


# Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

## Verfahrensunterlage

**Titel:** Konzept von Vorsorgemaßnahmen für die Stilllegung  
**Autor:** DBE  
**Erscheinungsjahr:** 2005a  
**Unterlagen-Nr.:** G 216  
**Revision:** 01  
**Unterlagenteil:**



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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	


		Blatt
<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>3</b>
<b>Verzeichnis der Abbildungen</b>		<b>4</b>
<b>Zusammenfassung</b>		<b>5</b>
1	Einleitung	6
2	Anwendbares technisches Regelwerk	8
2.1	Darstellung der Situation des ERAM bei der Stilllegung im Kontext des Regelwerks	8
2.2	Beobachtungsmethode	9
3	Gefahrenerkennung	11
3.1	Präzisierung der Gefahr	11
3.2	Vorgehensweise bei der Bewertung der Tragelemente	11
3.2.1	Schweben	11
3.2.2	Pfeiler	14
3.3	Kriterien für das Einsetzen von Sicherheitsmaßnahmen	17
4	Maßnahmen gegen die Gefahren	18
4.1	Löserfall/kleiner Firstfall	18
4.2	Schwebenverbruch/großer Firstfall	19
4.3	Pfeilerversagen/-verbruch	25
4.4	Sonstige außergewöhnliche Situationen	27
5	Konsequenzen der Vorsorgemaßnahmen auf Bergwerksbetrieb und Verfüllkonzept	28
6	Literaturverzeichnis	29
7	Glossar	32

Gesamtblattzahl dieser Unterlage: 35 Blatt

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>DBEM</b>
	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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

**Verzeichnis der Abbildungen**

	<b>Blatt</b>
Abbildung 4.1-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Löserfallgefahr	19
Abbildung 4.2-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Gefahr von Schwebenverbrauch	21
Abbildung 4.2-2: Versagenmechanismus nach /20/ mit Bezug auf die messtechnische Überwachung	23
Abbildung 4.2-3: Versagensmechanismus nach /20/ mit Bezug auf den mechanischen Zustand	23
Abbildung 4.2.4: Konvergenzraten vor Firstfall in der WIPP-site /20/	24
Abbildung 4.3-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Gefahr von Pfeilerversagen	26

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

**Stichworte**

Außergewöhnliche Situationen, Bauzustände, Beobachtungsmethode, Gefahrenerkennung, Stilllegungskonzept, Vorsorgemaßnahmen

**Zusammenfassung**


Im Rahmen der Stilllegung des ERAM ist vorgesehen, Abbaue mit stützendem Versatz aus Salzbeton zu verfüllen.

Zum Nachweis der Sicherheit der Bauzustände wurden thermomechanische Berechnungen durchgeführt. Die Berechnungen ergaben, dass es Tragelemente im Grubengebäude gibt, für die rechnerisch keine ausreichende Sicherheit zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes nachgewiesen werden kann.

Um trotzdem ein hinreichendes Sicherheitsniveau für die Sicherheit der Bauzustände zu gewährleisten, wurde ein Konzept von Vorsorgemaßnahmen entwickelt.

Im Rahmen des Konzeptes von Vorsorgemaßnahmen werden die möglichen Gefahren für die einzelnen Tragelemente sowie außergewöhnliche Situationen identifiziert und Möglichkeiten zur Gefahrenbegegnung bzw. zur Vermeidung außergewöhnlicher Situationen beschrieben.

Des Weiteren sind Kombinationen von Berechnungsergebnissen und in situ Befunden zusammengestellt, mit deren Hilfe lokationsspezifisch über die Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen und ihrer infrastrukturellen Vorbereitung entschieden werden kann. Der Zeitpunkt der Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen wird auf der Basis von in situ Befunden bzw. Messergebnissen festgelegt. Auf Grund der Langsamkeit der Bruchvorgänge (Kriechbruch) in den Tragelementen lässt sich abschätzen, dass ausreichend Zeit zur Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen verbleibt.

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

## 1 Einleitung

Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden zur Zeit die erforderlichen Maßnahmen für die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geplant. Zur Stützung ist die Verfüllung von Abbauen mit Salzbeton vorgesehen.

Für die Stilllegungsmaßnahmen ist die Sicherheit der Bauzustände nachzuweisen. Der Nachweis der Sicherheit der Bauzustände beinhaltet folgende Elemente


- Allgemeine Einschätzung (Befahrungen)
- Wirtsgesteinsuntersuchungen
- Berechnungen
- Messungen
- Vorsorgekonzept

Die in dieser Unterlage bearbeitete Aufgabenstellung beinhaltet die Entwicklung eines Konzeptes von Vorsorgemaßnahmen (Vorsorgekonzept) für die Stilllegung des ERAM mit dem Ziel, ggf. vorhandene Gefahren bzw. außergewöhnliche Situationen während der Verfüllung und danach bis zur endgültigen Stilllegung durch geeignete Maßnahmen zu beherrschen. Unter dem Begriff Gefahr wird im Folgenden ein potenziell schadenauslösender/s Zustand, Prozess oder Ereignis verstanden. Als außergewöhnliche Situation wird das Vorhandensein von Bedingungen bezeichnet, die wahrscheinlich nicht auftreten, für die ein potenziell schadenauslösender/s Zustand, Prozess oder Ereignis aber nicht ausgeschlossen werden kann.

Diese Untersuchungen sind deshalb erforderlich, da es sich bei dem ERAM um ein ehemaliges Gewinnungsbergwerk handelt und bei den Grubenteilen des ERAM Tragsysteme vorliegen, die nicht systematisch ausgelegt wurden. Deshalb ist das Sicherheitsniveau, das eine Auslegung eines Tragwerks automatisch berücksichtigt, nicht zwangsläufig gegeben und es sind genauere Betrachtungen bzw. die Entwicklung eines Vorsorgekonzeptes erforderlich. Dementsprechend sind systematisch nach technischem Regelwerk ausgelegte Konstruktionen, z. B. Verschlüsse der Abbauzugänge sowie die Verschlüsse von Rolllöchern, nicht Gegenstand der hier durchgeführten Betrachtungen.

Die Aufgabenstellung erfordert

- die Identifikation von Gefahren bzw. die Identifikation oder Festlegung außergewöhnlicher Situationen
- Kriterien für das Einsetzen von Vorsorgemaßnahmen
- das Aufführen von Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Gefahren bzw. außergewöhnlichen Situationen unter Berücksichtigung sinngemäß anzusetzender Regelwerke


Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

- die Bewertung der Dauer des Umsetzens von Vorsorgemaßnahmen

Es wird aufgeführt, welche Aspekte bei der Auswahl von Vorsorgemaßnahmen eine Rolle spielen und welche Auswirkungen auf den Bergwerksbetrieb und das Verfüllkonzept zu beachten sind.

In dieser Unterlage werden die einzelnen Schritte der Aufgabenstellung mit unterschiedlichem Tiefgang behandelt, alle Schritte sind jedoch auf methodischer Basis beschrieben. Eine detaillierte Planung der Vorsorgemaßnahmen erfolgt, wenn die für die Präzisierung der Planungen benötigten Daten, z. B. aus einem geplanten vorauslaufenden Messprogramm vorliegen.

ERA  
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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

## 2 Anwendbares technisches Regelwerk

In der SIA 260 /1/ Abschnitt 2.34 ist angegeben, mit welchen grundsätzlichen Maßnahmen Gefahren begegnet werden kann. Sie sind im Folgenden aufgeführt:


- a) Eliminieren der Gefahr durch Maßnahmen am Gefahrenherd selbst
- b) Umgehen der Gefahr durch Änderung der Absicht und/oder der Bauwerkskonzeption
- c) Bewältigen der Gefahr durch Überwachung, Kontrollen oder Warnsysteme usw.
- d) Überwältigen der Gefahr durch Vorhalten von Reserven
- e) Übernehmen der Gefahr als akzeptiertes Risiko

Die o. a. grundsätzlichen Maßnahmen zur Gefahrenbegegnung geben einen allgemeinen Überblick, sind aber noch nicht konkret in Vorsorgemaßnahmen umsetzbar. Da die SIA 260 eine Grundlage für die Entwicklung des europäischen technischen Regelwerkes darstellt, wurde recherchiert, ob das europäische Regelwerk der Geotechnik Präzisierungen angibt. Als Ergebnis der Recherche ist festzuhalten, dass Regelungen aus /2/3/4/5/6/ sinngemäß für die vorliegende Aufgabenstellung anwendbar sind.

### 2.1 Darstellung der Situation des ERAM bei der Stilllegung im Kontext des Regelwerks

Das geotechnische Regelwerk fordert neben einer allgemeinen Einschätzung (Befahrungsbericht) i.d.R. für geotechnische Baumaßnahmen eine angemessene Baugrunduntersuchung (Wirtsgesteinsuntersuchung), um quantitative geotechnische Angaben zum Zwecke der geotechnischen Analyse zu erhalten. Im Sinne dieser Regelung wurden für das ERAM Laboruntersuchungen zur Ermittlung der Materialeigenschaften /7/ der einzelnen stratigrafischen Einheiten durchgeführt und es erfolgte die ingenieurgeologische Zuordnung der Materialeigenschaften zu den stratigrafischen Einheiten in Form von Kriechklassen und der Festigkeiten /8/. Ergänzt wurden die Laboruntersuchungen durch geotechnische Messungen in-situ /9/.

Auf Basis der o. a. Untersuchungen wurden als geotechnische Analyse geotechnische Berechnungen durchgeführt /10/11/. Es zeigte sich, dass die Standsicherheit einzelner Tragelemente (Schweben, Pfeiler) auf Basis lokaler Kriterien - der Erfüllung des Dilatanzkriteriums entsprechen nur bruchlose Verformungen - für den Stilllegungszeitraum nicht nachgewiesen werden kann. Allerdings wird auch das lokale Kriterium der Kurzzeitbruchfestigkeit sowie die zulässige Zug- und Druckfestigkeit /12/13/14/ nur an einzelnen Stellen im Grubengebäude überschritten, so dass nach Durchführung der bGZ (bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil) mittelfristig keine kinematisch verschieblichen Teilsysteme zu erwarten sind. Dies wird in Standsicherheitsnachweisen für das verfüllte Endlager für einzelne Grubenteile gezeigt. Damit sind einzelne Tragelemente für die Sicherheit der Bauzustände maßgeblich. Somit ist es für das

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

Vorsorgekonzept hinreichend, sich auf die Betrachtung dieser einzelnen Tragelemente zu beschränken.

In Übereinstimmung mit den geotechnischen Befunden /15/ zeigen die durchgeführten Berechnungen /13/14/, dass die globale Standsicherheit längerfristig gegeben ist. In einigen Tragelementen des Zentralteils ERAM hat sich jedoch ein Spannungszustand eingestellt, der ein allmähliches Versagen in Folge Kriechbruch erwarten lässt, d. h. es ist mit allmählichen, sich ankündigenden lokalen und zonalen Brüchen zu rechnen, die einem Ermüdungsbruch vergleichbar sind. Gemäß /16/17/ handelt es sich damit um ein schadensverträgliches Tragwerk, da es in der Lage ist, allen Lasten mit zufriedenstellender Sicherheit zu widerstehen, bis Risse bei regelmäßiger Inspektion festgestellt und geeignete Abhilfemaßnahmen vor Auftreten eines Tragwerksversagens vorgenommen werden können. Damit ist bei Anwendung der Beobachtungsmethode und Aufstellung eines Vorsorgekonzeptes ein adäquates in der Technik übliches Sicherheitsniveau eingehalten, obwohl bereits Indikatoren für Versagen vorhanden sind.

Im übertragenen Sinne bedeutet das, dass bei Beobachtung bzw. Überwachung der Grubenbaue und bei Vorhandensein eines Vorsorgekonzeptes ein rheologischer Sicherheitsfaktor (Teilsicherheitsbeiwert für Materialermüdung) nicht berücksichtigt werden muss, wenn die Bereitschaft besteht, einen Grubenbau in angemessener Zeit zu räumen und kein Kredit von seiner weiteren Standsicherheit genommen wird. Die Verknüpfung zwischen Standzeit und rheologischem Sicherheitsfaktor ist z. B. in /18/ dargestellt.


## 2.2 Beobachtungsmethode

Die Beobachtungsmethode ist ein anerkanntes Sicherheitselement eines geotechnischen Sicherheitsnachweises, während sie als alleiniges Sicherheitselement unzulässig ist. Gemäß /4/ sind die Vorbereitungen für die Beobachtungsmethode vor Baubeginn vorzunehmen. Die Vorbereitungen beinhalten

- Ermittlung des voraussichtlichen Verhaltens (Standsicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers für einzelne Grubenteile)
- Festlegung von Grenzwerten zur Schadensverhinderung
- Aufstellung eines Messprogramms
- Aufstellung eines Kataloges von Gegenmaßnahmen (Konzept von Vorsorgemaßnahmen, Vorsorgekonzept)


Die Ableitung von Grenzwerten und Bandbreiten zur Schadensverhinderung ist nicht Gegenstand der vorliegenden Unterlage. Die Ableitung der Grenzwerte kann erst zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen werden, wenn vorlaufende Untersuchungen (Messungen, Kalibrierung der Berechnungen) abgeschlossen sind. Es ist jedoch offensichtlich, für welche Größen Grenzwerte festgelegt werden können. Sie sind nachstehend aufgeführt.



Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

Die wesentliche, ungünstige Beanspruchung der Tragelemente mit Ausnahme einzelner Pfeiler resultiert aus thermomechanischen Zwangsbeanspruchungen in Folge der Hydratationswärme des eingebrachten Versatzes. Insofern ist es sinnvoll, Signalwerte für Temperaturen abzuleiten als Maß für die einzuhaltende Größe der Einwirkungen. Die Temperatureinwirkung führt zu Verformungen. Verformungen können messtechnisch präzise erfasst werden. Die Verformungen und aus ihnen abgeleitete Größen sind im Sinne einer Vorwarnung interpretierbar. Aus diesem Grund ist es auch sinnvoll, verformungsbezogene Grenzwerte als Maß für die Beanspruchung abzuleiten. Dies gilt auch für die Pfeiler, obwohl sie neben temperaturbedingten Zwangsbeanspruchungen auch durch mechanische Lasten relevant beansprucht werden, wobei sich diese beiden Einwirkungen jedoch messtechnisch nicht trennen lassen. Für Spannungsmessungen Grenzwerte abzuleiten scheint auf der Basis des derzeitigen Standes der Technik nicht sinnvoll, da Spannungsmessungen eine zu geringe Aussagegenauigkeit im Hinblick auf ihre Interpretation aufweisen.

Im Zusammenhang mit den Vorsorgemaßnahmen sind Beobachtungen und Messungen eine Grundlage zur Abschätzung der zur Verfügung stehenden Zeit für die Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen. So ist die zur Verfügung stehende Vorwarnzeit der Zeitdauer für die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen gegenüberzustellen, um die technische Realisierbarkeit der Vorsorgemaßnahmen beurteilen und gewährleisten zu können.

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

### 3 Gefahrenerkennung

#### 3.1 Präzisierung der Gefahr

Um Gefahren bzw. außergewöhnliche Situationen mit Vorsorgemaßnahmen begegnen zu können bzw. geeignete Verfahren zur Gefahrenerkennung einsetzen zu können, müssen die Gefahr bzw. die außergewöhnlichen Situationen präzisiert werden. Unter Gefahr für die Sicherheit der Bauzustände in Folge des Verfüllprozesses wird im Folgenden verstanden

- Löserfall/Firstfall in Abbauen
- Schwebenverbruch
- Pfeilerversagen, d. h. eine maßgebliche Verminderung der Pfeilertragfähigkeit

Entsprechend der in Kapitel 2.1 vorgenommenen Bewertung beziehen sich die Gefahr bzw. die Vorsorgemaßnahmen auf einzelne Tragelemente unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit. Dabei wird nochmals darauf hingewiesen, dass hier die Gefahr nicht identisch ist mit außergewöhnlichen Situationen. Außergewöhnliche Situationen stellen hier im Vorfeld identifizierte Situationen dar, die wahrscheinlich nicht auftreten. Sie werden durch Sicherheitsbetrachtungen (Stand sicherheitsnachweise für das verfüllte Endlager für einzelne Grubenteile) /13/14/ nicht abgedeckt und werden deshalb im Rahmen des Vorsorgekonzeptes behandelt, weil nicht auszuschließen ist, dass aus ihnen eine Gefahr resultiert.

Als außergewöhnliche Situation ist identifiziert


- das Auftreten erhöhter thermischer Lasten, z. B. einer über einen längeren Zeitraum erhöhten Versatzeinbringtemperatur in Folge extrem heißer Wetterlagen.

#### 3.2 Vorgehensweise bei der Bewertung der Tragelemente

##### 3.2.1 Schweben

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Gefahr eines Löserfalls/kleinen Firstfalls in Folge der Verfüllung des über einer Schweben liegenden Abbaus grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann und deshalb eine entsprechende Vorsorgemaßnahme umgesetzt wird.

Um die Planung der Vorsorgemaßnahmen weiter präzisieren zu können, ist eine Bewertung vorzunehmen, ob ein Schwebenverbruch oder ein größerer Firstfall nicht ausgeschlossen werden kann. Für eine erste Bewertung der Schweben werden Berechnungsergebnisse herangezogen und durch Befahrungsergebnisse ergänzt, wobei zu beachten ist, dass einzelne (Mik-

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

ro)risse die Festigkeit noch nicht herabsetzen /19/. Mit Hilfe dieser ersten Bewertung wird entschieden, ob genauere Untersuchungen erforderlich sind.

Zur ersten Klassifizierung der Schweben werden ausschließlich die Berechnungsergebnisse herangezogen. Die Befahrungsergebnisse werden lediglich dahingehend überprüft, ob sie im Widerspruch zu den Berechnungsergebnissen stehen, d. h. sie werden im Sinne einer Plausibilitätsprüfung für Berechnungsergebnisse verwendet. Die Einzelschritte der ersten Klassifizierung sind im Folgenden unter a) beschrieben.


Für die Schweben, für die bei der ersten Klassifizierung kein hinreichendes Sicherheitsniveau ausgewiesen werden kann, werden zusätzliche, genauere Untersuchungen (z. B. Sondierungen, Radarmessungen) und genauere Betrachtungen zur Bewertung herangezogen. Auf Grundlage der Bewertung der Berechnungsergebnisse und der in situ Befunde wird über die Planung von Vorsorgemaßnahmen entschieden. Die Einzelschritte der weitergehenden Bewertung sind unter b) aufgeführt.

**a) Bewertung der Berechnungsergebnisse**

Bei Hauptverzerrungen kleiner 2-3% werden für die Bewertung der Schweben die Zugspannungen und das Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium herangezogen /12/. Liegen die Verzerrungen unter einem Wert von 2-3%, können Schweben identifiziert werden, für die das erforderliche Sicherheitsniveau gegeben ist sowie Schweben, für die weitergehende Untersuchungen bzw. weitere Sicherheitselemente erforderlich sind.

Fallunterscheidung für Zugspannungen

- Bemessungswert  $\geq$  lokal vorhandene Zugspannungen  
→ Keine Maßnahmen erforderlich
- Bemessungswert  $<$  lokale Zugspannungen  $\wedge$  Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  Bemessungswert  
→ Inspektion und bei Vorschädigung Überprüfung der Lastaufnahmekapazität angrenzender Bereiche, ggf. lokale Maßnahmen, um Lastverteilung der Spitzenwerte oder Aufnahme der Spitzenwerte zu ermöglichen (Ankerung)
- Bemessungswert  $<$  Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  charakteristischer Wert  
→ Erforderliches Sicherheitsniveau ist nicht ausgewiesen, weitergehende Untersuchungen und genauere Betrachtungen sind erforderlich.

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

- Charakteristischer Wert < Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes
- Erforderliches Sicherheitsniveau ist signifikant unterschritten, weitergehende Untersuchungen und genauere Betrachtungen sind erforderlich.

Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium

Bei Hauptverzerrungen von unter 2 - 3 % wird weiterhin die Kurzzeitbruchfestigkeit /12/ herangezogen, um auch mehrachsige Spannungszustände zu bewerten. Bei Unterschreiten der Kurzzeitbruchfestigkeit in repräsentativen Querschnitten sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich.

Dilatanzkriterium

Bei Hauptverzerrungen größer 2 - 3 % wird als spannungsbezogenes Kriterium das Dilatanzkriterium auf Basis der Mikrorissgrenze herangezogen. Wird die Dilatanzgrenze (Mikrorissgrenze) in repräsentativen Querschnitten nicht erreicht, sind ebenfalls keine weiteren Untersuchungen erforderlich, da ausreichend Tragreserven zur Verfügung stehen.

**b) Bewertung der Berechnungsergebnisse für die Bauzustände und der in situ Befunde**

Wenn das erforderliche Sicherheitsniveau rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, lassen sich die Schweben unter Einbeziehung der in situ Befunde und des Kriteriums der Zustandsverbesserung /12/ im Hinblick auf Vorsorgemaßnahmen wie folgt klassifizieren:

1. Fall

Keine statisch relevanten Trennflächen und rechnerische Zustandsverbesserung durch die Stilllegung

→ keine Vorsorgemaßnahmen erforderlich

2. Fall


Keine statisch relevanten Trennflächen und rechnerische Zustandsverschlechterung durch die Stilllegung oder statisch relevante Trennflächen und Zustandsverbesserung

→ gezielte messtechnische Überwachung und Planung von Vorsorgemaßnahmen ohne infrastrukturelle Vorbereitung

3. Fall

Statisch relevante Trennflächen mit weit fortgeschrittener Bruchkörperbildung und rechnerische Zustandsverschlechterung

→ gezielte messtechnische Überwachung und Planung von Vorsorgemaßnahmen mit infrastruktureller Vorbereitung

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

### 3.2.2 Pfeiler


Um die Planung der Vorsorgemaßnahmen präzisieren zu können, ist eine Bewertung vorzunehmen, ob ein Pfeilerversagen nicht ausgeschlossen werden kann, d. h. es ist eine Klassifizierung der Pfeiler vorzunehmen. Für die erste Bewertung der Pfeiler werden Berechnungsergebnisse herangezogen und durch Befahrungsergebnisse ergänzt, wobei zu beachten ist, dass einzelne (Mikro)risse die Festigkeit noch nicht herabsetzen /19/. Mit Hilfe dieser ersten Bewertung wird entschieden, ob genauere Untersuchungen der Pfeiler erforderlich sind.

Zur ersten Klassifizierung der Pfeiler werden ausschließlich die Berechnungsergebnisse herangezogen. Die Befahrungsergebnisse werden lediglich dahingehend überprüft, ob sie im Widerspruch zu den Berechnungsergebnissen stehen, d. h. sie werden sinngemäß als Plausibilitätsprüfung für die Berechnungsergebnisse verwendet. Die Einzelschritte der ersten Klassifizierung sind im Folgenden unter a) beschrieben.

Für die Pfeiler, für die bei der ersten Klassifizierung kein hinreichendes Sicherheitsniveau ausgewiesen werden kann, werden zusätzliche, genauere Untersuchungen (z. B. Sondierungen, Radarmessungen) zur Bewertung herangezogen. Auf Grundlage der Bewertung der Berechnungsergebnisse und der in situ Befunde wird über die Planung von Vorsorgemaßnahmen entschieden. Die Einzelschritte der weitgehenden Bewertung sind unter b) aufgeführt.

#### a) Bewertung der Berechnungsergebnisse

Bei Hauptverzerrungen kleiner 2-3 % werden für die Bewertung der Pfeiler die Druckspannungen, die Zugspannungen und das Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium herangezogen /12/. Liegen die Verzerrungen unter einem Wert von 2-3 %, wobei für carnallitische Pfeiler ohne genauere Untersuchungen geringere Verzerrungen angesetzt werden, können Pfeiler identifiziert werden, für die das erforderliche Sicherheitsniveau gegeben ist sowie Pfeiler, für die weitergehende Untersuchungen bzw. weitere Sicherheitselemente erforderlich sind.


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 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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

Fallunterscheidung für Druckspannungen

- Bemessungswert  $\geq$  lokal vorhandene Druckspannungen  
 → Keine Maßnahmen erforderlich
- Bemessungswert  $<$  lokale Druckspannungen  $\wedge$  Druckspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  Bemessungswert  
 → Inspektion und bei Vorschädigung Überprüfung der Lastaufnahmekapazität angrenzender Bereiche, ggf. lokale Maßnahmen, um Lastverteilung der Spitzenwerte oder Aufnahme der Spitzenwerte zu ermöglichen (Ankerung)
- Bemessungswert  $<$  Druckspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  charakteristischer Wert  
 → Erforderliches Sicherheitsniveau ist nicht ausgewiesen, weitergehende Untersuchungen sind erforderlich.
- Charakteristischer Wert  $<$  Druckspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  
 → Erforderliches Sicherheitsniveau ist signifikant unterschritten, weitergehende Untersuchungen und genauere Betrachtungen sind theoretisch erforderlich.

Fallunterscheidung für Zugspannungen

- Bemessungswert  $\geq$  lokal vorhandene Zugspannungen  
 → Keine Maßnahmen erforderlich
- Bemessungswert  $<$  lokale Zugspannungen  $\wedge$  Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  Bemessungswert  
 → Inspektion auf Vorschädigung und Überprüfung der Lastaufnahmekapazität angrenzender Bereiche, ggf. lokale Maßnahmen, um Lastverteilung der Spitzenwerte oder Aufnahme der Spitzenwerte zu ermöglichen (Ankerung)
- Bemessungswert  $<$  Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes  $\leq$  charakteristischer Wert

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

- Erforderliches Sicherheitsniveau ist nicht gegeben, weitergehende Untersuchungen sind erforderlich.
- Charakteristischer Wert < Zugspannungen im Mittel eines repräsentativen Querschnittes
- Erforderliches Sicherheitsniveau ist signifikant unterschritten, weitergehende Untersuchungen und genauere Betrachtungen sind theoretisch erforderlich.

Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium

Bei Hauptverzerrungen von unter 2 – 3 % wird weiterhin die Kurzzeitbruchfestigkeit /12/ herangezogen, um auch mehrachsige Spannungszustände zu bewerten. Bei Unterschreiten der Kurzzeitbruchfestigkeit in repräsentativen Querschnitten sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich.

Dilatanzkriterium

Bei Hauptverzerrungen größer 2 – 3 % wird als spannungsbezogenes Kriterium das Dilatanzkriterium auf Basis der Mikrorissgrenze herangezogen. Wird die Dilatanzgrenze (Mikrorissgrenze) in repräsentativen Querschnitten nicht erreicht, sind ebenfalls keine weiteren Untersuchungen erforderlich, da ausreichend Tragreserven zur Verfügung stehen.

**b) Bewertung der Berechnungsergebnisse für die Bauzustände und der in situ Befunde**

Wenn das erforderliche Sicherheitsniveau rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, lassen sich die Pfeiler im Hinblick auf die Vorsorgemaßnahmen unter Einbeziehung der in situ Befunde und des Kriteriums der Zustandsverbesserung /12/ wie folgt klassifizieren:


1. Fall

Keine statisch relevanten Trennflächen und rechnerische Zustandsverbesserung

→ keine Vorsorgemaßnahmen erforderlich

2. Fall

Keine statisch relevanten Trennflächen und rechnerische Zustandsverschlechterung oder statisch relevante Trennflächen und rechnerische Zustandsverbesserung

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

→ gezielte messtechnische Überwachung und Planung von Vorsorgemaßnahmen ohne infrastrukturelle Vorbereitung

3. Fall

Statisch relevante Trennflächen und rechnerische Zustandsverschlechterung

→ gezielte messtechnische Überwachung und Planung von Vorsorgemaßnahmen mit infrastruktureller Vorbereitung

**3.3 Kriterien für das Einsetzen von Sicherheitsmaßnahmen**


Das Einsetzen von Sicherheitsmaßnahmen muss an Hand von Signal- bzw. Grenzwerten festgelegt werden. Um diese Werte beurteilen zu können, muss im vorliegenden Fall einer thermomechanischen Fragestellung das wahrscheinliche Verhalten auf der Basis von Messungen und Berechnungen im Vorfeld prognostiziert werden. Um diese Daten zu erhalten, ist ein Messprogramm vorzusehen. Die Messdaten werden im Rahmen der Umsetzung des Messprogramms mit den Daten der rechnerischen Prognosen verglichen, die Berechnungen ggf. kalibriert und auf dieser Grundlage eine Prognose des zukünftigen Verhaltens vorgenommen, zahlenmäßig bewertet und eine zulässige Schwankungsbreite festgelegt.

Eine beschleunigte Zunahme von Verformungen bzw. eine Erhöhung abgeleiteter Größen wie Verformungsgeschwindigkeiten und –beschleunigungen über die im Vorfeld prognostizierte Schwankungsbreite hinaus, ist das Kriterium für das Einsetzen von Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung der Gefahr von Firstfällen oder Pfeilerversagen bzw. den daraus resultierenden Auswirkungen.

Außergewöhnliche Situationen sind gesondert zu betrachten. Sie resultieren z. B. aus zu großen Temperaturerhöhungen und sind durch den Sicherheitsnachweis nicht abgedeckt. Deshalb werden die Temperaturerhöhungen in Folge der Hydratationswärme kontrolliert. Als obere Grenze für das Einsetzen von Sicherheitsmaßnahmen dienen dabei Temperaturen bzw. Wärmemengen, die dem rechnerischen Sicherheitsnachweis zu Grunde liegen. Die zulässige Schwankungsbreite wird im Rahmen des Vergleichs von Mess- und Berechnungsergebnissen noch ermittelt.

Firstfälle und Pfeilerversagen sind im vorliegenden Fall keine außergewöhnlichen Situationen, da sie auch bei planmäßigem Verlauf der Stilllegungsmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden können.



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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

#### 4 Maßnahmen gegen die Gefahren

##### 4.1 Löserfall/kleiner Firstfall

Die notwendige Vorsorge gegen Schäden an Leben und Gesundheit und damit die Sicherheit der Bauzustände gegenüber der Gefahr Löserfall/kleiner Firstfall wird gewährleistet, indem diejenigen Abbaue, die unter Abbauen liegen, die gerade befüllt werden, gesperrt werden. Diese Maßnahme sollte grundsätzlich während der Befüllung darüber liegender Abbaue mit Versatzmaterial ergriffen werden. Eine Gefahr für Leben und Gesundheit ist dann grundsätzlich ausgeschlossen; eine Vorwarnzeit ist nicht erforderlich.

Besteht für den unten liegenden Abbau nach Verfüllung des oben liegenden Abbaus keine Nutzungsanforderung mehr, kann der unten liegende Abbau abgeworfen werden, die Gefahr ist vermieden.

Im Falle des Bestehens einer Nutzungsanforderung handelt es sich bei der Sperrung der Abbaue ggf. um eine vorübergehende Maßnahme, so dass der Zeitpunkt der Aufhebung der Maßnahme festgelegt werden muss. Wenn der Versatzkörper in dem darüber liegenden Abbau hinreichende Festkörpereigenschaften aufweist, kann die Sperrung aufgehoben werden. Bei einer Verfüllung mit Salzbeton sind spätestens nach einem Monat hinreichende Festkörpereigenschaften erreicht. Allerdings müssen auf Grund des thermischen Einflusses der Hydratationswärme anschließend bergbauübliche Sicherheitsmaßnahmen wie Inspektion und Beraubung stattfinden. Soll der unten liegende Abbau längerfristig bergmännisch genutzt werden, sind auf Grund des langsam abklingenden Einflusses der Hydratationswärme bergmännische Sicherheitsmaßnahmen in definierten Zeitabständen vorzusehen. Bergmännische Sicherheitsmaßnahmen in definierten Zeitabständen stellen ein ausreichendes Sicherheitselement dar, da das Abfließen der Hydratationswärme ein kontinuierlicher Prozess ist und keine sprunghaften Änderungen mehr eintreten. Liegt die Temperaturänderung aus dem Abfließen der Hydratationswärme im Rahmen der wetterbedingten jährlichen Temperaturschwankungen /12/ bzw. im Bereich von Temperaturerhöhungen, die im Rahmen normaler bergmännischer Arbeiten auftreten, sind die aus den Bauzuständen resultierenden thermischen Einwirkungen abgeklungen, so dass die normalen bergbauüblichen Sicherheitsmaßnahmen ausreichend sind.

In Abbildung 4.1-1 ist ein Schema für die Auswahl geeigneter Vorsorgemaßnahmen in Abhängigkeit von der Gefahr und der späteren Nutzung der Grubenbaue gegeben. Daraus ergibt sich zwangsläufig mindestens eine Vorsorgemaßnahme als Lösungsoption.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBEM
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 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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

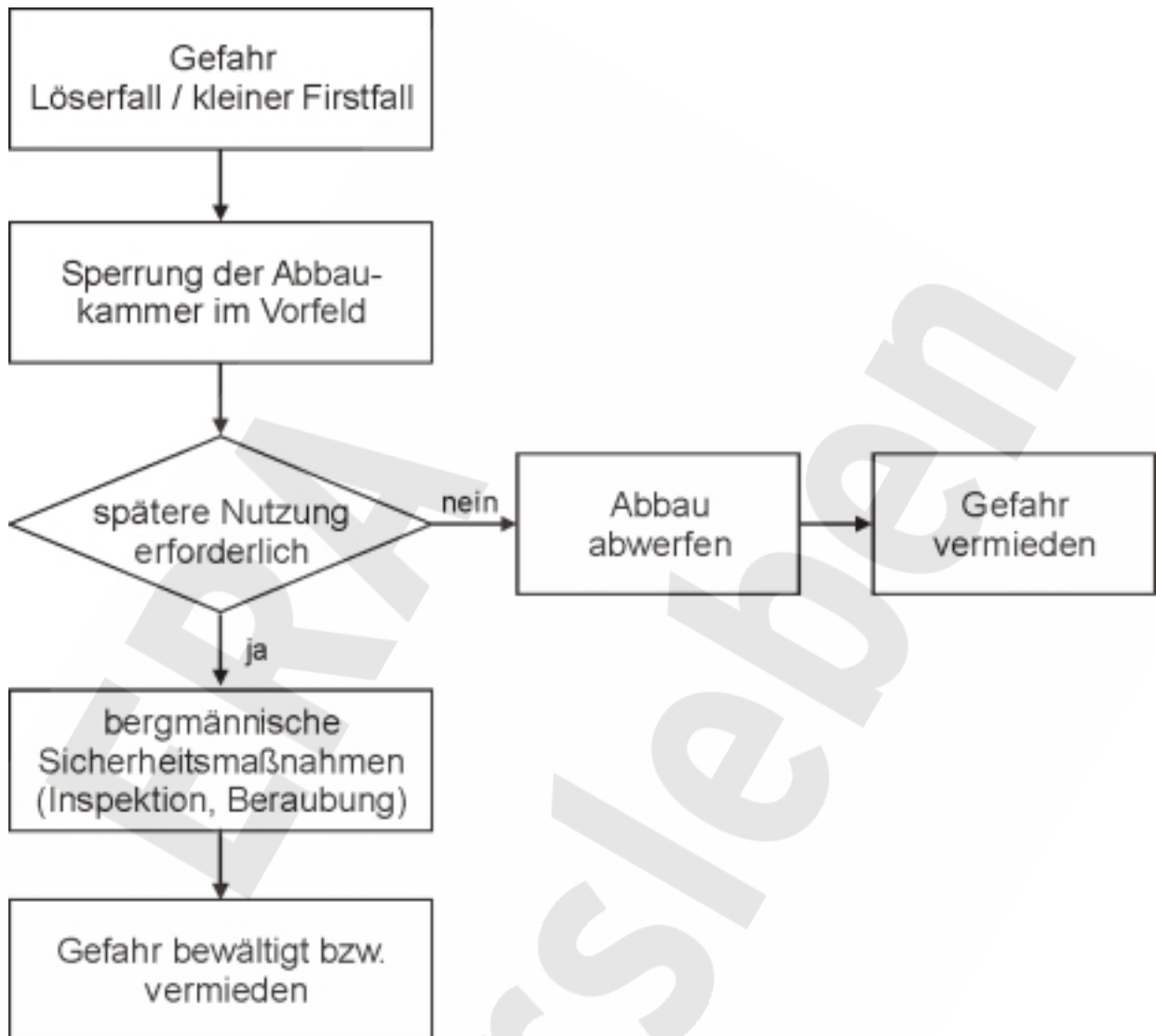



Abbildung 4.1-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Löserfallgefahr

#### 4.2 Schwebenverbrauch/großer Firstfall

Die notwendige Vorsorge gegen Schäden an Leben und Gesundheit und damit die Sicherheit der Bauzustände gegenüber der Gefahr Schwebenverbrauch/großer Firstfall in Abbauen, die unter Abbauen liegen, die gerade befüllt werden, wird durch nachstehende Vorsorge- bzw. Sicherheitsmaßnahmen gewährleistet:

- dauerhaftes Sperren, ggf. qualifiziertes Verschließen der Abbauzugänge oder weiträumiges Absperren
- Befüllen des unten liegenden Abbaus

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 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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

- Ankerung der Schwebe (die Ankerung der Schwebe verzögert den Schwebenverbrauch bzw. große Firstfälle zeitlich, verhindert sie aber nicht /20/) vor Verfüllung des Abbaus
- Umfahrung des unten liegenden Abbaus

Besteht für den unten liegenden Abbau keine Nutzungsanforderung mehr, ist zu prüfen, ob ein Schwebenverbrauch zu Folgeversagen führen kann. Kann Folgeversagen ausgeschlossen werden, ist es ausreichend, den Abbau dauerhaft und ggf. weiträumig zu sperren oder eine qualifizierte Abmauerung (Verschluss) zu erstellen. Damit ist die Gefahr vermieden. Ist Folgeversagen zu befürchten, ist als Vorsorgemaßnahme der unten liegende Abbau zu verfüllen. Damit ist die Gefahr ebenfalls vermieden.

Im Falle des Bestehens einer Nutzungsanforderung ist zu prüfen, für welche Dauer eine Nutzungsanforderung besteht und ob Folgeversagen durch Schwebenverbrauch zu befürchten ist. Kann Folgeversagen ausgeschlossen werden, ist in Abhängigkeit der Dauer der Nutzungsanforderung eine durch Messsysteme unterstützte Ankerung eine geeignete Vorsorgemaßnahme. Kündigt sich kein Schwebenverbrauch aus den Messergebnissen an, ist die Gefahr bewältigt. Bei Ankündigung von Schwebenverbrauch kann der Abbau rechtzeitig qualifiziert abgedichtet oder weiträumig abgesperrt werden. Damit ist die Gefahr vermieden. Ist Folgeversagen nicht ausgeschlossen, kann die Nutzungsanforderung aufgegeben werden, in dem eine Umfahrung des Abbaus durch Neuauffahrung durchgeführt wird. Damit kann der Abbau verfüllt werden und die Gefahr ist vermieden.

In Abbildung 4.2-1 ist ein Schema für die Auswahl geeigneter Vorsorgemaßnahmen in Abhängigkeit von der Gefahr und der späteren Nutzung der Grubenbaue gegeben. Daraus ergibt sich zwangsläufig mindestens eine Vorsorgemaßnahme als Lösungsoption. Bei mehreren Lösungsoptionen kann nach Zeit- bzw. Kostengesichtspunkten entschieden werden.

Im Folgenden wird die technische Realisierbarkeit der vorgeschlagenen Vorsorgemaßnahmen unter dem Aspekt der zur Verfügung stehenden und der benötigten Zeit für die Umsetzung der Vorsorgemaßnahme geprüft. Es ist festzuhalten, dass sich die Schweben im Zustand des Kriechbruchs befinden und damit ein sich ankündigendes Bruchverhalten aufweisen (schadensverträgliches Tragwerk).

Vorliegende empirische Daten /20/21/ zeigen, dass sich vor einem Verbrauch einer Schwebe das Tragsystem verändert, d. h. vorhandene Systemreserven aus einer lokalen und zonalen statischen Unbestimmtheit der Schwebe oder ihrer Teile bauen sich ab, z. B. durch Keilbildung (Abbildungen 4.2-2 und 4.2-3). Die Vorstufe zur Entwicklung eines freien Bruchkörpers ist die Entwicklung eines statisch bestimmten Systems. Der aktuelle Entwicklungsstand des Tragsystems wird durch Vorerkundung in situ bestimmt, z. B. durch Radarmessungen, die Aufschluss über eine evtl. Vorschädigung geben.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02

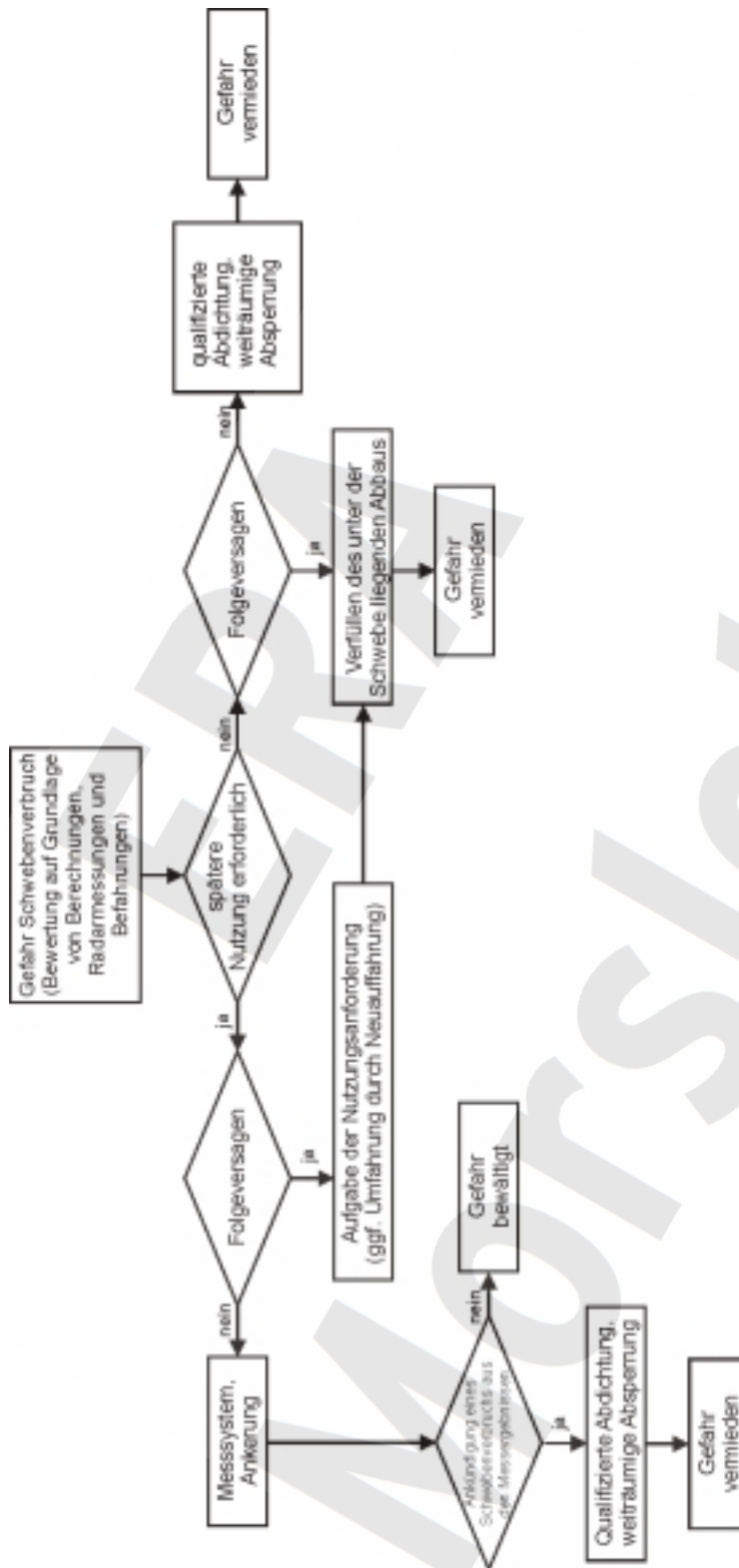



Abbildung 4.2-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Gefahr von Schwereverbruch  
 (Der Ausdruck „ja“ ist im Sinne einer Abfrage mit Verzweigung zu verstehen. Inhaltlich steht er im Einzelfall für „nicht ausgeschlossen“)

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

Die Gefahr eines Schwebenverbruchs ist an das Eintreten von weiteren Bruchvorgängen gebunden. Bruchvorgänge sind mit dilatanten Gefügeauflockerungen in den Schweben verknüpft. Die Volumenvergrößerungen können durch Verformungsmessungen erfasst werden. Beschleunigen sich die dilatanten Vorgänge signifikant, muss vom Einsetzen einer tertiären Kriechphase ausgegangen werden. Das rechtzeitige Erkennen des Beginns der tertiären Kriechphase und die Extrapolation auf den Zeitpunkt des Schwebenverbruchs bzw. des größeren Firstfalls ist auf empirischer Basis möglich /20/. Voraussetzung dafür ist ein geeignetes Überwachungsprogramm mit einem zeitlichen Vorlauf von ca. 2 Jahren, vgl. Abbildung 4.2-4.

Die empirischen Daten aus der WIPP-site /20/ und die am dortigen Standort vorhandenen hohen Konvergenzraten lassen unter der Voraussetzung nicht abgeschlossener Keil- bzw. Bruchkörperbildung die Schlussfolgerung zu, dass unter den Bedingungen des ERAM ein Firstfall wie er in der WIPP-site stattgefunden hat, bei vorheriger in situ Erkundung und messtechnischer Überwachung ein bis zwei Jahre im voraus erkannt werden kann.

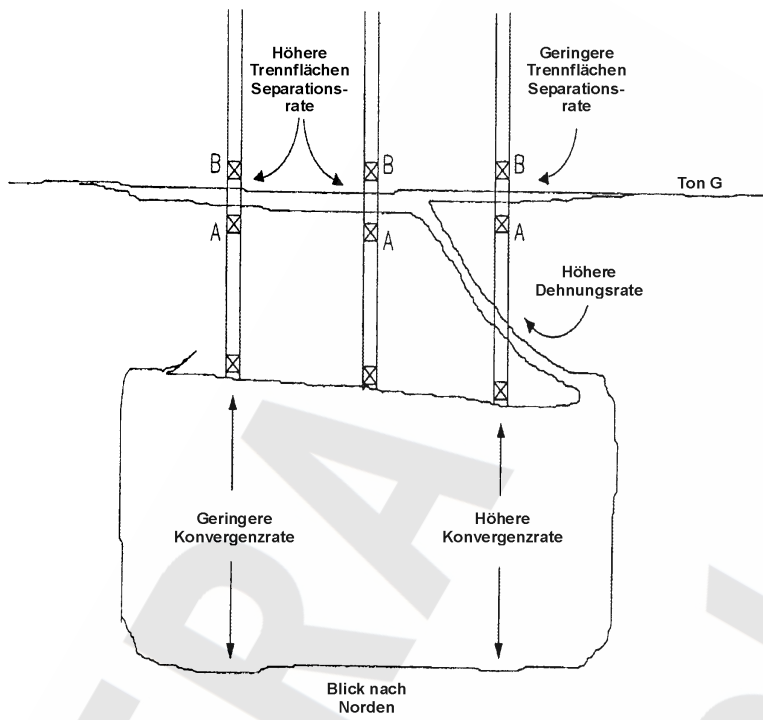
Im folgenden werden Zeitdauern für die Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen bewertet. Grundlage für die Bewertung ist eine zur Verfügung stehende Vorwarnzeit von 1 bis 2 Jahren.

Die genaue Dauer für das Erstellen einer qualifizierten Abmauerung (Verschluss) einzelner Abbaue muss noch im Rahmen der Planung der Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen ermittelt werden, aber es kann bereits abgeschätzt werden, dass die benötigte Zeit für die Abmauerung geringer ist als die zur Verfügung stehende Zeit. Damit ist die Vorsorgemaßnahme realisierbar.

Im Falle einer Verfüllung unten liegender Abbaue ist ebenfalls die Frage zu klären, ob ausreichend Zeit zur Verfügung steht. Abschätzungen hinsichtlich der Verfüllleistung zeigen, dass bei einzelnen Abbauen mit einigen Monaten Verfülldauer gerechnet werden muss; hinzu kommt der Zeitaufwand für die erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen. In Abhängigkeit vom Grad der Vorbereitung der Infrastrukturmaßnahmen ist die Umsetzung dieser Vorsorgemaßnahme realisierbar.

Eine Ankerung der Schweben ist nur im Vorfeld sinnvoll, ihre Wirksamkeit kann wie im Abbau 2s am Standort der Versatzaufbereitungsanlage überwacht werden, z. B. durch Extensometer /9/20/. Hierfür steht ausreichend Zeit zur Verfügung, Anhaltswerte bieten die Ankerungsmaßnahmen am Standort der Versatzaufbereitungsanlage und im Ostfeld. So ist bei einer Ankerdichte von 1 Anker pro 6 m<sup>2</sup> und Einsatz der Hubbühne bei hohen Abbauen > 4 m mit einer Ankerleistung pro Schicht von 20 m<sup>2</sup> inkl. Beraubung zu rechnen; wird die Hubbühne nicht benötigt, kann von einer Leistung von 50 m<sup>2</sup> pro Schicht ausgegangen werden.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02



Schematisch - nicht maßstäblich

Abbildung 4.2-2: Versagensmechanismus nach /20/ mit Bezug auf die messtechnische Überwachung

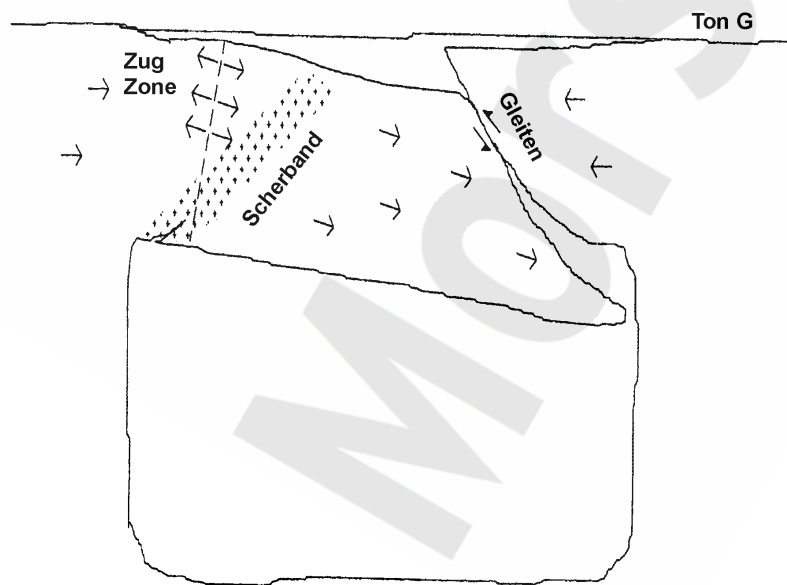


Abbildung 4.2-3: Versagensmechanismus nach /20/ mit Bezug auf den mechanischen Zustand

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02



### Vertikalkonvergenz

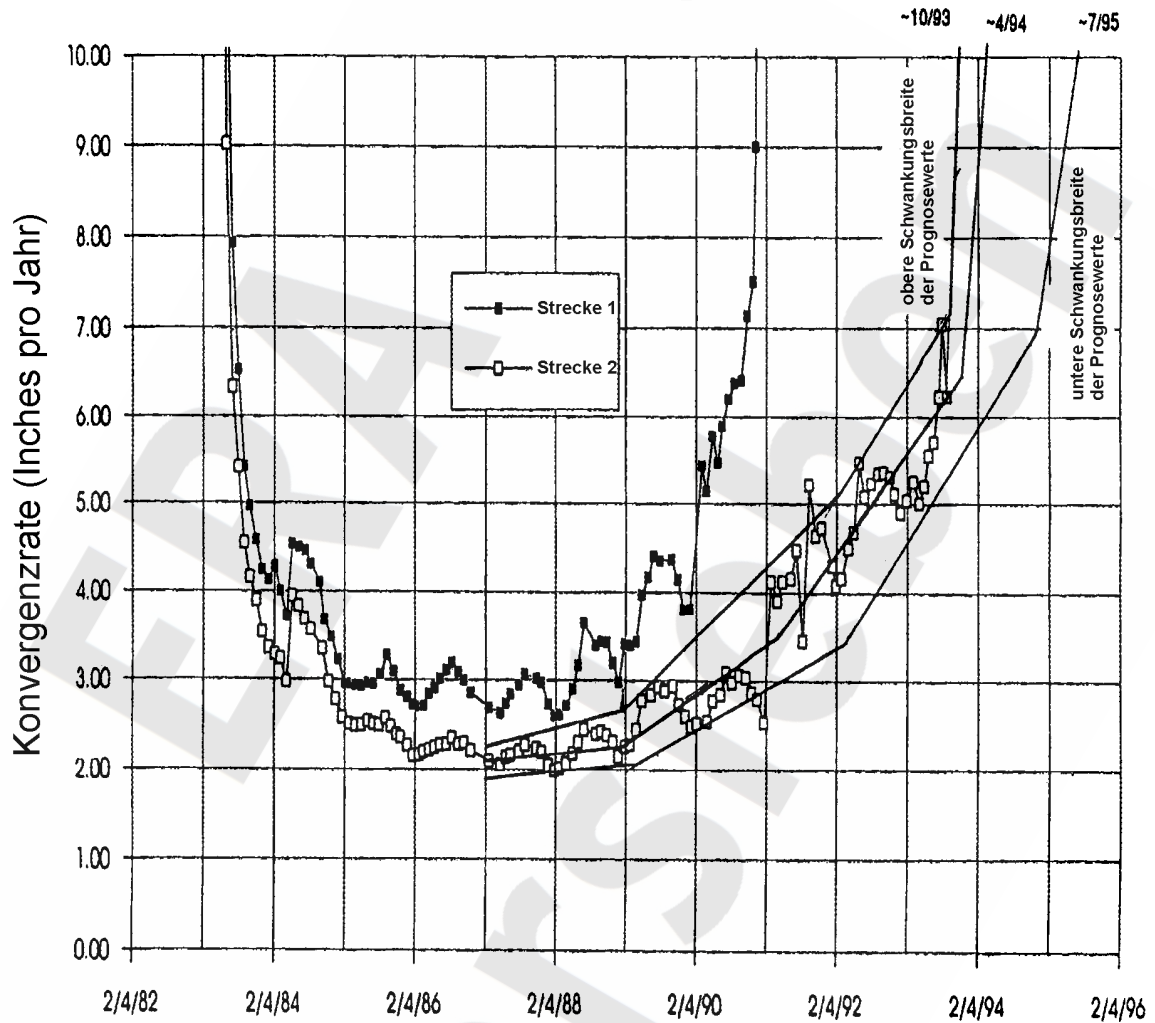


Abbildung 4.2-4: Konvergenzraten vor Firstfall in der WIPP-site /20/

Erfahrungswerte aus dem ERAM in Bezug auf Neuauffahrungen zeigen, dass auch die Umfahrung von Abbauen im Zeitraum von Wochen vorgenommen werden kann, wenn eine entsprechende infrastrukturelle Vorbereitung vorliegt. In Abhängigkeit vom Grad der infrastrukturellen Vorbereitung ist die Umsetzung dieser Vorsorgemaßnahme realisierbar.

Während der Verfüllung treten im ERAM veränderte Bedingungen in Folge erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit auf. Empirische Daten hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Vorwarnzeit bei diesen veränderten Bedingungen werden im Rahmen der bGZ gewonnen.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>DBEM</b>
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 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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

Die Aufhebung einer möglicherweise während der Verfüllung vorgenommenen temporären Sperrung des unten liegenden Abbaus, der durch Messsysteme überwacht und durch Ankerung gesichert ist, lässt sich analog zur Vorgehensweise am Standort der Versatzaufbereitungsanlage /9/ an Hand der messtechnischen Überwachung des Ankersystems und der noch zur Verfügung stehenden Tragreserve in Form des Dehnweges entscheiden.

Ggf. ist im Einzelfall auch eine Sperrung von Schwebenbereichen vorzunehmen, die über Abbauen liegen, die gerade befüllt werden.

#### 4.3 Pfeilerversagen/-verbrauch

Die notwendige Vorsorge gegen Schäden an Leben und Gesundheit und damit die Sicherheit der Bauzustände gegenüber der Gefahr Pfeilerversagen/-verbrauch wird durch nachstehende Vorsorgemaßnahmen gewährleistet:

- Verfüllen angrenzender Abbaue
- Einbettung der Pfeiler in Versatzmaterial bzw. Haufwerk
- Ankerung der Pfeiler

Eine dauerhafte Sperrung potenziell durch Pfeilerversagen bedrohter Abbaue ist nicht möglich, da im Fall eines zonalen Pfeilerversagens Folgeschäden nicht ausgeschlossen werden können.

Besteht für Abbaue, für die das Versagen angrenzender Pfeiler nicht ausgeschlossen werden kann, keine Nutzungsanforderung mehr, ist das Verfüllen der Abbaue eine geeignete Vorsorgemaßnahme. Die Gefahr ist dann vermieden.

Im Falle des Bestehens einer Nutzungsanforderung ist zu prüfen, für welche Dauer eine Nutzungsanforderung besteht. In Abhängigkeit von der Dauer der Nutzungsanforderung ist eine durch Messsysteme unterstützte Ankerung oder eine Einbettung der Pfeiler eine geeignete Vorsorgemaßnahme. Kündigt sich kein Pfeilerversagen an, ist die Gefahr bewältigt. Bei Ankündigung von Pfeilerversagen aus den Messergebnissen, wird die Nutzungsanforderung an die Abbaue aufgegeben und die Abbaue verfüllt. Ggf. wird eine Umfahrung der Abbaue durch Neuauffahrungen vorgenommen. Damit ist die Gefahr vermieden.

In Abbildung 4.3-1 ist ein Schema für die Auswahl geeigneter Vorsorgemaßnahmen in Abhängigkeit von der Gefahr und der späteren Nutzung der Grubenbaue gegeben. Daraus ergibt sich mindestens eine Vorsorgemaßnahme als Lösungsoption. Bei mehreren Lösungsoptionen kann nach Zeit- und Kostengesichtspunkten entschieden werden.

Im Folgenden wird die technische Realisierbarkeit der vorgeschlagenen Vorsorgemaßnahmen unter dem Aspekt der zur Verfügung stehenden Zeit und der benötigten Zeit für die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen geprüft



Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02

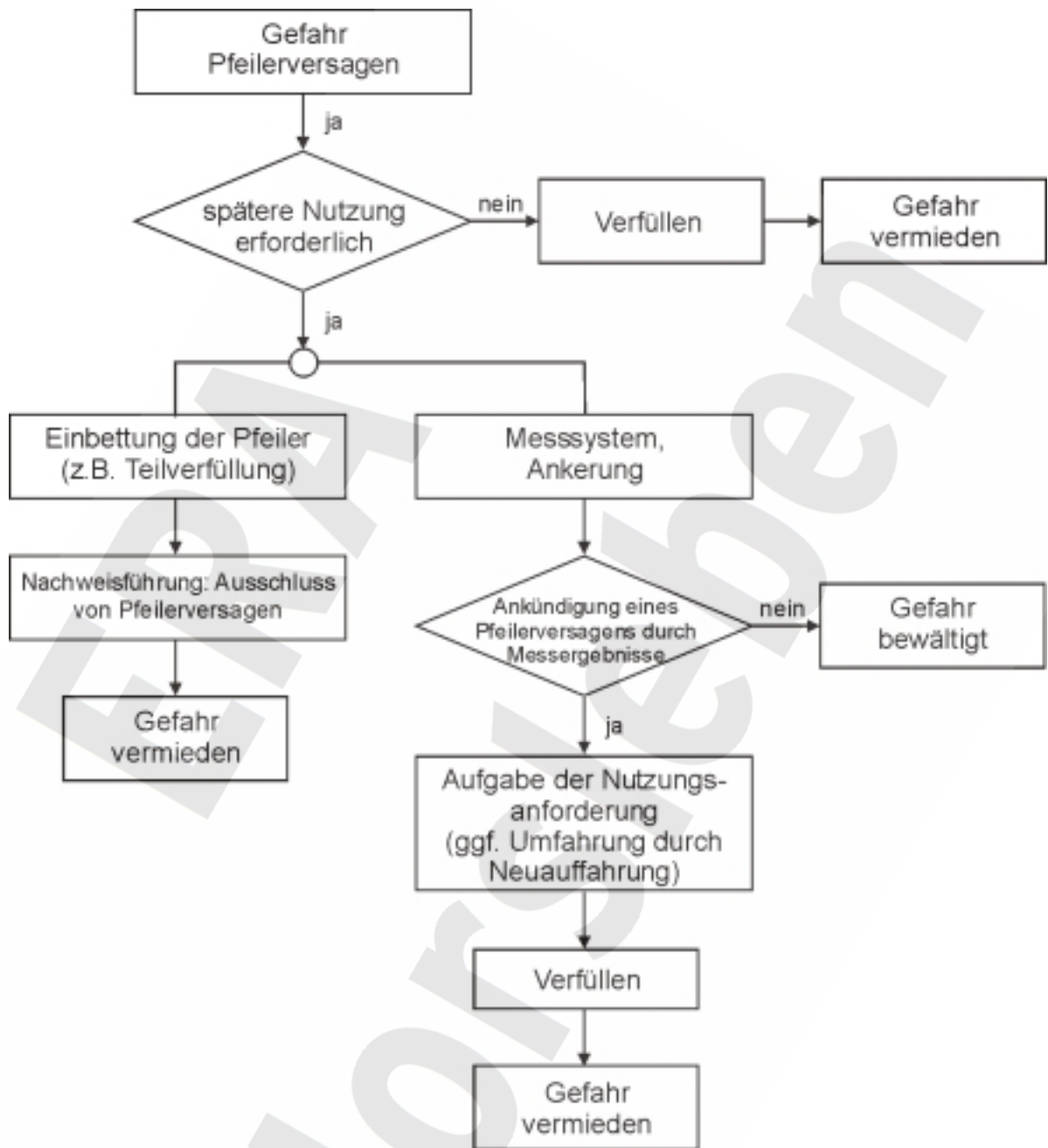



Abbildung 4.3-1: Auswahlschema für Vorsorgemaßnahmen bei Gefahr von Pfeilerversagen

Es ist festzuhalten, dass sich auch Pfeiler im Zustand des Kriechbruchs befinden und damit ein gutartiges Bruchverhalten aufweisen. Ihr Versagen ist an das Eintreten von (weiteren) Bruchvorgängen gebunden, die mit dilatanten Gefügeauflockerungen verbunden sind. Diese Volumenvergrößerungen können durch Verformungsmessungen erfasst werden. Beschleunigen

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

sich die Verformungsvorgänge, muss auch im Fall der Pfeiler vom Einsetzen einer tertiären Kriechphase ausgegangen werden. Für den Zeitraum, der dann noch zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung steht, konnten keine empirischen Daten vergleichbar zu den Schweben ermittelt werden. Jedoch ist ein standortbezogener Analogieschluss möglich. Die meisten Pfeiler im Grubengebäude sind eher geringer belastet als im Südfeld Bartensleben, so dass davon auszugehen ist, dass noch ein ausreichender Zeitraum zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung steht, wenn tertiäres Kriechen und Rissbildung einsetzen. Des Weiteren sind in angrenzenden Bereichen in ausreichender Weise Tragreserven vorhanden, um eine Reduzierung der Pfeilertragfähigkeit auf die Resttragfähigkeit auszugleichen. Wenn lokal bzw. zonal die tertiäre Kriechphase eintritt und in angrenzenden Bereichen Reserven vorhanden sind, bleibt ausreichend Zeit zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen. Als empirisches Beispiel kann standortbezogen der Pfeiler des Rolllochsystems 9 im Südfeld dienen, der erhebliche Schalenbildung und Risse im Pfeilerkern aufweist.


Auf Basis der standortbezogenen empirischen Befunde wird die Umsetzung aller aufgeführten Vorsorgemaßnahmen als realisierbar eingeschätzt. Die Zeitdauern für die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen entsprechen denen in Kapitel 4.2.

Die Aufhebung einer möglicherweise vorgenommenen temporären Sperrung von Abbauen während der Durchführung von Verfüllvorgängen in angrenzenden Abbauen lässt sich bei Ankerung an Hand der messtechnischen Überwachung des Ankersystems und der noch zur Verfügung stehenden Tragreserve der Anker in Form des Dehnweges entscheiden.

**4.4 Sonstige außergewöhnliche Situationen**

Eine außergewöhnliche Situation, für den sich eine Gefahr nicht ausschließen lässt, ist das Überschreiten der für die Bauzustände relevanten thermischen Lasten aus der Hydratationswärme. Diese außergewöhnliche Situation beinhaltet z. B. das schwer vorhersagbare Auftreten außergewöhnlich heißer Wetterlagen über Tage, die zu einer erhöhten Einbautemperatur des Versatzmaterials führt. Dieser Fall wird durch den durchgeführten rechnerischen Sicherheitsnachweis nicht abgedeckt und ist deshalb zu vermeiden.

Die Vermeidung gelingt durch Temperaturmessungen an exponierten Punkten und Bestimmung von Wärmemengen, die bei Überschreiten eines Temperatursignalwertes zu einer Unterbrechung des Befüllvorganges im betroffenen Abbau führen bis die Temperatur wieder unter den Signalwert fällt.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	


## 5 Konsequenzen der Vorsorgemaßnahmen auf Bergwerksbetrieb und Verfüllkonzept

Im Zusammenhang mit den ggf. umzusetzenden Vorsorgemaßnahmen ergeben sich u. U. im Hinblick auf den Bergwerksbetrieb Einschränkungen bzgl. der

- Transportwege
- Fluchtwege
- Wetterführung


Entsprechende Einschränkungen werden im Rahmen der Planung zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen berücksichtigt. Gleiches gilt für die Verfüllplanung und die ggf. vorhandene Notwendigkeit der Bereitstellung von Infrastrukturmaßnahmen für ggf. umzusetzende Vorsorgemaßnahmen.

Als Maßnahme zur Vermeidung außergewöhnlicher Situationen wurde die Unterbrechung des Verfüllvorgangs im betroffenen Abbau für einen Zeitraum, der maximal im Bereich weniger Wochen liegt, identifiziert. Insofern ist die Forderung zu stellen, dass Unterbrechungen des Verfüllvorgangs seitens der Versatzanlage kurzfristig möglich sind.


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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

## 6 Literaturverzeichnis

- /1/ SIA:  
Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken, Dokumentation 260, N 5148-11, 1982
- /2/ DIN:  
Eurocode 7, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1: 2004, DIN EN 1997-1, Oktober 2005
- /3/ Sadgorski, W.; Smolczyk, U.:  
Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau,  
Kommentar u.a. zu DIN V ENV 1997-1:  
Eurocode 7, Beuth Verlag, 1. Auflage 1996
- /4/ DIN:  
Baugrund: Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, DIN 1054-100, Januar 2005
- /5/ DIN:  
Bauen in Europa, Geotechnik, Eurocode 7-1, DIN V ENV 1997-1, Beuth Verlag, 1996
- /6/ DGGT:  
Empfehlungen des Arbeitskreises „Tunnelbau“ ETB, Verlag Ernst & Sohn, 1995
- /7/ BGR:  
Projekt Morsleben, Festigkeitsmechanische Untersuchungen an Bohrkernen (Darstellung der Einzelergebnisse), Archiv-Nr.: 117221, Tgb.-Nr. 10742/98, 1998
- /8/ BGR:  
ERA Morsleben: Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und In-situ, Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen, Archiv-Nr. 117213, Tgb.-Nr.: 10683/98, 1998
- /9/ DBE:  
Geomechanische Betriebsüberwachung 2004, Stand 20.04.2005
- /10/ BGR:  
ERA Morsleben: Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere in der Schachanlage Bartensleben, Archiv-Nr.: 0120259, Tgb.-Nr.: 11118/00, 2000

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	


- /11/ BGR:  
ERA Morsleben: Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere in der Schachanlage Marie, Tgb.-Nr.: 10781/01, 2001
- /12/ DBE:  
Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahme der Stilllegung (Standicherheit und Integrität), Stand 15.12.2005
- /13/ DBE:  
Standicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Zentralteil Bartensleben, Stand 24.02.2006
- /14/ DBE:  
Standicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Südfeld, Stand 15.12.2005
- /15/ DBE:  
Radarmessungen zur Schwebenerkundung im Zentralteil der Grube Bartensleben, Stand 23.03.2001
- /16/ DIN:  
Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, DIN 1055-100, März 2001
- /17/ DIN:  
Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990: 2002, Oktober 2002
- /18/ Lux, K.-H.:  
Gebirgsmechanischer Entwurf und Felderfahrungen im Salzkavernenbau, Enke Verlag Stuttgart, 1984
- /19/ Heemann, U.:  
Transientes Kriechen und Kriechbruch im Steinsalz, Dissertation, IBNM, Universität Hannover, Bericht-Nr. F 89/3, 1989
- /20/ DOE/WIPP:  
The Current Bases for Roof Fall Prediction at WIPP and a Preliminary Prediction for SPDV Room 2, DOE/WIPP 93-033, 1993

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
9M	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

/21/ DBE:


Bewertung der Standsicherheit der Schwebe zwischen Abbau 8n (12YER31 R003), 2. und 3a-Sohle Bartensleben, Südfeld (Erweiterte Fassung), Stand 23.11.2000

ERA  
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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	


**7 Glossar**

- Abbau:** Bezeichnung für einen durch bergmännische Tätigkeiten bei der Gewinnung von Kali- oder Steinsalz hergestellten Hohlraum
- Bauzustand:** Zustand, der während der Baumaßnahme temporär auftritt
- Beanspruchung:** Beanspruchung ist sowohl die Unterwerfung eines Bauteils unter eine Belastung beliebiger Art als auch der Zustand des Bauteils, das unter dem Einfluss von Spannungen steht. Ursache einer Beanspruchung können äußere Kräfte oder Belastungen, Eigengewichtskräfte, Auflagerverschiebungen oder Temperaturdehnungen sein.
- Bemessungswert:** Der Wert, der sich durch Verknüpfung des repräsentativen Wertes mit dem Teilsicherheitsbeiwert ergibt. Man unterscheidet z. B. Bemessungswerte für Einwirkungen, Materialeigenschaften und geometrische Eigenschaften
- Beobachtungsmethode:** Verfahren, das auf Beobachtungen und Messungen an einem Tragwerk beruht. Die Beobachtungsmethode kann zum Nachweis der Sicherheit von Tragsystemen unterstützend herangezogen werden
- Berauben:** Beseitigung loser Gesteinspartien an der Firse und den Stößen, um die Gefährdung durch Steinfall zu verringern
- Bestimmtheit, statische:** Ein Tragsystem ist statisch bestimmt, wenn sich die Schnittgrößen (innere Kräfte) durch Anwendung der Gleichgewichtsbedingung ermitteln lassen und kinematische Ketten ausgeschlossen sind
- Bruchkörper:** Gesteinskörper, der durch Trennflächen vom übrigen Gesteinsverband getrennt ist
- Carnallit:** Salzmineral  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$
- Dilatanz:** Volumenvergrößerung eines Körpers in Folge von mikrostrukturellen Änderungen wie Phasenumwandlungen oder Rissbildung
- Dilatanzkriterium:** Grenzbedingung für das Auftreten von mikroskopischen Rissen, die zur Volumenvergrößerung und über Risswachstum innerhalb eines langen Zeitraums zum Versagensfall Bruch führen
- Druckfestigkeit:** Festigkeit eines Materials unter Druckbeanspruchung
- Einwirkung, außergewöhnliche:** Eine Einwirkung (gewöhnlich von kurzer Dauer), die mit merklicher Größenänderung innerhalb des betrachteten Zeitraums (während der Nutzungsdauer) wahrscheinlich nicht auftritt. Anmerkung: Von einer außergewöhnlichen Einwirkung kann in vielen Fällen vorausgesetzt werden, dass ihr Auftreten bedrohliche Folgen hat, sofern nicht besondere Maßnahmen ergriffen werden
- Ereignisse:** Jegliche spontane Veränderungen von kurzer Dauer, wie das Einsetzen oder Aufhören von Prozessen, oder auch von Vorgängen (z.B. Erdbeben etc.)


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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

<b>Extensometer:</b>	Als Extensometer bezeichnet man Messgeräte für Feinlängenmessungen zum Überwachen von Gebirgsbewegungen. Man unterscheidet Einfach- und Mehrfachextensometer und nach der Übertragungsart der Bewegungen Draht- und Stangenextensometer. Mit einem gespannten Draht oder einem Gestänge überträgt man relative Bewegungen zwischen einem Bezugspunkt (Fixierungspunkt im Gebirge) und einem Messpunkt (Messkopf) an der Gebirgsoberfläche.
<b>Firste:</b>	Obere Grenzfläche eines Grubenbaus
<b>Firstfall:</b>	Herabfallen von Gesteinsmaterial aus der Firste
<b>Fluchtweg:</b>	Für den Fall eines Brandes oder sonstiger Gefahr von der Belegschaft zu wählender Weg, um aus dem Gefahrenbereich zu gelangen
<b>Gefahr:</b>	potenziell schadenauslösendes Ereignis oder potentiell schadenauslösender Zustand
<b>Geotechnik:</b>	Unter Geotechnik wird meist die technische und konstruktive Anwendung felsmechanischen, bodenmechanischen oder ingenieurgeologischen Grundwissens im Bauwesen und im Bergbau verstanden.
<b>Grubenbau:</b>	Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum unter Tage
<b>Grubengebäude:</b>	Sammelbegriff für alle bergmännisch hergestellten Hohlräume eines Bergwerks
<b>Haufwerk:</b>	Bergmännisch gewonnenes Gestein
<b>Hauptverzerrung:</b>	Werte des Verzerrungstensors nach Hauptachsentransformation
<b>Hydratationswärme:</b>	Wärme, die als Folge exothermer Mineralreaktionen der Bindemittel (z. B. Zement, Flugasche) mit der Anmischflüssigkeit freigesetzt wird
<b>In-situ-Messungen:</b>	Messungen im Gebirge bzw. in Grubenbauen
<b>Kette, kinematische:</b>	Verschiebliches, statisches System
<b>Konvergenz, bergmännische:</b>	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdrucks
<b>Konvergenzrate:</b>	Zeitliche Ableitung der Konvergenz; beschreibt die Geschwindigkeit mit der sich ein Grubenbau schließt; stationäre K.: keine Änderung der K. über die Zeit
<b>Kriechbruch:</b>	Bruch, der in Folge dissipativer Prozesse bei Kriechvorgängen auftritt
<b>Kriechen:</b>	Zeitabhängige, plastische (irreversible) Deformation
<b>Kriechphase, tertiäre:</b>	Kriechen, das mit Bruchvorgängen (Materialentfestigung) verknüpft ist und beschleunigt abläuft
<b>Kurzzeitbruchfestigkeit:</b>	Festigkeit gegenüber Bruch im Kurzzeitversuch
<b>Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium:</b>	Grenzbedingung für die Bruchfestigkeit im Kurzzeitversuch
<b>Lastumlagerung:</b>	Fähigkeit eines statisch unbestimmten Tragsystems sein eigenes Tragverhalten in Bezug auf die Abtragung von Lasten zu optimieren
<b>Löser:</b>	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.	
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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

<b>Pfeiler:</b>	Für eine bestimmte Zeit zur Sicherheit von Grubenbauen oder der Tagesoberfläche stehen bleibender Lagerstättenteil, der später abgebaut werden kann
<b>Pfeilerversagen:</b>	Maßgebliche Verminderung der Pfeilertragfähigkeit
<b>Prozesse:</b>	Veränderung der Zustände von Systemen, die entweder direkt zu beobachten und zu messen sind oder hypothetisch erschlossen werden können und mit gleichbleibender oder unterschiedlicher Geschwindigkeit über längere Zeiträume ablaufen (z.B. Epirogenese, Bildung von Korrosionsgasen, Entstehung von Kaltzeiten, etc.). Prozesse unterliegen bestimmten Wirkungskräften und -mechanismen. Sie können Ereignisse auslösen
<b>Radarmessung:</b>	Ortung und Vermessung von Reflektoren durch die Messung der Laufzeit und Dämpfung gebündelter elektromagnetischer Wellen
<b>Risiko, akzeptiertes:</b>	Erwartungswert eines Schadens (Eintrittswahrscheinlichkeit x Auswirkung), der allgemein akzeptiert wird
<b>Rolloch:</b>	Stark geneigter bis seiger verlaufender Grubenbau mit geringem Querschnitt, der übereinander liegende Grubenbaue verbindet und der Fahrung, Wetterführung oder der Abwärtsförderung dient
<b>Salzbeton:</b>	Baustoff bestehend aus den Grundbestandteilen Zement, Betonzusatzstoff, Salzzuschlag sowie Wasser oder Salzlösungen als Anmachflüssigkeit
<b>Schwebe:</b>	Teil des Gebirges, der einen Grubenraum in der Firste zu einem darüber liegenden Grubenraum hin abschließt
<b>Sicherheitsanalyse, thermomechanische:</b>	Berechnungen und Untersuchungen möglicher Zustände, die zum Verlust der Standsicherheit oder Integrität führen können
<b>Sicherheitsfaktor, rheologischer:</b>	Sicherheitsbeiwert zur Abdeckung von Unsicherheiten im Zeitverhalten
<b>Sicherheitsniveau:</b>	Zahlenwert, der als Maßstab für die (nachweisbare) Sicherheit verwendet wird
<b>Situation, außergewöhnliche:</b>	Vorhandensein von Bedingungen, für die ein potenziell schadenauslösendes Ereignis aus unterschiedlichen Gründen nicht ausgeschlossen werden kann
<b>Spannung:</b>	Unter Spannung versteht man die auf die Flächeneinheit bezogenen inneren Kräfte eines Körpers. Man unterscheidet Normalspannungen (senkrecht auf die Schnittfläche wirkende Druck- oder Zugspannungen) und Schubspannungen (parallel zur Schnittfläche wirkende Spannungen).
<b>Steinsalz</b>	Salzmineral, NaCl, Halit
<b>Stilllegung:</b>	Alle Maßnahmen zum Sichern des Bergwerkes nach Einstellung des Betriebes
<b>Teilsicherheitsbeiwert:</b>	Sicherheitsbeiwert zur Anwendung auf einzelne Kenngrößen eines Tragwerkes (z. B. Einwirkungen und Widerstände)
<b>Teilsystem, kinematisch verschieblich:</b>	Verschiebliches statisches Teilsystem
<b>Tragsystem:</b>	Die tragenden Elemente eines Bauwerkes und die Art und Weise, in der diese Elemente zusammenwirken

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	22343021		WMA			GH	BZ	0003	02	

- Tragwerk:** Anordnung miteinander verbundener Tragelemente (Bauteile), die ein bestimmtes Maß an Tragwiderstand aufweisen
- Trennfläche, statisch relevante:** Fläche mit sprunghafter Änderung der Materialeigenschaften, die sich auf das Tragverhalten auswirken
- Trennfläche:** Trennflächen unterbrechen die gestaltliche und die mechanische Kontinuität eines Felskörpers. Der Begriff Trennfläche ist somit der Oberbegriff für Kluffläche, Störungsfläche, Schieferungsfläche, Schichtfuge und Riss.
- Unbestimmtheit, statische:** Ein Tragsystem ist statisch unbestimmt, wenn sich die Schnittgrößen (innere Kräfte) nicht durch Anwendung der Gleichgewichtsbedingung ermitteln lassen, sondern zusätzlich die Verformungsbedingungen benötigt werden
- Verbruch:** In einen Grubenbau hereingebrochene Gesteinsmassen aus der Firste und/oder Stößen
- Verfüllen:** Einbringen von Versatz in Grubenbaue
- Versatz:** Material für die Verfüllung oder Stützung von Grubenhohlräumen
- Versatzaufbereitungsanlage:** Technische Einrichtung, um Haufwerk entsprechend den Anforderungen so zu zerkleinern, das es als Versatz verwendet werden kann, bestehend aus Brecher, Fördermittel und Klassiervorrichtung
- Verzerrung:** Änderung von Längen- und Winkelgrößen eines Körpers in Folge von Formänderungen des Körpers
- Wert, charakteristischer:** Wichtiger repräsentativer Wert, der mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht erreicht bzw. nicht überschritten wird. Man unterscheidet z.B. charakteristische Werte für Einwirkungen, Materialeigenschaften und geometrische Eigenschaften
- Wetter:** Grubenluft
- Wetterführung:** Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude
- Zugang:** Verbindung zwischen Strecke und einem anderen Grubenbau (z. B. Abbau oder Kalilager)
- Zugfestigkeit:** Festigkeit eines Materials unter Zugbeanspruchung
- Zustände:** Gesamtheit von Parametern, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes System charakterisieren
- Zwang, thermomechanischer:** Beanspruchung, die nicht aus einem Lasteintrag sondern aus der Behinderung von Deformationen (Temperaturdehnungen) entsteht