergangsbereich von Sohle und Stoß sichtbar wird. Damit wird rechnerisch bestätigt, dass für die Aktivierung des Stützdruckes im Salzgrus die Verformungsgeschwindigkeit eine wesentliche Rolle spielt und damit die im Verhältnis schnell ablaufenden Bruchvorgänge durch lockeren Versatz bereits vermieden werden.

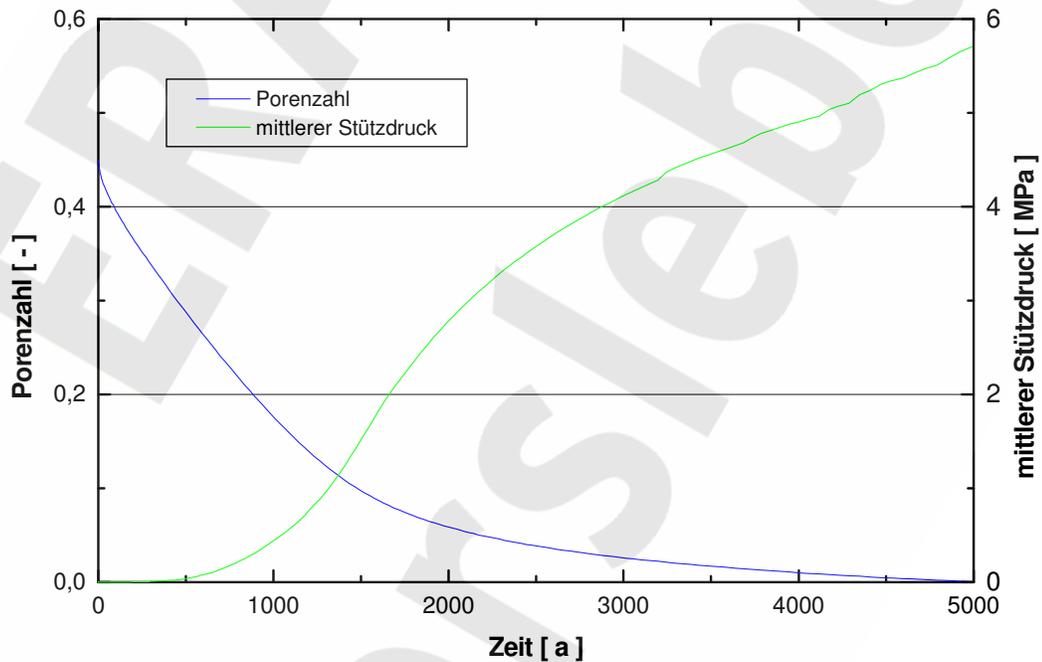
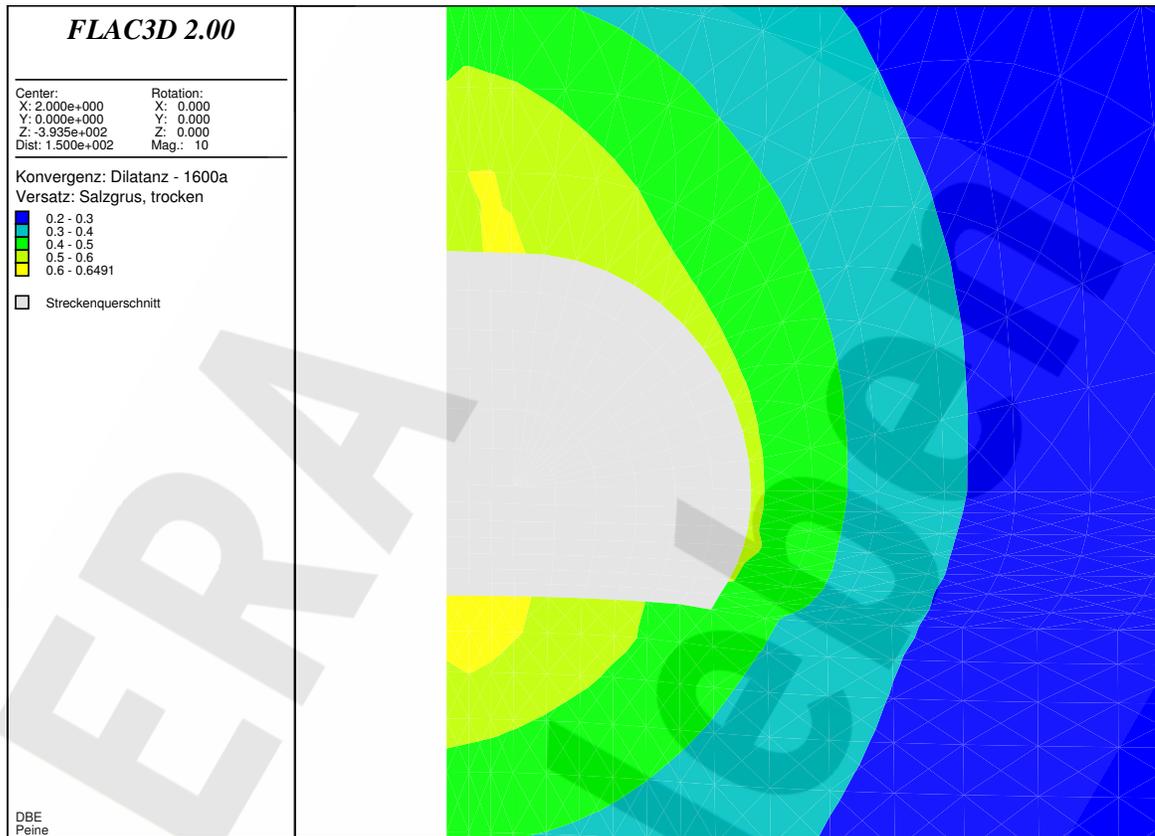


Abbildung 2.4-6: Entwicklung von Porenzahl und mittlerem Stützdruck über die Zeit

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



**Abbildung 2.4-7: Ausnutzungsgrad der Dilatanzbedingung bei einem mittleren Stützdruck durch Salzgrus von etwa 1,5 MPa**

**2.5 Pfeilerschlankheit**

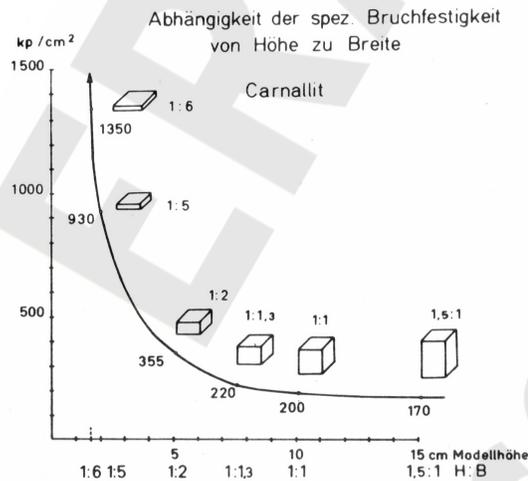
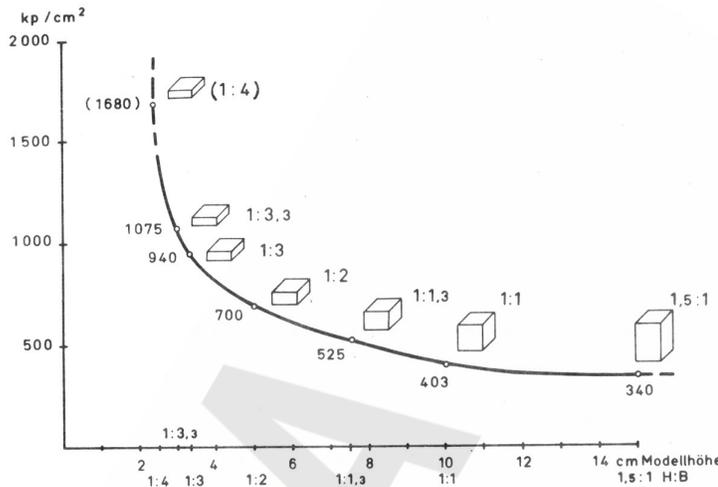
Eine weitere Grundlage zur Ermittlung des Verfüllgrades von Abbauen und damit für die Aufstellung des Verfüllplans ist die Einführung einer größten Pfeilerschlankheit bzw. einer Mindesteinbettung von Pfeilern von zu stabilisierenden Abbauen, wobei jeweils der Wert maßgebend ist, der zu einem höheren Verfüllgrad des Abbaus führt.

In /19/20/ beschriebene Untersuchungen zeigen, dass die gemessene, ertragbare „Druckspannung“ von Pfeilern mit abnehmender Pfeilerschlankheit wächst (Abbildung 2.5-1). Insbesondere bei Reduzierung der Pfeilerschlankheit auf ein Verhältnis H:B < 1:2 nimmt die ertragbare Belastung unabhängig vom Salztypus erheblich zu /19/. Obwohl die in Abbildung 2.5-1 verwendete Einheit kp/cm<sup>2</sup> keine gesetzliche Einheit mehr ist, bleibt sie dennoch physikalisch richtig und wird der Einfachheit halber in den Diagrammen beibehalten.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



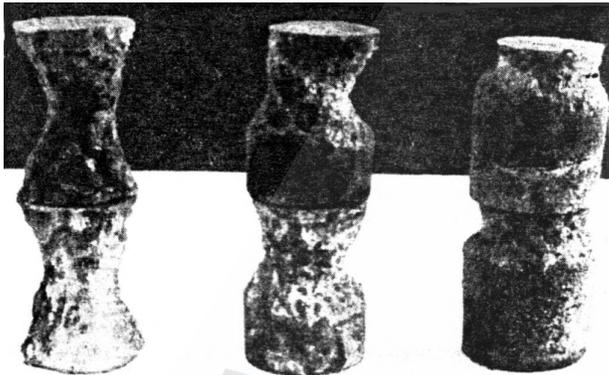
**Abbildung 2.5-1: Abhängigkeit der „Bruchspannung“ vom systematisch variierten H:B-Verhältnis von Hartsalz (oben) und Carnallit (unten)**

Es ist offensichtlich, dass es sich bei der Abhängigkeit der ertragbaren Druckspannung von der Pfeilerschlankheit nicht um ein Spannungsproblem handelt, in das lediglich die Materialeigenschaft Druckfestigkeit des Salzes eingeht, sondern um ein Stabilitätsproblem handelt, das seine Ursache in der Nichtlinearität des Materialverhaltens hat. Die Ursache der erhöhten Lastaufnahmefähigkeit resultiert aus dem Auftreten alternativer Versagensmodi /21/22/. Wird der Pfeiler mindestens auf zwei Drittel seiner Höhe eingebunden, ändert sich der Versagensmodus ebenfalls, siehe Abbildung 2.5-2. Das Kriterium wurde bei der Verfüllplanung berücksichtigt.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



**Abbildung 2.5-2 Versagensmodi in Abhängigkeit der Höhe der Einbettung**

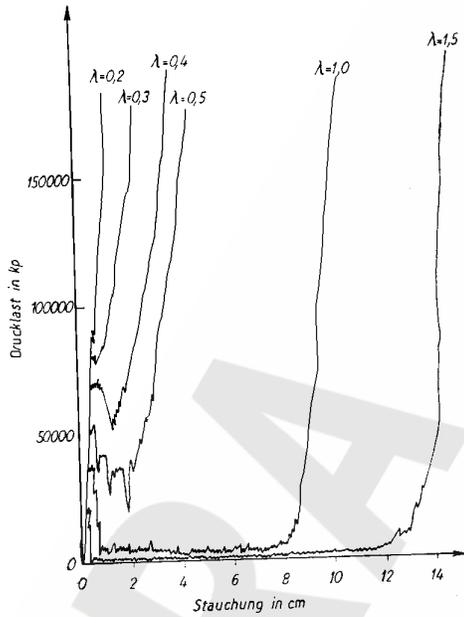
Diese Untersuchungen sind der Modellmechanik zuzuordnen, ihre numerische Beschreibung ist derzeit Gegenstand der Forschung /21/, noch nicht ausgereift und deshalb nicht anwendbar. Die Einbindung der Pfeilerschlankheit in die Verbruchtheorie ist auf Grundlage der Untersuchungen /20/ dennoch möglich. Sie zeigen, dass bei einem Verhältnis  $H:B < 1:2$  auch im Nachbruchbereich, d. h. bei zerstörter Probe, auf Grund der Brikettierung eine deutliche Resttragfähigkeit verbleibt, die immer noch bei ca. 50 % der Bruchlast liegt (Abbildung 2.5-3). So ist davon auszugehen, dass auch ein zerstörter Pfeiler immer noch etwa 50 % seiner Tragfähigkeit besitzt und dementsprechend in der Lage ist, noch einen ausreichenden Stützdruck auszuüben, der die Aufweitung dilatanter Zonen verhindert. Dabei ist zu beachten, dass die Bruchlast überschritten sein muss, um Brikettierung zu erreichen, wobei gleichgültig ist, ob die Brikettierung sich infolge eines Sprödbruchs oder eines Kriechbruchs einstellt. Wesentlich ist die Aussage, dass der brikettierte Pfeiler auch während des Versagens 50 % seiner Stützwirkung behält und damit dem Fortschreiten dilatanter Zonen entgegenwirkt. Auch dies wurde bei der Verfüllplanung berücksichtigt.

Für einen gebrochenen Pfeiler kann damit wiederum mindestens eine Stützwirkung von Salzversatz gemäß Kapitel 2.4 angesetzt werden. Sie wirkt zuverlässig dem Fortschreiten dilatanter Zonen entgegen. Obwohl die in Abbildung 2.5-3 verwendete Einheit  $k_p$  keine gesetzliche Einheit mehr ist, bleibt sie dennoch physikalisch richtig und wird der Einfachheit halber in den Diagrammen beibehalten.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



**Abbildung 2.5-3:** Belastungs-Stauchungs-Kennlinien von Pfeilermodellen unterschiedlichen Schlankheitsmaßes  $\lambda$  (10 cm Kantenlängen) aus Hartstahl, die über die Bruchlast hinaus auf Druck belastet wurden

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



### 3 Numerische Berechnungen

Zum Nachweis von Standsicherheit und Integrität sind für die verschiedenen Bemessungssituationen

- Bauzustände unter Berücksichtigung der Hydratationswärme
- Langfristig trockenes Endlager (ohne Verbruch)
- Zugelaufenes, mit Lauge gefülltes Endlager (ohne Verbruch)

numerische Berechnungen durchzuführen. Die Notwendigkeit numerischer Berechnungen ergibt sich durch den nicht unmittelbar durch Plausibilitätskriterien einschätzbaren Einfluss der Hydratationswärme auf Standsicherheit und Integrität. Auch wird durch numerische Berechnungen gezeigt, dass das überwiegende Auftreten von Konvergenz in Verbindung mit nur geringfügigen bruchhaften Vorgängen und langzeitigem Offenbleiben von (Teil)hohlräumen im Hinblick auf Standsicherheit und Integrität nicht zu ungünstigeren Zuständen führt, als im Verfüllplan gemäß Verbruchtheorie und Betrachtungen zur Pfeilerschlankheit unterstellt. Die Richtigkeit des Verfüllplans wird damit durch numerische Berechnungen geprüft und bestätigt.

#### 3.1 Kriterien zur Auswahl von Schnitten

Die Auswahl von Schnitten erfolgt zunächst auf Grundlage der Hohlraumgeometrie und der geologischen Situation des ERAM. Hierzu werden folgende Unterlagen verwendet:

- Risswerk ERAM /1/
- Lagerstättenmodell /4/
- Szenarienbericht BGR (Ohne technische Maßnahmen) /9/

Des Weiteren werden vergleichbare Schnitte verschiedener Institutionen und älteren Datums (vor 1999), insbesondere die, die im Zusammenhang mit Berechnungen zum ERAM präsentiert wurden, bei der Auswahl der Schnitte berücksichtigt. Dementsprechend werden vorliegende Schnitte durch diese neuere zusammenfassende Darstellung aktualisiert.

Im ersten Schritt wurden die Feldesteile identifiziert, für die Schnitte erstellt werden. Dabei kamen die nachstehenden Kriterien für die Schnitterstellung zur Anwendung:

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	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	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standardsicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 28

Berechnungsschnitten

- Belegung des Feldesteils mit radioaktiven Abfällen (Einlagerungsbereiche)
- zutrittsgefährdete Feldesteile

Als Ergebnis dieser Vorauswahl ergab sich, dass Schnitte für die Feldesteile Südfeld, Ostfeld und Westfeld benötigt werden, da diese Feldesteile mit radioaktiven Abfällen belegt sind. Des Weiteren mussten Schnitte für die Feldesteile Zentralteil, Nordfeld, Südostfeld und das Grubenfeld Marie erstellt werden, da diese Feldesteile als zutrittsgefährdet eingestuft werden. An dieser Stelle sei festgehalten, dass die benannten Einlagerungsbereiche nicht zutrittsgefährdet sind.

Nach der Festlegung der Feldesteile, in denen Schnitte benötigt werden, wurden die Schnittführungen weiter präzisiert, um möglichst weitgehend abdeckende Aussagen zu erhalten. Dabei wurden die folgenden Aspekte betrachtet:

1. Wenn vergleichbare Schnitte älteren Datums (ggf. in Verbindung mit Berechnungen) bei Behörden vorliegen, sollten diese mit einbezogen werden, um eine Vergleichbarkeit mit bereits vorliegenden Berechnungsergebnissen zu gewährleisten.
2. Ist der Feldesteil Einlagerungsbereich, ist der Schnitt so zu wählen, dass in der Schnittebene vorrangig ein hoher Durchbauungsgrad sowie nachrangig Einlagerungsgrubenbaue vorliegen.
3. Ist der Feldesteil zutrittsgefährdet, sollte die Schnittebene einen hohen Durchbauungsgrad aufweisen und zutrittsgefährdete Abbaue enthalten.
4. Grubenbereiche, in denen bereits Zutritte vorhanden sind, sind mit einem Schnitt zu berücksichtigen.
5. Bereiche, in denen nach Verfüllplan mit einem signifikanten Eintrag von Hydratationswärme zu rechnen ist, sind mit einem Schnitt zu berücksichtigen.
6. Ein Schnitt ist anzufertigen, wenn er aus Gründen der Modellbildung erforderlich ist, beispielsweise um 3D-Effekte berücksichtigen zu können.

Die Aspekte 1, 2 und 3 bedingen ggf. die Anfertigung mehrerer Schnitte, auf deren Grundlage eine Entscheidung hinsichtlich der repräsentativen Schnitte erst möglich ist. So muss durch die Schnitte weiterhin die repräsentative Erfassung

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

- des Tragverhaltens in Bezug auf die Haupttragrichtungen
- des Verformungsverhaltens in Bezug auf Maximalwerte
- des Wärmeeintrags in Bezug auf Maximalwerte und daraus resultierende Zwangsspannungen

ermöglicht werden. In Tabelle 3.1-1 ist angegeben, welche der Schnitte auf Basis welcher Kriterien gewählt wurden. Die Schnitte sind in Anlage 1 bis 17 beigefügt.

Schnitt	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4	Kriterium 5	Kriterium 6
SF9 S	X					
SF9 NA	X					
SF8S		X				
OF 9	X					
OF 1	X					
WF 1	X					
ZT-3.3	X			X		
ZTN-3.1	X		X			
ZTS-3.1	X		X			
ZT-1.4					X	X
SOF1			X			
SOF 2			X			
NFM 1			X			
NFM 2			X			
NFN 1			X			
Ma SA 1	X		X			
Ma NA 1	X			X		

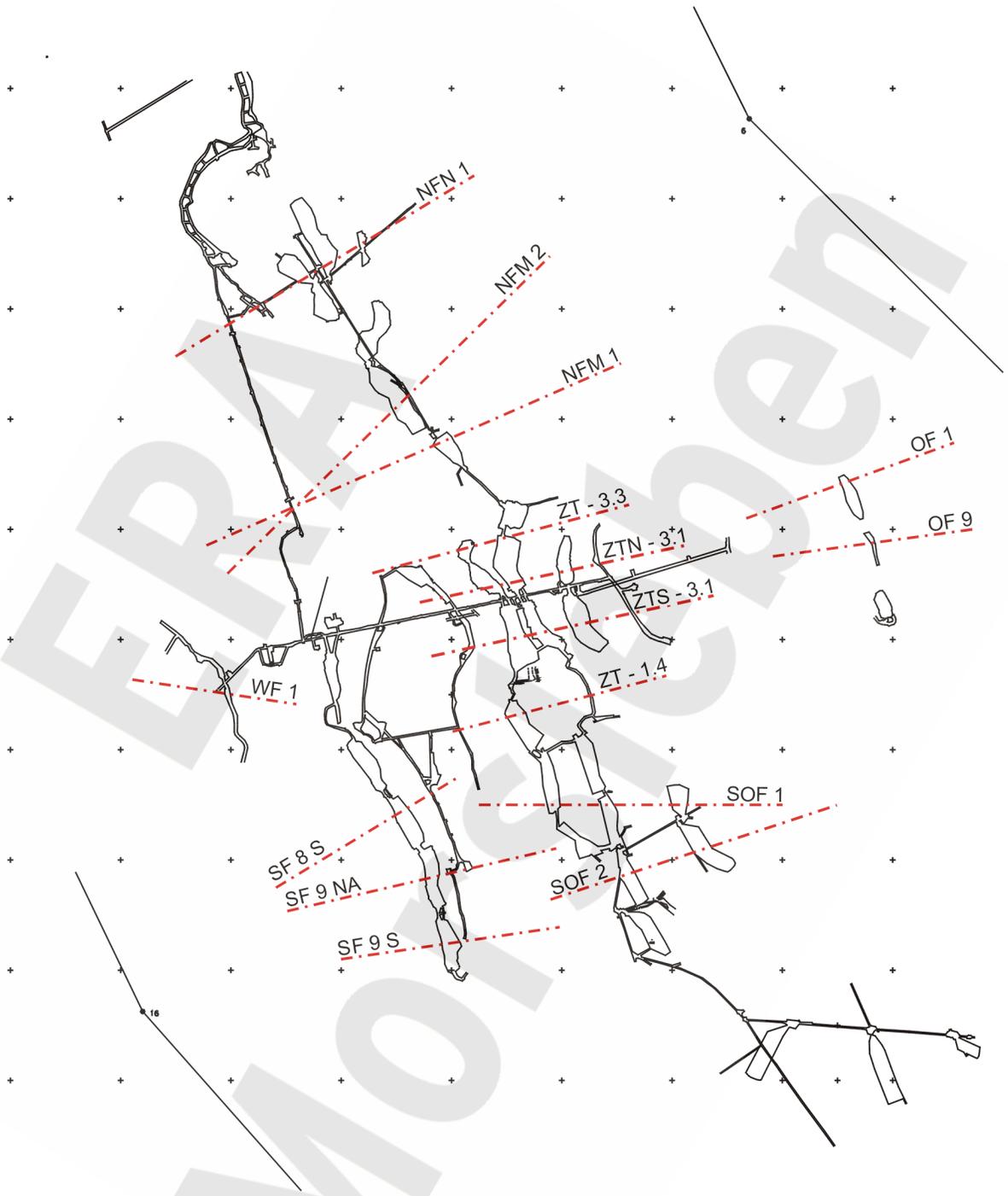
Tabelle 3.1-1 Gegenüberstellung der für die Schnittwahl relevanten Kriterien und gewählte Schnitte

Die genaue Position der gewählten Schnitte ist in Abbildung 3.1-1 für Bartensleben, in Abbildung 3.1-2 für Marie wiedergegeben.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten



**Abbildung 3.1-1: Projektion der gewählten Schnittführungen, -332 mNN Bartensleben**

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAAX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten



**Abbildung 3.1-2: Projektion der gewählten Schnittführungen, -231 mNN Marie**

Welche der gewählten Schnittführungen als Grundlage für die Durchführung von numerischen Berechnungen verwendet werden, wird auf der Basis von Einzelfalldiskussionen entschieden.

**3.2 Kriterien zur Auswahl von Berechnungsschnitten**

Hinsichtlich der Kriterien zur Auswahl von Berechnungsschnitten wird unterschieden zwischen Kriterien, mit deren Hilfe entschieden werden kann, dass eine Berechnung nicht erforderlich ist (Ausschlusskriterien), und Kriterien, die belegen, dass eine Berechnung auf jeden Fall erforderlich ist (Bedingungen für die Notwendigkeit). Gegebenenfalls ist die Durchführung einer Berechnung eine Ermessensfrage. Im Folgenden sind zunächst die Ausschlusskriterien aufgeführt:

- Die Verfüllung der Abbaue in diesem Schnitt wird von unten nach oben durchgeführt.
- Es ist keine oder eine nur geringe, vernachlässigbare Hydratationswärmeentwicklung zu erwarten.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

- Die Integrität der Barriere ist bereits aufgegeben oder die Integrität der Barriere kann durch die Verbruchtheorie in Verbindung mit der Einhaltung der Sicherheitsabstände gezeigt werden.

Im nächsten Schritt werden diese Ausschlusskriterien und Kriterien für die Notwendigkeit für die Durchführung einer Berechnung den maßgebenden Schutzzielen zugeordnet.

**Ausschlusskriterien**

Schutzziel Integrität

Zunächst ist zu prüfen, ob kein oder nur ein vernachlässigbarer Hydratationswärmeeintrag erfolgt. Dies ist der Fall, wenn der zu verfüllende Abbau entweder klein ist oder von der maßgebenden Barriere weit entfernt ist. Ist zudem die Integrität der Barriere bisher gegeben, kann der Erhalt in Verbindung mit der Verbruchtheorie und der Einhaltung der Sicherheitsabstände gezeigt werden. Ist die Integrität der Barriere bereits verletzt, muss keine Berechnung durchgeführt werden, wenn kein weiterer Kredit von der Barriere genommen wird.

Schutzziel Arbeitsschutz

Die Verfüllung erfolgt von unten nach oben oder es erfolgt kein oder nur ein vernachlässigbarer Hydratationswärmeeintrag. Dann ist mit Hinblick auf das Schutzziel Arbeitsschutz kein rechnerischer Nachweis notwendig. Erfolgt die Verfüllung von unten nach oben, ist der Hydratationswärmeeintrag nur in Hinblick auf die Temperaturentwicklung am Salzspiegel und an den obersten Anhydritschollen relevant.

Sind die Ausschlusskriterien für die Schutzziele Integrität und Arbeitsschutz erfüllt, muss keine Berechnung durchgeführt werden.

**Kriterien für die Notwendigkeit der Durchführung von Berechnungen**

- Keine Verfüllung von unten nach oben in Verbindung mit Nutzungsanforderungen
- Maßgeblicher Eintrag von Hydratationswärme
- Integrität der Barriere ist gefährdet

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	X A A X X	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

Im nächsten Schritt werden die Bedingungen für die Notwendigkeit zur Durchführung von Berechnungen maßgebenden Schutzzielen zugeordnet.

Schutzziel Integrität

Der Abbau ist zutrittsgefährdet und der Einfluss des Hydratationswärmeeintrages ist nicht vernachlässigbar, weil große Mengen von Versatzmaterial in Folge eines hohen Durchbauungsgrades eingebracht werden oder es ist eine große Nähe zu relevanten Zutrittspfaden vorhanden.

Schutzziel Arbeitsschutz

Es erfolgt ein nicht vernachlässigbarer Hydratationswärmeeintrag bzw. die Verfüllung erfolgt nicht von unten nach oben und eine Nutzung der unten liegenden/benachbarten Abbaue kann nicht ausgeschlossen werden.

Sonderfall Einlagerungsbereich

Der gesamte Feldesteil ist Einlagerungsbereich und es erfolgt ein maßgeblicher Eintrag von Hydratationswärme, so dass die Auswirkungen der Hydratationswärme insbesondere im Hinblick auf die Integrität aus Gründen der besonderen Sorgfalt, die für Einlagerungsbereiche gilt, untersucht werden.

Befinden sich unter den notwendigerweise zu berechnenden Schnitten Schnitte, die vergleichbare Fragestellungen im Hinblick auf Integrität und Arbeitsschutz bereits abdeckend behandeln, können auf Basis dieses relativen Kriteriums weitere Schnitte ausgeschlossen werden.

Auf Grundlage der o.g. Kriterien werden die Berechnungsschnitte ermittelt. Dazu wird eine Bewertung der einzelnen in Kapitel 4 aufgeführten Schnitte vorgenommen.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



#### 4 Bewertung der einzelnen Schnitte

##### 4.1 Einlagerungsbereiche

###### *Südfeld*

Die Einlagerungsgrubenbaue 1 und 2 der 5a-Sohle des Südfeldes sind mit Salzgrus und BFA, der Einlagerungsgrubenbau 3 der 5a-Sohle mit Salzgrus verfüllt. Die Verfüllung der übrigen Abbaue mit hydraulisch abbindendem Versatz erfolgt über zwei neu aufgefahrene Strecken. Besondere Anforderungen an den Arbeitsschutz bestehen daher nicht. Es wird vorsorglich lediglich der thermomechanische Einfluss aus dem hydraulisch abbindenden Material, das in großen Mengen eingebracht wird, auf die Barrierenintegrität überprüft.

Für das Südfeld liegen die Schnitte SF9 S (Anlage 1), SF9 NA (Anlage 2) und SF8S (Anlage 3) vor. Eine Berechnung wird für den Schnitt SF8S (Anlage 3) durchgeführt.

###### Begründung:

Der Schnitt enthält Abbaue von der 2a- bis zur 5a-Sohle einschließlich des Einlagerungsgrubenbaus Abbau 1. Der Schnitt weist den höchsten Durchbauungsgrad des Südfeldes auf, des Weiteren zeigt er einen Abbau auf der 2a-Sohle, der am höchsten liegenden Sohle des Südfeldes und damit größten Nähe zum Salzspiegel. Dementsprechend ist auch eine für das Südfeld große Nähe zum Salzspiegel gegeben. In die Abbaue, die in dem Schnitt liegen, werden große Mengen an hydraulisch abbindendem Verfüllmaterial eingebracht.

Die Schnitte SF9 S und SF9 NA sind durch die Untersuchung des Schnittes SF8S bezogen auf die Schutzziele abdeckend behandelt. Für sie ist daher keine Berechnung erforderlich.

###### *Ostfeld*

Die Abfälle des Einlagerungsgrubenbaus 2 werden mit Salzgrus überdeckt, anschließend erfolgt eine Verfüllung des Einlagerungsabbaus sowie weiterer Abbaue mit hydraulisch abbindendem Material.

Für das Ostfeld liegen die Schnitte OF 1 (Anlage 4) und OF 9 (Anlage 5) vor. Eine Berechnung für das Ostfeld wird nicht durchgeführt.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

**Begründung:**

Die Verfüllung erfolgt von unten nach oben; es bestehen keine besonderen Anforderungen an den Arbeitsschutz. Eine Zutrittsgefährdung ist nicht gegeben und der Hydratationswärmeeintrag erfolgt in großer Entfernung vom Salzspiegel oder anderen maßgeblichen potentiellen Zutritts-pfaden in das Grubengebäude.

*Westfeld*

Die Abfallkammern des Westfeldes sind weitgehend mit Braunkohlenfilterasche verfüllt, die abschließende Resthohlraumverfüllung ist ebenfalls mit Braunkohlenfilterasche vorgesehen.

Für das Westfeld liegt der Schnitt WF 1 (Anlage 6) vor. Eine Berechnung wird nicht durchgeführt.

**Begründung:**

Es bestehen keine besonderen Anforderungen an den Arbeitsschutz. Eine Zutrittsgefährdung ist nicht gegeben und es erfolgt nur ein vernachlässigbarer Eintrag von Hydratationswärme.

**4.2 Übriges Grubengebäude Bartensleben**

*Zentralteil*

Die Abbaue des Zentralteils werden über Bohrungen mit hydraulisch abbindendem Versatz verfüllt. Im Rahmen der bergbaulichen Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil (bGZ) wurde im September 2003 begonnen, 22 Abbaue mit einem hydraulisch abbindenden Versatz zu verfüllen. Die derzeitige Planung sieht eine Verfüllung ab der 3a-Sohle vor. Die Verfüllung der verbleibenden offenen Hohlräume im Rahmen der Stilllegung erfolgt dann von unten nach oben. Unter Einbeziehung der bGZ ergibt sich aber für den Zentralteil keine grundsätzliche Verfüllung von unten nach oben. Lokal sind deshalb besondere Anforderungen an den Arbeitsschutz nicht auszuschließen.

Für den Zentralteil liegen die Schnitte ZT-3.3 (Anlage 7), ZTN-3.1 (Anlage 8), ZTS-3.1 (Anlage 9) und ZT-1.4 (Anlage 10) vor. Berechnungen werden für die Schnitte ZT-3.3, ZTN-3.1 und ZTS-3.1 durchgeführt.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

**Begründung:**

Der in dem Schnitt ZT-3.3 liegende Abbau 1a weist Laugenzutritte auf, die derzeit nicht mit dem Deckgebirge in Verbindung stehen. Er ist zutrittsgefährdet über den potentiellen Deckgebirgspfad. In der Nähe des Deckgebirgspfades wird hydraulisch abbindendes Versatzmaterial in einer Menge eingebracht, die nicht vernachlässigt werden kann. Die thermomechanischen Auswirkungen des eingebrachten Versatzmaterials im Hinblick auf die Integrität der Barriere muss in diesem Bereich bewertet werden.

Beim Schnitt ZTN-3.1 handelt es sich um einen zutrittsgefährdeten Grubenbereich mit großem Durchbaungsgrad, in den signifikante Mengen an hydraulisch abbindendem Versatzmaterial eingebracht werden. Die thermomechanischen Auswirkungen des eingebrachten Versatzmaterials müssen im Hinblick auf die Integrität der Barriere bewertet werden. Für den Arbeitsschutz sind die thermomechanischen Auswirkungen ggf. ebenfalls zu berücksichtigen, da die Verfüllung unter Einbeziehung der bGZ nicht von unten nach oben erfolgt.

Beim Schnitt ZTS-3.1 handelt es sich um einen zutrittsgefährdeten Grubenbereich mit großem Durchbaungsgrad, in den signifikante Mengen an hydraulisch abbindendem Versatzmaterial eingebracht werden. Die Auswirkungen des eingebrachten Versatzmaterials auf die Integrität der Barriere müssen bewertet werden. Für den Arbeitsschutz sind die thermomechanischen Auswirkungen ebenfalls zu beachten, da eine Verfüllung unter Einbeziehung der bGZ nicht von unten nach oben erfolgt.

Der Schnitt ZT-1.4 ist abdeckend durch die Schnitte ZTN-3.1 und ZTS-3.1 behandelt, eine Berechnung ist nicht erforderlich.

*Nordfeld*

Die Abbaue des Nordfeldes werden über Bohrungen mit hydraulisch abbindendem Versatz verfüllt, besondere Anforderungen an den Arbeitsschutz bestehen nicht, da die Verfüllung von unten nach oben erfolgt.

Für das Nordfeld liegen die Schnitte NFM 1 (Anlage 11), NFM 2 (Anlage 12) und NFN 1 (Anlage 13) vor. Berechnungen werden für den Bereich der Schnitte NFM 1 und NFM 2 (mittleres Nordfeld) durchgeführt. Aus den beiden Schnitten wird ein 3D-Modell erstellt.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Berechnungsschnitten

**Begründung:**

Es handelt sich um einen zutrittsgefährdeten Grubenbereich, in dem die Grubenbaue des mittleren Nordfeldes den kompaktesten Bereich im gesamten Grubengebäude darstellen, der mit hydraulisch abbindendem wärmeentwickelndem Versatzmaterial in vergleichbar kurzer Zeit verfüllt wird. Die Auswirkungen des eingebrachten Versatzmaterials auf die Integrität der Barriere müssen bewertet werden.

Der Schnitt NFN 1 ist durch die Schnitte NFM 1 und NFM 2 abdeckend behandelt, eine Berechnung ist nicht erforderlich.

*Südostfeld*

Die Abbaue des Südostfeldes werden von Bohrungen der 1. und 2. Sohle aus mit hydraulisch abbindendem Versatzmaterial verfüllt. Die Verfüllung erfolgt weitgehend von unten nach oben.

Für das Südostfeld liegen die Schnitte SOF1 (Anlage 14) und SOF 2 (Anlage 15) vor. Eine Berechnung wird nicht durchgeführt.

**Begründung:**

Zwar handelt es sich um zutrittsgefährdete Grubenbereiche, für die der thermomechanische Einfluss durch hydraulisch abbindenden wärmeentwickelnden Versatz auf die Integrität der Barriere bewertet werden muss. Die Bewertung kann jedoch durch Analogieschlüsse auf Basis der abdeckenden Berechnungen zum Zentralteil erfolgen, so dass eine gesonderte Berechnung des Südostfeldes nicht erforderlich ist.

**4.3 Grubengebäude Marie**

Die bereits weitgehend mit Salzhautwerk verfüllten Abbaue im Zentralbereich Marie werden über Bohrungen mit hydraulisch abbindendem Versatz verfüllt. Besondere Anforderungen an den Arbeitsschutz bestehen nicht, da nur noch in geringem Umfang unverfüllter Hohlraum vorhanden ist und in der Regel von unten nach oben verfüllt wird. Im Lager H, das bereits Lösungszutritte aufweist, ist insgesamt nur wenig Hohlraum vorhanden.

Für das Grubengebäude Marie liegen die Schnitte Ma SA 1 (Anlage 16) und Ma NA 1 (Anlage 17) vor. Der Schnitt Ma NA 1 enthält das Lager H. Eine Berechnung wird nicht durchgeführt.

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Stand sicherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

Begründung:

Im Zentralbereich Marie handelt es sich um zutrittsgefährdete Grubenbereiche, für die der thermomechanische Einfluss durch den hydraulisch abbindenden Versatz bewertet werden muss. Die Bewertung kann jedoch durch Analogieschlüsse auf Basis der abdeckenden Berechnungen zum Zentralteil Bartensleben erfolgen, so dass eine gesonderte Berechnung des Zentralbereichs Marie nicht erforderlich ist. Im Falle des Lager H wird eine Verbindung zum Deckgebirge bereits unterstellt, d.h. das Schutzziel Integrität ist bereits aufgegeben. Weiterhin ist die eingebrachte Wärmemenge auf Grund des geringen Hohlraumvolumens vergleichsweise gering. Die Verfüllung erfolgt von unten nach oben, so dass eine Berechnung zum Nachweis der Arbeitssicherheit ebenfalls nicht erforderlich ist.

ERFAHREN  
Morsleben

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	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	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

**5 Literatur**

- /1/ DBE  
Risswerk, Stand 30.06.2002
  
- /2/ BGR  
ERA Morsleben: Geowissenschaftliche Bewertung der Langzeitentwicklung sowie Zufluss- und Austrittsszenarien nach Verfüllung des Endlagers, 2002
  
- /3/ BGR  
ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ-Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen, Abschlussbericht zum AP 9M 21310015, Archiv-Nr. 117213, 1998
  
- /4/ BGR  
ERA Morsleben – Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells, Stand 31.12.1997
  
- /5/ Cristescu, Hunsche  
Time Effects in Rock Mechanics, Wiley & Sons, 1998
  
- /6/ DBE  
Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahmen der Stilllegung (Standsticherheit und Integrität), Stand 15.12.2005
  
- /7/ Spackeler, G  
Lehrbuch des Kali- und Steinsalzbergbaues, 2. Auflage, VEB Wilhelm Knapp Verlag, Halle 1957
  
- /8/ Mohr, F.  
Gebirgsmechanik, Hermann Hübener Verlag, Goslar 1963
  
- /9/ BGR  
Projekt ERA Morsleben: Szenarienanalyse – Geologische Langzeitbewertung und Ermittlung der Zuflussszenarien ohne technische Maßnahmen, Archiv-Nr.: 0119098, Tgb.-Nr.: 5979/99, Stand Juli 1999
  
- /10/ BGR:  
Projekt Gorleben: Kompaktion und Permeabilität von Salzgrus, Endbericht 1995-1997, Archiv-Nr. 116922, Tgb.-Nr. 10051/98, Februar 1998

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	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	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Blatt: 40

Berechnungsschnitten

- /11/ DBE  
Löserkataster, Stand 22.03.01
  
- /12/ BRP-Consult  
ERA Morsleben, Grube Bartensleben, Geotechnischer Bericht über bodenmechanische Untersuchungen an Versatzmaterial, Juni 1995
  
- /13/ Schmidt, M. W. et al.  
Geotechnical Investigations on the Backfilling of Workings in the Leine Rock Salt (Na<sub>3</sub>) at the Southern Flank of the Asse Research Mine, in: Geertmann, R. M. (Hrsg.), Salt 2000, Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Salt Symposium, Vol. II, Seite 1185 – 1186, Elsevier, 2000
  
- /14/ DBE  
Abschlussbericht zum Projekt BAMBUS, Teilprojekt Comparative Study on Crushed Salt (CS)<sup>2</sup>, DBE, Dezember 1999
  
- /15/ Schneider, K.-J.  
Bautabellen für Ingenieure mit europäischen und nationalen Vorschriften, Werner-Verlag, 11. Auflage 1994
  
- /16/ BRP Consult  
ERA-Morsleben, In-situ-Untersuchungen und Laborversuche an Steinsalzversatzmaterialien im „Abbau 2 südlich“, Geotechnischer Bericht, Projekt-Nr. 1279, Februar 1997
  
- /17/ BRP Consult  
ERA-Morsleben, In-situ-Untersuchungen und Laborversuche an Steinsalzversatzmaterialien im „Abbau 2 südlich“, Geotechnischer Bericht, Projekt-Nr. 1313, August 1997
  
- /18/ DBE  
Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten eines Einzelhohlraumes, Stand 27.03.2001
  
- /19/ Uhlenbecker, F.-W.  
Verformungsmessungen in der Grube und ergänzende Laboruntersuchungen auf dem Kaliwerk Hattorf (Werra Revier) im Hinblick auf eine optimale Festlegung des Abbauverlustes bei größtmöglicher Sicherheit der Grubenbaue, Fakultät Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen, TH Clausthal, 1968
  
- /20/ Gimm, W.  
Kali- und Steinsalzbergbau, Aufschluß und Abbau von Kali- und Steinsalzlagerstätten, Band I, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

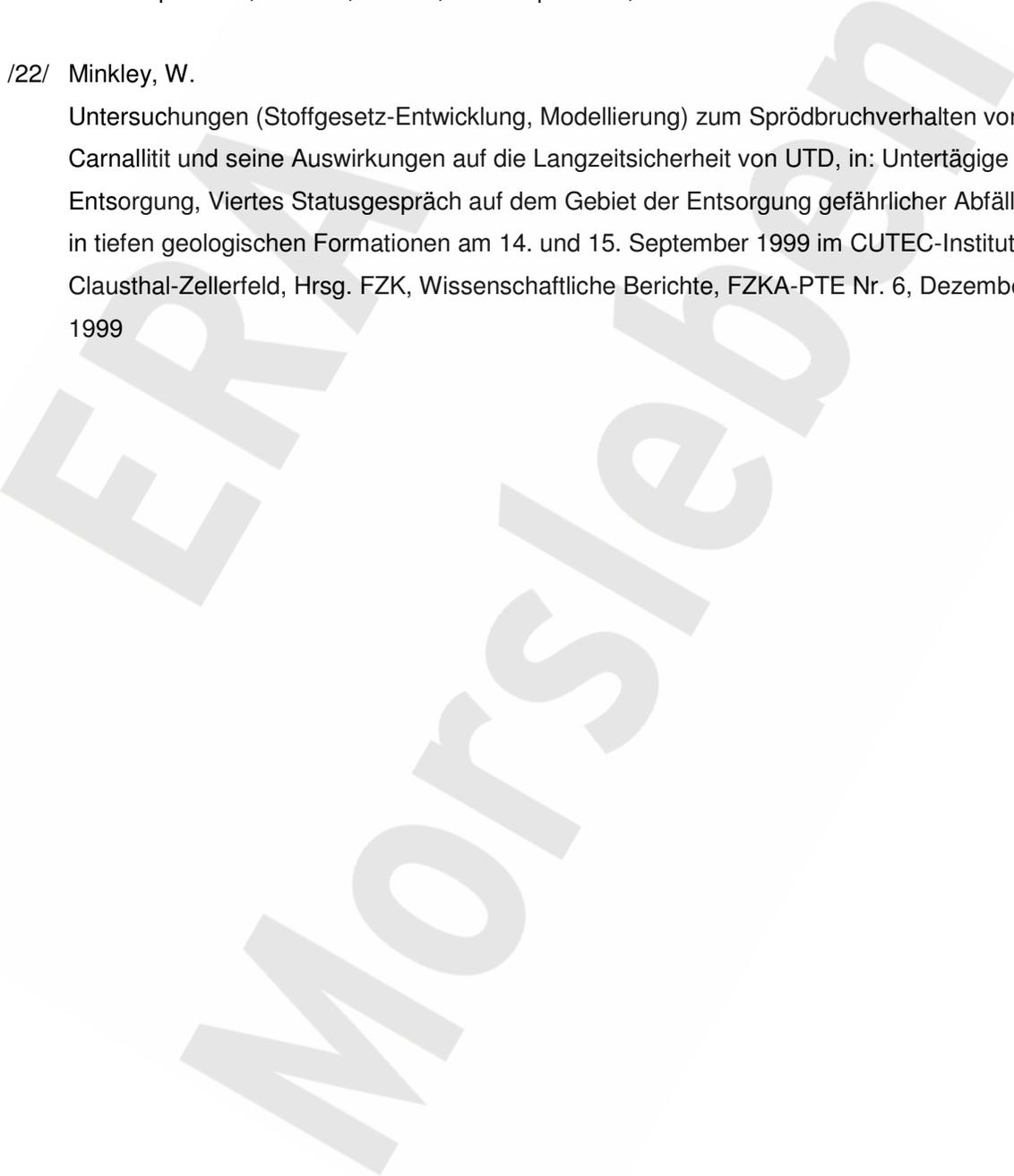
Berechnungsschnitten

/21/ Sulem, J., Vardoulakis, I.

Bifurcation Analysis of the Triaxial Test on Rock Specimens, France – US Workshop “Strain Localization and Size Effect Due to Cracking and Damage” (Preprints, Ecole Normale Supérieure, Cachan, France, 6.-9. September, 1988

/22/ Minkley, W.

Untersuchungen (Stoffgesetz-Entwicklung, Modellierung) zum Sprödbbruchverhalten von Carnallit und seine Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit von UTD, in: Untertägige Entsorgung, Viertes Statusgespräch auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen am 14. und 15. September 1999 im CUTEC-Institut in Clausthal-Zellerfeld, Hrsg. FZK, Wissenschaftliche Berichte, FZKA-PTE Nr. 6, Dezember 1999



Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22341021					GC	BZ	0030	02	

Berechnungsschnitten

**6 Glossar**

- Abbau:** Bezeichnung für einen durch bergmännische Tätigkeiten bei der Gewinnung von Kali- oder Steinsalz hergestellten Hohlraum
- Anhydrit:** Mineral und Gestein,  $CaSO_4$
- Bauzustand:** Zustand, der während der Baumaßnahme temporär auftritt
- Bruchkörper:** Gesteinskörper, der durch Trennflächen vom übrigen Gesteinverband getrennt ist
- Deckgebirge:** Die Lagerstätte überdeckende Gebirgsschichten
- Deviator:** Mathematische Größe; ein Tensor, in dem der hydrostatische Anteil abgespalten ist
- Dilatanzkriterium:** Grenzbedingung für das Auftreten von mikroskopischen Rissen, die zur Volumenvergrößerung und über Risswachstum innerhalb eines langen Zeitraums zum Versagensfall Bruch führen
- Dilatanz:** Volumenvergrößerung eines Körpers in Folge von mikrostrukturellen Änderungen wie Phasenumwandlungen oder Rissbildung
- Druckfestigkeit:** Festigkeit eines Materials unter Druckbeanspruchung
- Endzustand, stabiler:** Zustand eines (Trag)systems, in dem sich ein Zustand im Betrachtungszeitraum nicht mehr verschlechtert
- Firstfall:** Herabfallen von Gesteinsmaterial aus der Firste
- Fluidkriterium:** Grenzbedingung für das Öffnen von Rissen bei Fluiddruck
- Gebirge:** Komplexbezeichnung aller um das Grubengebäude herum anstehender Schichten
- Hauptverzerrung:** Werte des Verzerrungstensors nach Hauptachsentransformation
- Hydratationswärme:** Wärme, die als Folge exothermer Mineralreaktionen der Bindemittel (z. B. Zement, Flugasche) mit der Anmischflüssigkeit freigesetzt wird
- Kalilagerteil:** Bezeichnung für durch tektonische Vorgänge separiertes Teil des Kaliflözes
- Kontur:** Umriss(linie)
- Kriechbruch:** Bruch, der in Folge dissipativer Prozesse bei Kriechvorgängen auftritt
- Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium:** Grenzbedingung für die Bruchfestigkeit im Kurzzeitversuch
- Lode-Parameter:** Einheitenfreier Parameter zur Kennzeichnung des Verhältnisses von Spannungskomponenten
- Löser:** Gesteinsmasse, die in Folge von Trennflächen  
1. herabgefallen ist (gefallener Löser)  
2. möglicherweise herabfällt (hängender Löser)

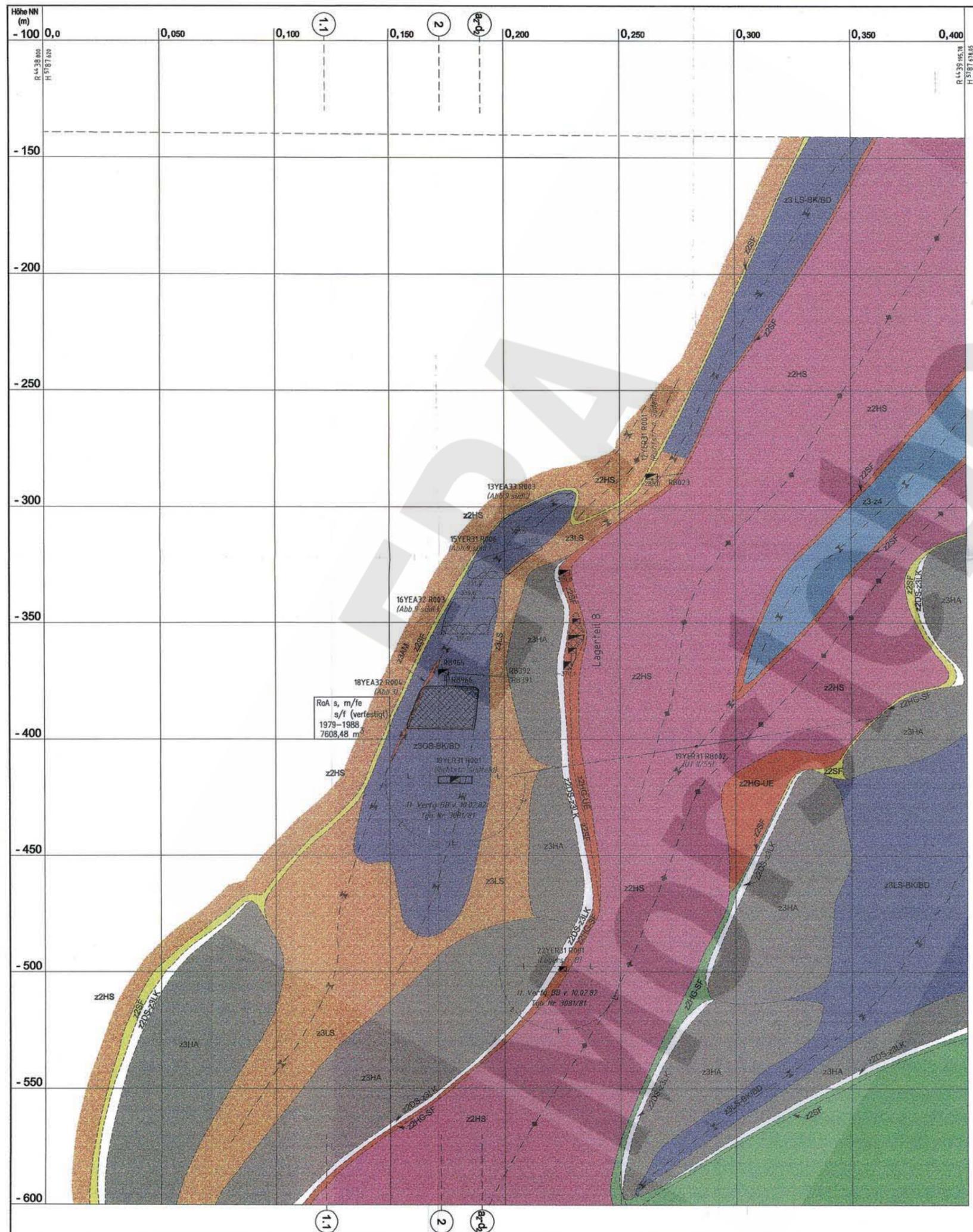
Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAXXX	AA	NNNN	NN
9M	22341021					GC	BZ	0030	02



Standsticherheits- u. Integritätsnachweis - Kriterien zur Auswahl v.

Berechnungsschnitten

<b>Pfeiler:</b>	Für eine bestimmte Zeit zur Sicherheit von Grubenbauen oder der Tagesoberfläche stehen bleibender Lagerstättenteil, der später abgebaut werden kann.
<b>Salzbarriere:</b>	Geologische Gegebenheit aus Salz zur Verhinderung von unzulässigen Freisetzungen
<b>Salzspiegel:</b>	Obere Grenzfläche diapirischer Salzkörper oder flach gelagerter Salzgesteine etwa parallel zum Grundwasserspiegel, entstanden durch flächenhafte Lösung des Salzgesteins
<b>Schwebe:</b>	Teil des Gebirges, der einen Grubenraum in der Firste zu einem darüber liegenden Grubenraum hin abschließt
<b>Sicherheitsanalyse, thermo-mechanische:</b>	Berechnungen und Untersuchungen möglicher Zustände, die zum Verlust der Standsticherheit oder Integrität führen können
<b>Spaltzugfestigkeit:</b>	Zugfestigkeit, die bei spezieller Versuchsanordnung (Spaltzugversuch) ermittelt wird
<b>Steinsalz:</b>	Salzmineral, NaCl, Halit
<b>Stilllegung:</b>	Alle Maßnahmen zum Sichern des Bergwerkes nach Einstellung des Betriebes
<b>Vergleichsverzerrung:</b>	Skalares Maß zur Bewertung von Verzerrungszuständen
<b>Versatz:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material für die Verfüllung oder Stützung von Grubenhohlräumen</li> <li>2. Verfüllung eines Grubenbaus (Versetzen)</li> </ol>
<b>Verzerrung:</b>	Änderung von Längen- und Winkelgrößen eines Körpers in Folge von Formänderungen des Körpers
<b>Zement:</b>	Hydraulisches Bindemittel. Anorganischer, fein aufbereiteter Stoff, der infolge chemisch-mineralogischer Reaktionen mit der Anmachflüssigkeit dauerhaft erhärtet
<b>Zugfestigkeit:</b>	Festigkeit eines Materials unter Zugbeanspruchung



Es gibt im Schnitt keine durch Kartierung belegten Schichtgrenzen.

**Geologie**  
 - - - - - Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich vermutet  
 - - - - - Sattelachse  
 - - - - - Muldenachse

**Kriechklassen**

5	1
4	0
3	BGR-Camallit
2	kein Kriechen

Kriechklassen in Anlehnung an das Profil 13 entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen in Labor und in situ. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9M 213 100 15, topogeologische Erkundung von Homogenbereichen"

4.4.0.1021 Kriechklassen						
gez.	04.07.00					
bearb.	03.07.00					
gepr.	07.07.00					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

4.4.0.1020 Geologischer Riss						
gez.	23.06.00					
bearb.	15.06.00					
gepr.	05.07.00					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

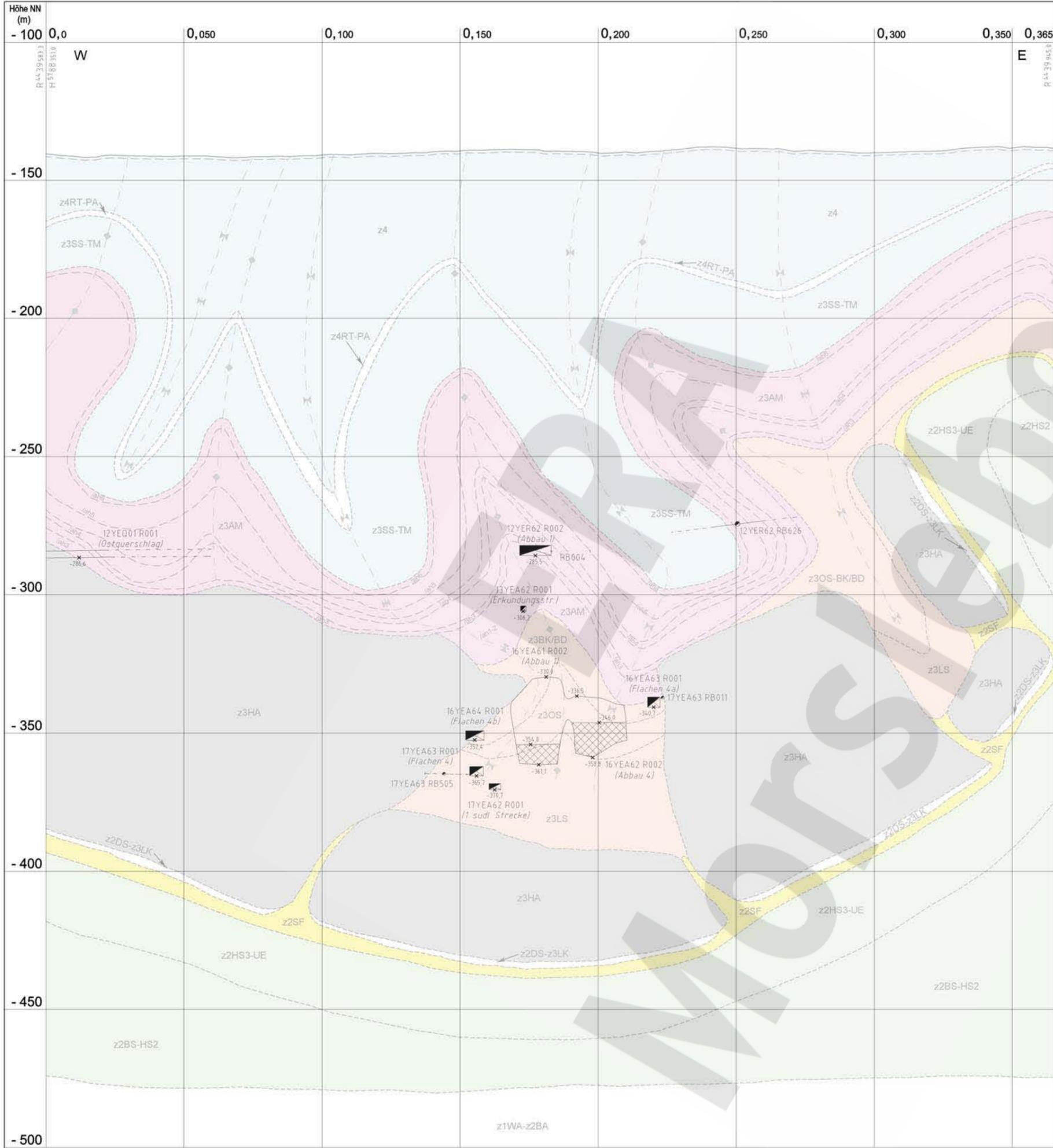
4.3.5.1065 Sonderschnitt SF9 S						
gez.	29.05.00					
bearb.	26.04.00					
gepr.	28.06.00					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

Freigabe		Freigabe DBE	
Datum / Unterschrift			
Basistab: 9M/GB/TY/0025			
BFS Bundesamt für Strahlenschutz			
Projekt: Morsleben			
gez.	Datum	Name / Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer Fremd
bearb.			
gepr.			
Maßstab: 1 : 1000	CAD-Nr.:	Titel:	
Blattgröße: 630 X 540	31336200	Sonderschnitt SF9 S Geologie Kriechklassen	
WF-Nr.:	000772.1		
Blatt 1 von 1 Blatt			
Klassifizierung: Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.			
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz.	Funktion
9 M			
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA Lfd. Nr. Rev.
GB TY 002700			
Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			







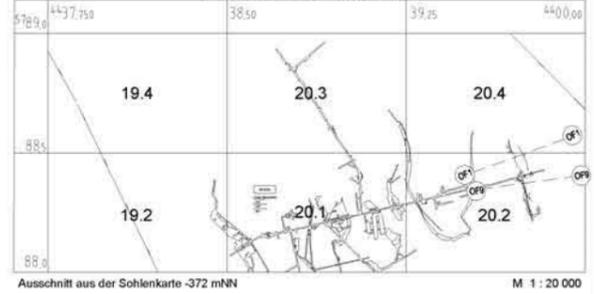


**Kriechklassen**

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1
- 0
- BGR-Carnallit
- kein Kriechen
- nicht bestimmt

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9M 213 100 15. Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen"

**Schnittspur im Blattschnitt Walbeck und Helmstedt Ost**



- Geologie**
- Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich interne Schichtgrenzen
  - Sattelachse
  - Muldenachse

Geologie gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells. Abschlussbericht 9M/99Y/H/BN/0004/00" mit "3. Anhang zum Abschlussbericht: Deformationsänderungen des strukturellen Baus im Bereich des Ostfeldes 9M/99Y/H/BN/0006/00" und aktuellen Kammerbefahrungen.

4.4.0.1051 Kriechklassen						
gez.	09.05.01					
bearb.	09.05.01		02	28.11.05	Farbkorrektur z305	Ah
gepr.	17.05.01		01	19.10.01	Überarbeitung der Geologie	Ah
Datum	Name / Unterschrift	Rev	Stand		Änderung	gepr.

4.4.0.1050 Geologie						
gez.	27.04.01					
bearb.	20.04.01					
gepr.	11.05.01		01	21.09.01	Überarbeitung i. Abstim. m. BGR	Ah
Datum	Name / Unterschrift	Rev	Stand		Änderung	gepr.

4.3.5.1080 Sonderschnitt OF 9						
gez.	13.11.00					
bearb.	07.11.00					
gepr.	15.11.00		01	09.05.01	Anpassung Blattformat	sw
Datum	Name / Unterschrift	Rev	Stand		Änderung	gepr.

Freigabe	Freigabe DBE
Datum / Unterschrift	

**Bundesamt für Strahlenschutz**

Projekt: **Morsleben**

Datum	Name / Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer	Fremd
gez.		Deckrissverfahren s.o.	
bearb.			
gepr.			

CAD-Nr. **39305500** Titel: **Sonderschnitt OF 9**

DokID: **11186857** **Geologie**

MF-Nr. **Kriechklassen**

Maßstab: **1 : 1000**

Blattgröße: **594 x 440**

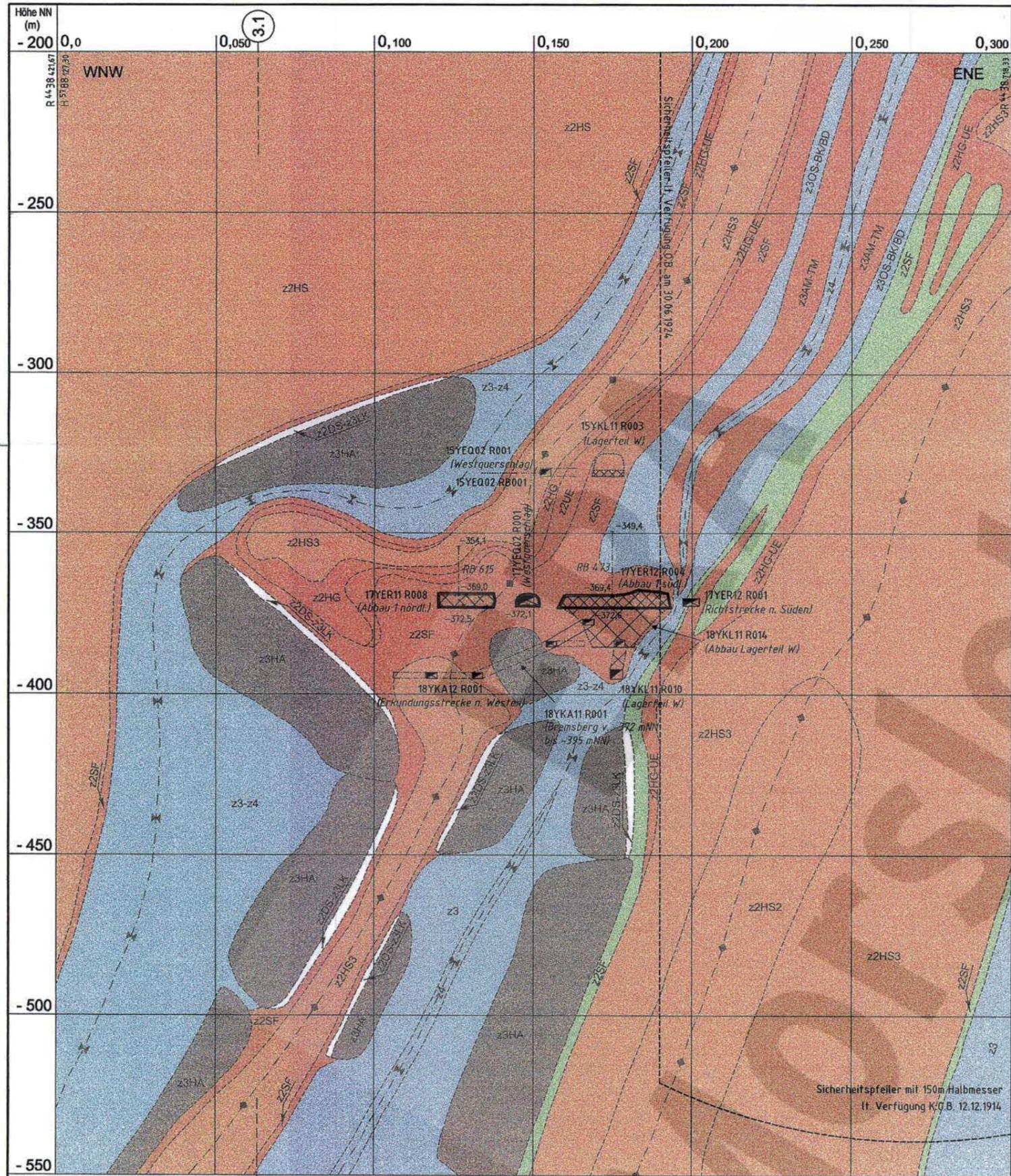
Blatt **1** von **1** Blatt Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.

Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz	Funktion
9 M			9 9 Y Z Z

Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.

**DBE** Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)

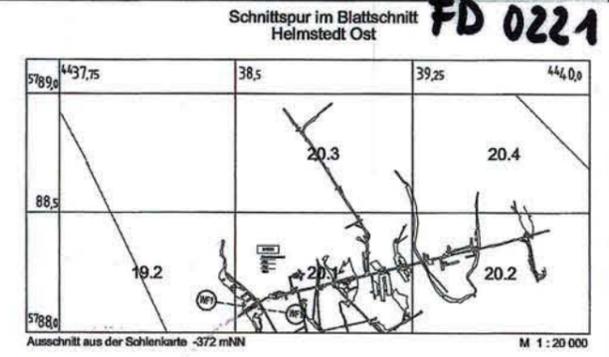
Hinweis zum PDF-Dokument: Die vorliegende PDF-Ausgabe des Dokuments kann im Maßstab und in der Farbwiedergabe von der Originalausgabe abweichen.



**Kriechklassen**

5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
0	0
BGR-Carnallit	
kein Kriechen	
nicht bestimmt	

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9M ZB 100 15; Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen"



**Geologie**

---	Spuren von Flächen
---	nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich
---	interne Schichtgrenzen
---	Sattelachse
---	Muldenachse

Geologie gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells, Abschlussbericht 9M/99Y/11/BN/0004/00"

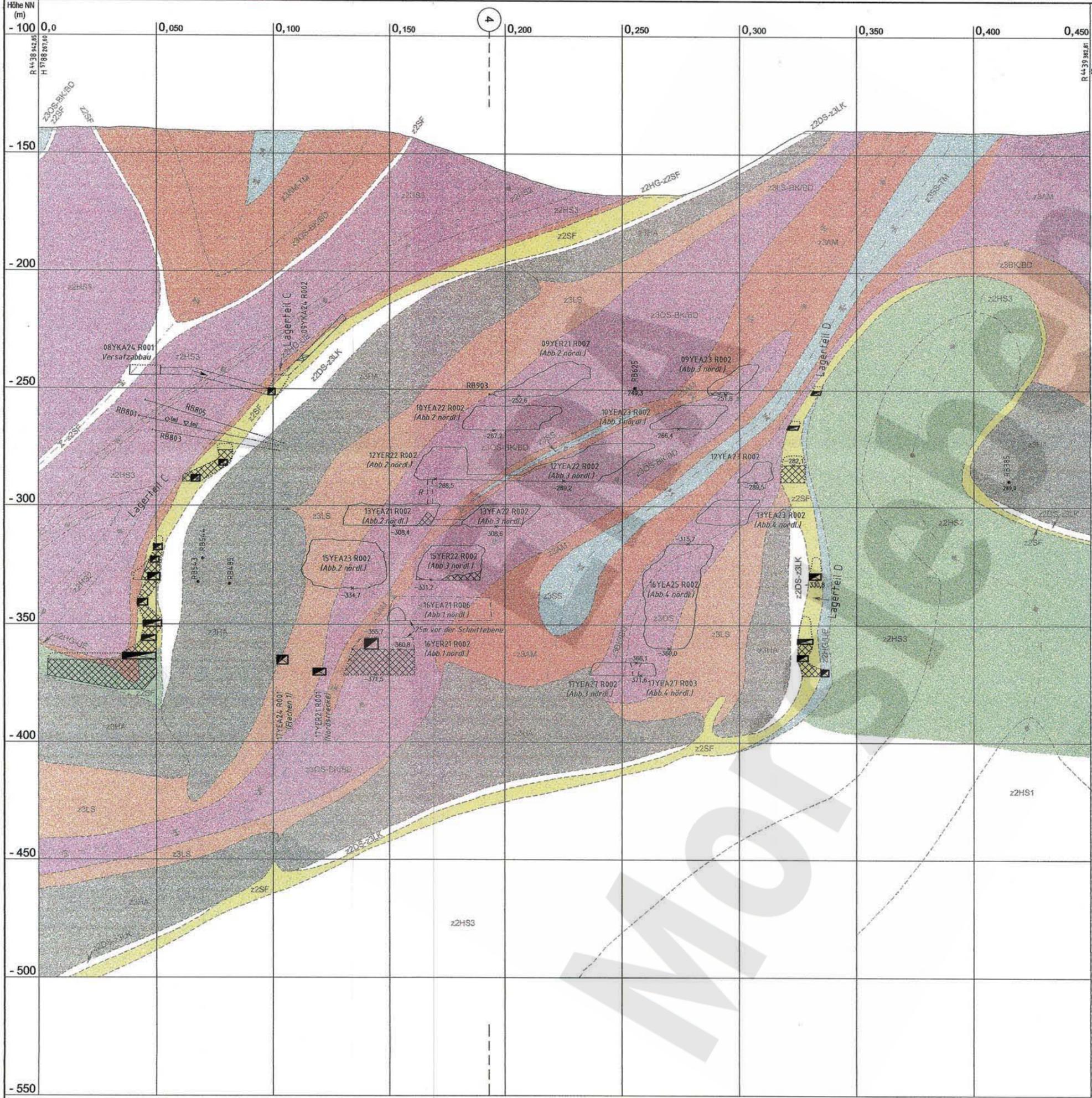
4.4.0.1063 Kriechklassen						
gez.	06.06.01					
bearb.	05.06.01					
gepr.	07.06.01					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

4.4.0.1062 Geologie						
gez.	01.06.01					
bearb.	29.05.01					
gepr.	06.06.01					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

4.3.5.1102 Sonderschnitt WF 1						
gez.	08.05.2001					
bearb.	12.04.2001					
gepr.	15.05.01					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

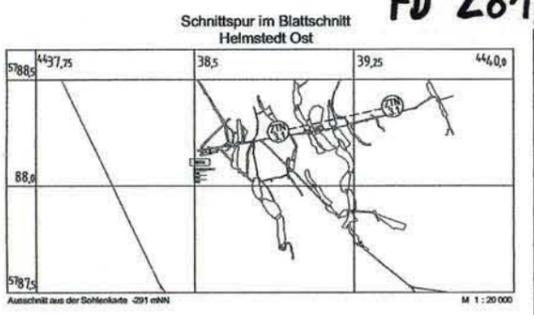
Freigabe	Freigabe DBE				
Datum / Unterschrift					
Basisplan: ULV 330499					
<b>BfS Bundesamt für Strahlenschutz</b>					
<b>Projekt: Morsleben</b>					
gez.	Name/Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer	Fremd		
bearb.	Deckrissverfahren s.o.				
gepr.					
Maststab	CAD-Nr.	Titel			
1 : 1000	33049900	<b>Sonderschnitt WF 1</b>			
Blattgröße		<b>Geologie</b>			
550 X 440		<b>Kriechklassen</b>			
WF-Nr.					
0007445					
Blatt 1 von 1 Blatt					
Klassifizierung					
Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.					
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz.	Funktion		
9 M			9 9 Y Z Z		
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
A A N N A	A A N N X	A A X X	A A	N N N N	N N N
				GB	TY 002700
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)					





- Kriechklassen**
- 5
  - 4
  - 3
  - 2
  - 1
  - 0
  - BGR-Camallit
  - kein Kriechen
  - nicht bestimmt

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9M 213 100 15; Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen"



- Geotechnik**
- Extensometerstation (in einer Bohrung)
  - Neigungsmessstation (in einer Bohrung)
- Geologie**
- Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich
  - Sattellachse
  - Muldenachse

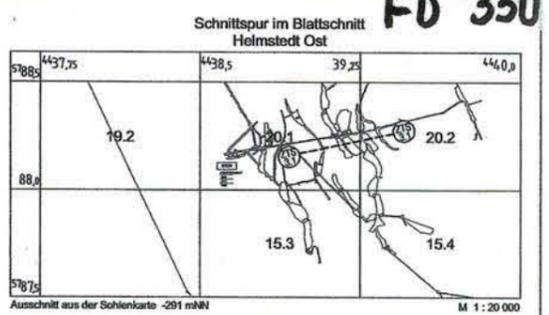
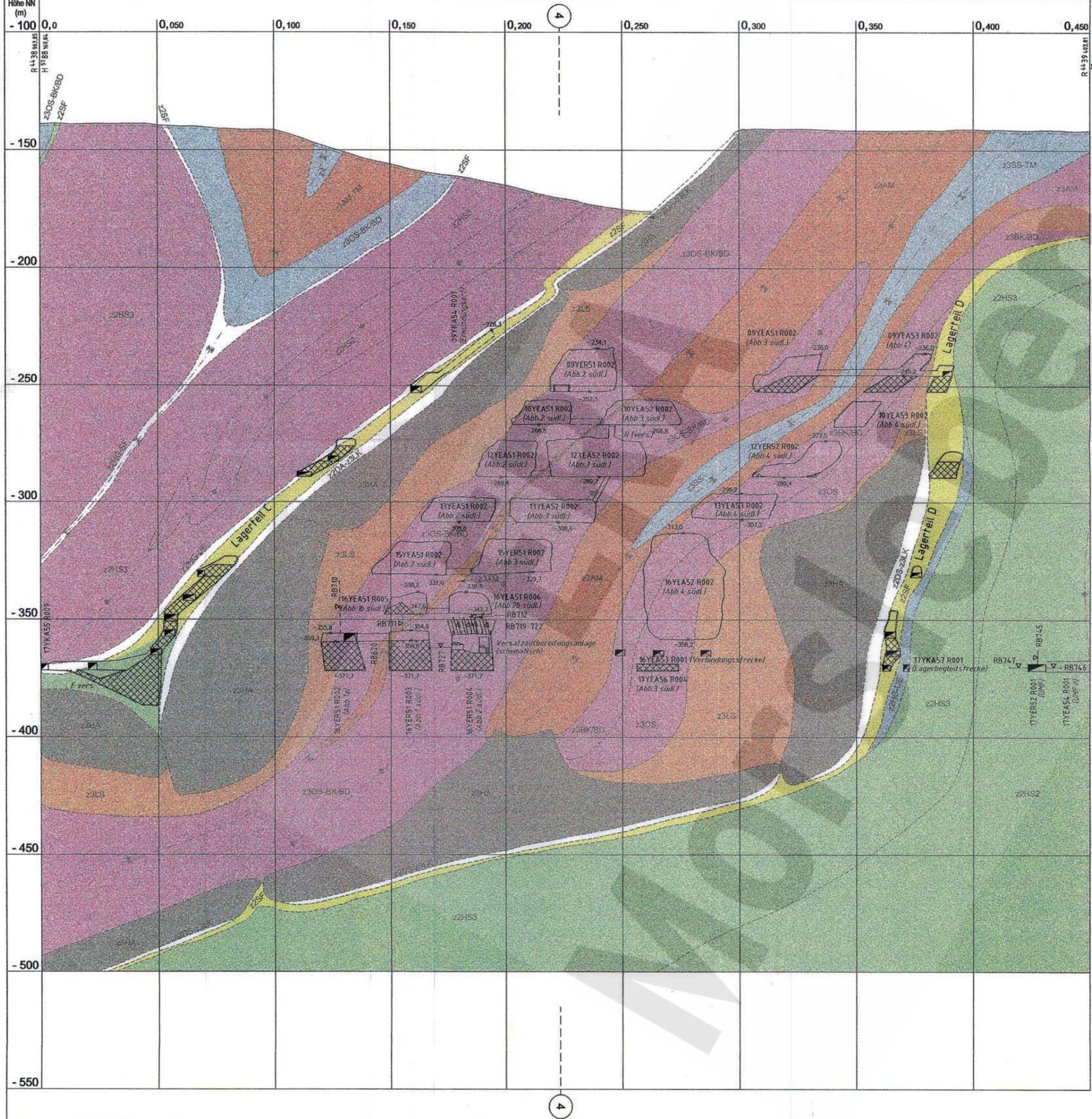
Geologie gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells, Abschlussbericht 9M/99Y/IV/BN/0094/99"

4.4.0.1013 Kriechklassen						
gez.	30.03.00					
bearb.	29.03.00					
gepr.	07.07.00		01	27.09.01	Layout, Überarbeitung Geologie	AB
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

4.4.0.1006 Geologie						
gez.	27.03.00					
bearb.	03.00					
gepr.	26.09.01					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

4.3.5.1062 Sonderschnitt ZTN-3.1						
gez.	26.02.00					
bearb.	21.02.00					
gepr.	06.04.00					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.	

Freigabe		Freigabe DBE	
Datum / Unterschrift			
Basistext:			
ULV 335 577 (Stand 09/2001)			
<b>BfS Bundesamt für Strahlenschutz</b>			
Projekt: <b>Morsleben</b>			
Datum	Name / Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer Freund	
gez.	Deckrissverfahren s.o.		
bearb.			
gepr.			
Maßstab	CAD-Nr.	Titel:	
1 : 1000	33557700	<b>Sonderschnitt ZTN-3.1</b>	
Blattgröße		<b>Geologie</b>	
680 X 490		<b>Kriechklassen</b>	
NF-Nr.			
L 0007634			
Blatt 1 von 1 Blatt			
Klassifizierung: Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.			
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz.	Funktion
9 M			
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA Lfd. Nr. Rev.
A A N N A	A A N N X	A A X X	A A N N N N N
<b>GB TY 002201</b>			
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			



- Geotechnik**  
 ▽ Extensometerstation (in einer Bohrung)
- Geologie**  
 --- Spuren von Flächen  
 - - - nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich  
 Sattelachse  
 - - - Muldenachse
- Kriechklassen**
- |   |               |
|---|---------------|
| 5 | 1             |
| 4 | 0             |
| 3 | BGR-Carnallit |
| 2 | kein Kriechen |

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen in Labor und in situ. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9M 213 100 15; Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen"

4.4.0.1012 Kriechklassen						
gez.	22.03.00					
bearb.	21.03.00					
gepr.	09.06.00		01	22.10.01	Überarbeitung der Geologie	Ah
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

4.4.0.1005 Geologie						
gez.	05.09.00					
bearb.	03.03.00					
gepr.	19.10.01					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

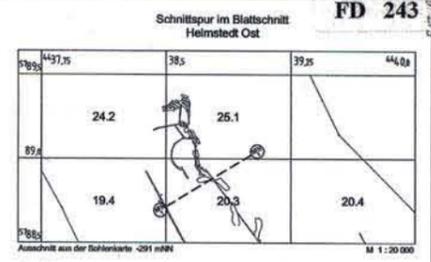
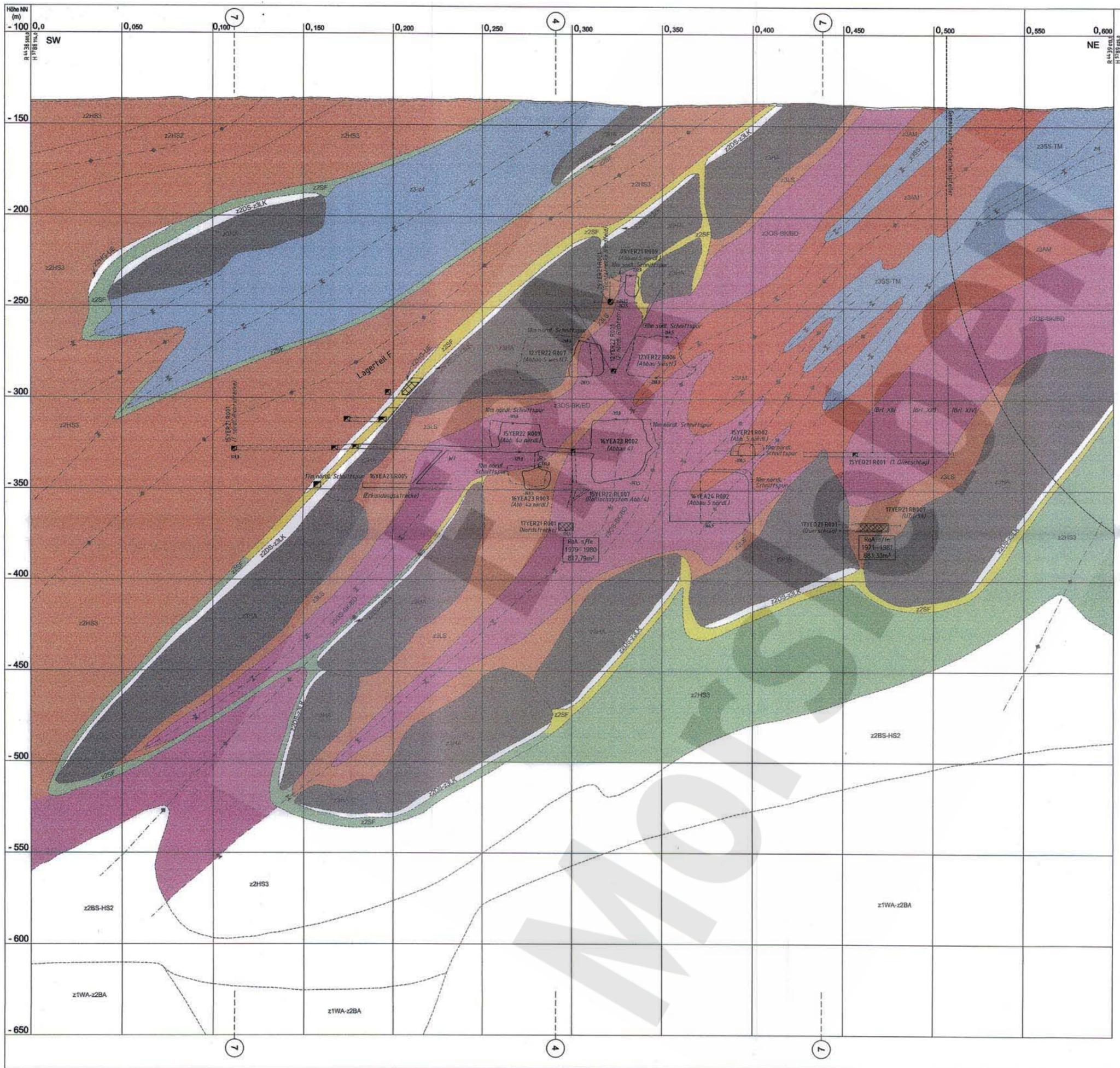
4.3.5.1061 Sonderschnitt ZTS-3.1						
gez.	24.02.00					
bearb.	21.02.00					
gepr.	31.03.00					
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung		gepr.

Freigabe		Freigabe DBE	
Datum / Unterschrift			
Basissplan: ULV 336 324 (Stand 10/01)			
BfS Bundesamt für Strahlenschutz			
Projekt: <b>Morsleben</b>			
gez.	Datum	Name / Unterschrift	Ersteller und Zeichnungsnummer Fremd
bearb.			
gepr.			
Maßstab <b>1 : 1000</b>	CAD-Nr. <b>33632400</b>	Titel: <b>Sonderschnitt ZTS-3.1 Geologie Kriechklassen</b>	
Blattgröße <b>680 X 490</b>	MF-Nr. <b>0007654</b>		
Blatt <b>1</b> von <b>1</b> Blatt			
Klassifizierung: Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor:			
Projekt	PSP-Element	Objekt-Kennz.	Funktion
9 M			
Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA Lfd. Nr. Rev.
A A N N N A	A A N N N X	A A X X A	A A N N N N
G B T Y 0 0 2 1 0 1			
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			









Geologie  
 - - - - - Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen; wahrscheinlich  
 - - - - - Sattelachse  
 - - - - - Muldenachse

Geologie gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "32A Helmstedt - Grabung eines geologischen Lagerstättenmodells, Abschlussbericht 94/997/936/005/007" und aktuellen Kameralfahrungen.

Lagerstätte und Geologie in Schnittebene projiziert.

Kriechklassen			
5	2	BGR-Camallit	
4	1	kein Kriechen	
3	0	nicht bestimmt	

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "32A Helmstedt - Grabung eines geologischen Lagerstättenmodells, Abschlussbericht 94/997/936/005/007" und aktuellen Kameralfahrungen in Labor und in situ. Ingenieurgeologische Erkundung von Hohlgesteinsräumen".

4.4.0.1034 Kriechklassen					
gez.	17.06.01				
berh.	30.03.01				
gepr.	04.04.01	01	14.08.01	Änderung der Geologie	gepr.
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.

4.4.0.1033 Geologie					
gez.	19.04.01				
berh.	18.04.01				
gepr.	08.04.01				
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.

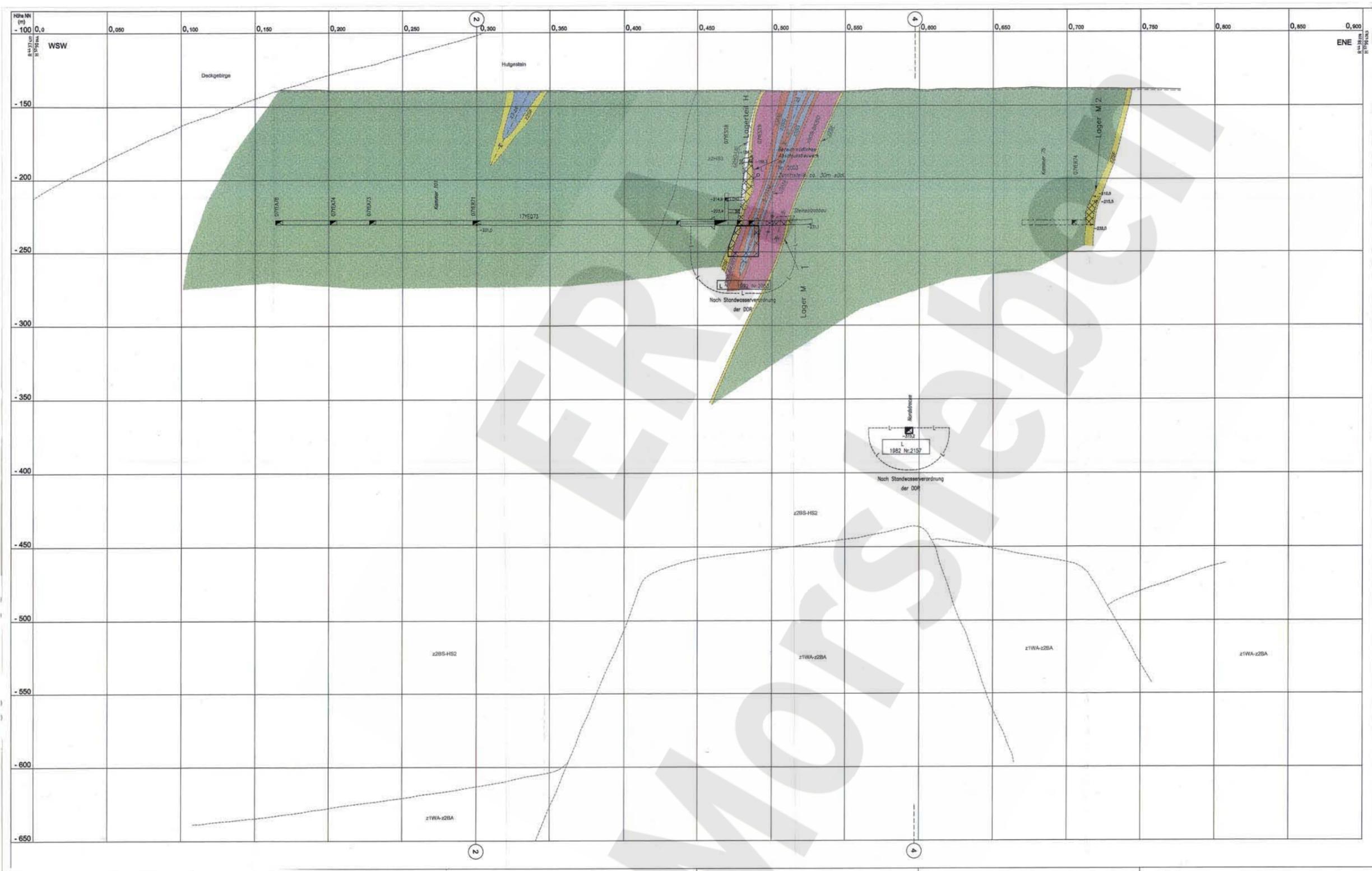
4.3.5.1079 Sonderschnitt NFN 1					
gez.	01.11.00				
berh.	16.10.00				
gepr.	18.11.00				
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand	Änderung	gepr.

Freigabe		Freigabe DBE	
Datum / Unterschrift			
Entwurf: ULV 334132 (Stand 08/07)			
<b>BfS Bundesamt für Strahlenschutz</b>			
<b>Morsleben</b>			
gez.	Datum	Name / Unterschrift	Erfasser und Zeichnungsnummer Freid
berh.			
gepr.			
Multitab	CAD-Nr.	Titel	
1 : 1000	33413200	Sonderschnitt NFN 1	
Blattgröße	DNV3	Geologie	
830 X 594		Kriechklassen	
WF-Nr.	I 007472		
Blatt	1 von 1 Blatt		
Klassifizierung: Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.			
Projekt	FSP-Element	Funktion	
9 M		9 9 Y Z Z	
A A B B R R A A B B R R X X A A B B R R			
G B T Y 0 0 1 5 0 1			
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			

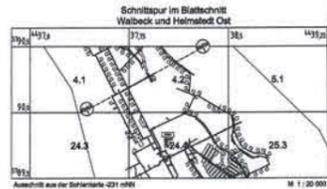








- Kriechklassen**
- 5
  - 4
  - 3
  - 2
  - 1
  - 0
- BGR-Cementit**
- kein Kriechen
  - nicht bestimmt



**Geologie**

- Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich
- interne Schichtgrenzen
- Saltationschneise
- Mäanderschneise

**Geologie**

Geologie gemäß dem Befund der Sondierung für Sondierarbeiten und Bohrungen, Messungen, Bohrungen, Erhaltung eines geologischen Lagerstättenfeldes, Abschleibebetrieb, etc. (BGR 402/1-2)

Lagerstätten und Geologie in Schriftform projiziert.

4.4.0.1056 Geologie						
gen.	16.03.01					
Stand.	20.03.01					
geg.	15.03.01					
Datum	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01

4.3.5.1057 Sondierschnitt Ma Na 1 (Rieswerk Schnitt 17)						
gen.	16.03.01					
Stand.	20.03.01					
geg.	15.03.01					
Datum	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01

4.4.0.1057 Kriechklassen						
gen.	16.03.01					
Stand.	20.03.01					
geg.	15.03.01					
Datum	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01	16.03.01

FD 0184

Projekt		Projekt Nr.	
Datum / Unterschrift		[Redacted]	
<b>BFS Bundesamt für Strahlenschutz</b> <b>Morsleben</b>			
Projekt: <b>Morsleben</b> gen.: [Redacted] Stand.: [Redacted] geg.: [Redacted]			
Maßstab: 1:1000		CAD Nr.: [Redacted]	
Kartgröße: 1125 x 594		Strahlenschutz: [Redacted]	
Projekt: 0917422		Titel: <b>Sondierschnitt Ma Na 1 Geologie Kriechklassen</b>	
Blatt: 1 von 1 Blatt		Für diese Zeichnung bestehen vier oder fünf Blätter vor	
Projekt: [Redacted]    Zeichnung: [Redacted]    Datum: [Redacted]    Blatt: [Redacted]			
9 M    9 9 Y Z Z A    B    C    D    E    F    G    H    I    J    K    L    M    N    O    P    Q    R    S    T    U    V    W    X    Y    Z    AA    AB    AC    AD    AE    AF    AG    AH    AI    AJ    AK    AL    AM    AN    AO    AP    AQ    AR    AS    AT    AU    AV    AW    AX    AY    AZ    BA    BB    BC    BD    BE    BF    BG    BH    BI    BJ    BK    BL    BM    BN    BO    BP    BQ    BR    BS    BT    BU    BV    BW    BX    BY    BZ    CA    CB    CC    CD    CE    CF    CG    CH    CI    CJ    CK    CL    CM    CN    CO    CP    CQ    CR    CS    CT    CU    CV    CW    CX    CY    CZ    DA    DB    DC    DD    DE    DF    DG    DH    DI    DJ    DK    DL    DM    DN    DO    DP    DQ    DR    DS    DT    DU    DV    DW    DX    DY    DZ    EA    EB    EC    ED    EE    EF    EG    EH    EI    EJ    EK    EL    EM    EN    EO    EP    EQ    ER    ES    ET    EU    EV    EW    EX    EY    EZ    FA    FB    FC    FD    FE    FF    FG    FH    FI    FJ    FK    FL    FM    FN    FO    FP    FQ    FR    FS    FT    FU    FV    FW    FX    FY    FZ    GA    GB    GC    GD    GE    GF    GG    GH    GI    GJ    GK    GL    GM    GN    GO    GP    GQ    GR    GS    GT    GU    GV    GW    GX    GY    GZ    HA    HB    HC    HD    HE    HF    HG    HH    HI    HJ    HK    HL    HM    HN    HO    HP    HQ    HR    HS    HT    HU    HV    HW    HX    HY    HZ    IA    IB    IC    ID    IE    IF    IG    IH    II    IJ    IK    IL    IM    IN    IO    IP    IQ    IR    IS    IT    IU    IV    IW    IX    IY    IZ    JA    JB    JC    JD    JE    JF    JG    JH    JI    JJ    JK    JL    JM    JN    JO    JP    JQ    JR    JS    JT    JU    JV    JW    JX    JY    JZ    KA    KB    KC    KD    KE    KF    KG    KH    KI    KJ    KK    KL    KM    KN    KO    KP    KQ    KR    KS    KT    KU    KV    KW    KX    KY    KZ    LA    LB    LC    LD    LE    LF    LG    LH    LI    LJ    LK    LL    LM    LN    LO    LP    LQ    LR    LS    LT    LU    LV    LW    LX    LY    LZ    MA    MB    MC    MD    ME    MF    MG    MH    MI    MJ    MK    ML    MM    MN    MO    MP    MQ    MR    MS    MT    MU    MV    MW    MX    MY    MZ    NA    NB    NC    ND    NE    NF    NG    NH    NI    NJ    NK    NL    NM    NN    NO    NP    NQ    NR    NS    NT    NU    NV    NW    NX    NY    NZ    OA    OB    OC    OD    OE    OF    OG    OH    OI    OJ    OK    OL    OM    ON    OO    OP    OQ    OR    OS    OT    OU    OV    OW    OX    OY    OZ    PA    PB    PC    PD    PE    PF    PG    PH    PI    PJ    PK    PL    PM    PN    PO    PP    PQ    PR    PS    PT    PU    PV    PW    PX    PY    PZ    QA    QB    QC    QD    QE    QF    QG    QH    QI    QJ    QK    QL    QM    QN    QO    QP    QQ    QR    QS    QT    QU    QV    QW    QX    QY    QZ    RA    RB    RC    RD    RE    RF    RG    RH    RI    RJ    RK    RL    RM    RN    RO    RP    RQ    RR    RS    RT    RU    RV    RW    RX    RY    RZ    SA    SB    SC    SD    SE    SF    SG    SH    SI    SJ    SK    SL    SM    SN    SO    SP    SQ    SR    SS    ST    SU    SV    SW    SX    SY    SZ    TA    TB    TC    TD    TE    TF    TG    TH    TI    TJ    TK    TL    TM    TN    TO    TP    TQ    TR    TS    TT    TU    TV    TW    TX    TY    TZ    UA    UB    UC    UD    UE    UF    UG    UH    UI    UJ    UK    UL    UM    UN    UO    UP    UQ    UR    US    UT    UY    UZ    VA    VB    VC    VD    VE    VF    VG    VH    VI    VJ    VK    VL    VM    VN    VO    VP    VQ    VR    VS    VT    VU    VV    VW    VX    VY    VZ    WA    WB    WC    WD    WE    WF    WG    WH    WI    WJ    WK    WL    WM    WN    WO    WP    WQ    WR    WS    WT    WU    WV    WW    WX    WY    WZ    XA    XB    XC    XD    XE    XF    XG    XH    XI    XJ    XK    XL    XM    XN    XO    XP    XQ    XR    XS    XT    XU    XV    XW    XX    XY    XZ    YA    YB    YC    YD    YE    YF    YG    YH    YI    YJ    YK    YL    YM    YN    YO    YP    YQ    YR    YS    YT    YU    YV    YW    YX    YZ    ZA    ZB    ZC    ZD    ZE    ZF    ZG    ZH    ZI    ZJ    ZK    ZL    ZM    ZN    ZO    ZP    ZQ    ZR    ZS    ZT    ZU    ZV    ZW    ZX    ZY    ZZ			
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			