



Grundsätze der systematischen Ankerung zur Firstsicherung im Kali- und Steinsalzbergbau (Ankerleitlinie)

Herausgegeben vom Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.
Ausschuss zur Beurteilung von Gebirgsanker
für die systematische Verwendung im Kali- und Steinsalzbergbau



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.



Grundsätze der systematischen Ankerung
zur Firstsicherung
im Kali-und Steinsalzbergbau
(Ankerleitlinie)

INHALTSVERZEICHNIS

Präambel	3
1 Anwendungs- und Geltungsbereich	8
1.1 Anwendungsbereich und Zweck	8
1.2 Räumlicher und sachlicher Geltungsbereich	9
2 Gebirgsmechanische Grundlagen	9
3 Herstellen der Firstsicherheit	11
3.1 Prinzipielles Vorgehen	11
3.2 Aufgaben der Ankerung	12
4 Einteilung der Anker	14
4.1 Ankertypen	14
4.2 Unterscheidung nach Art der Verwendung	14
5 Spreizhülsenanker	15
5.1 Aufbau des Spreizhülsenankers	16
5.1.1 Spreizkopf	17
5.1.2 Ankerstange	18
5.1.3 Ankerplatte	19
5.1.4 Ankermutter	19
5.2 Größen und Eigenschaften des Spreizhülsenankers	20
6 Eignungsprüfung von Gebirgsankern	21
6.1 Technische Unterlagen	22
6.2 In-situ Zugversuche	22
6.3 In-situ Versuche zur Ermittlung des Anzugdrehmomentes für die geforderte Vorspannkraft	22
6.4 Probeeinsatz	23

7	Bemessung der Ankerung	24
7.1	Vorspannkraft des Ankers	24
7.2	Nachgiebigkeit	25
7.3	Mindestsetztiefe des Spreizkopfes im ungestörten Gestein	25
7.4	Mindestankerlänge	27
7.5	Ankersetzdichte (D)	27
8	Überwachung der Ankerung	29
Anhang A:		31
Hinweise zur Durchführung von Zugversuchen und Versuchen zur Ermittlung der Vorspannkraft		
Anhang B:		36
Hinweise und Berechnungsbeispiele sowie Tabellen zur Bestimmung der Ankersetzdichte und der Mindestankerlänge		
Anhang C:		40
Hinweise zu Überwachungsmethoden		

Präambel

Diese Leitlinie ersetzt die Richtlinie „Grundsätze zur Beurteilung und Verwendung von Ankerausbau zur systematischen Firstsicherung im Kali- und Steinsalzbergbau (Ankerrichtlinie)“, die im November 1999 vom damaligen Kaliverein, heute VKS, herausgegeben wurde.

Dies wurde erforderlich, um den fortgeschrittenen Stand der Technik umfassend zu berücksichtigen.

Die Erstellung dieser Leitlinie erfolgte unter Beteiligung der Mitglieder des Verbandes der Kali- und Salzindustrie, der Bergbehörden (Nordrhein-Westfalen, Hessen, Thüringen, Sachsen-Anhalt) sowie der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemische Industrie.

Im Kali- und Steinsalzbergbau werden zur Gewährleistung der First- und Stoßsicherheit verschiedene Sicherungsmaßnahmen angewendet. Seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts kommt dafür überwiegend die Ankertechnologie zum Einsatz. Die Verwendung von Ankern zur systematischen Firstsicherung im Kali- und Steinsalzbergbau soll durch diese Leitlinie geregelt werden.

Ziel dieser Leitlinie ist das Schließen von Regelungslücken, die sich aus den Besonderheiten des Kali- und Steinsalzbergbaus ergeben.

Diese Leitlinie regelt:

- Eignungsnachweise der Ankermaterialien/Ankereinzerteile
- Prüfung zum Nachweis der Belastbarkeit der Anker durch in situ-Versuche
- Versuchseinsatz und Monitoring von systematisch geankerten Grubenbaubereichen
- Entscheidung durch den Ankerbeurteilungsausschuss über die Eignung von Ankern
- Zulassung des standort- bzw. betriebsspezifischen Einsatzes von geeigneten Ankern im Betriebsplanverfahren
- Setzen der Anker nach den Vorgaben der Leitlinie unter Berücksichtigung der standort- bzw. betriebsspezifischen Verhältnisse
- Überwachung der Wirksamkeit der systematischen Ankerung während der Nutzungszeit

Sie ist notwendig, weil die einschlägigen Regelwerke, beispielsweise die DIN 21521, die vorgenannten Punkte nicht im erforderlichen Umfang berücksichtigen.

Die Leitlinie wird vom „Ausschuss zur Beurteilung von Gebirgsankern für die systematische Verwendung im Kali- und Steinsalzbergbau“ den Mitgliedsunternehmen des VKS und den zuständigen Behörden bei der Zulassung der Betriebspläne für den Ankereinsatz im jeweiligen Betrieb zur Anwendung empfohlen. Des Weiteren kann sie von den Herstellerfirmen als Leitfaden bei der Entwicklung und Herstellung von Firstankern herangezogen werden.

1 Anwendungs- und Geltungsbereich

1.1 Anwendungsbereich und Zweck

Das Herstellen von Hohlräumen im Kali- und Steinsalzbergbau verlangt für die Zeit der betrieblichen Nutzung eine Sicherheit gegen herabfallendes Gestein (Löser). Der Gesamtprozess der hierfür erforderlichen Sicherungsmaßnahmen wird ganz wesentlich von der naturgegebenen Ausbildung der Lagerstätte, von der Abbauführung, vom eingesetzten Gewinnungsverfahren, von den Organisationsformen der bergmännischen Prozesse und nicht zuletzt von der Sicherheitsstrategie des Unternehmens geprägt. Deshalb umfasst im Kali- und Steinsalzbergbau die Gewährleistung der First- und Stoßsicherheit ein komplexes System aus Abbaudimensionierung, Beraubung, Ankerung und Überwachung.

Eine Besonderheit des Kali- und Steinsalzbergbaus liegt in den geologischen Lagerstättenbedingungen und den angewendeten Abbauverfahren, bei denen die Pfeiler¹ die grundsätzliche Ausbaufunktion, d. h. das Offenhalten der Grubenbaue während der Nutzungszeit, übernehmen. Die Beanspruchung der Firsten und damit die Anforderung an ihre wirksame Sicherung ergeben sich daher aus der Pfeilerbelastung, der Firstspannweite und der geologisch bedingten Neigung der Firsten zum Nachbrechen.

Ausgehend von konvergierenden Grubenbauen müssen die Anker auch unter Belastung eine große Duktilität (Dehnungsvermögen) aufweisen, um die Firste zu sichern. Die Nutzungszeit der Ankerung wird bestimmt durch die Ergebnisse der Überwachung, die ggf. ein Berauben und Nachankern erfordern.

Im Kali- und Steinsalzbergbau stellt daher die Firstsicherung mit nachgiebiger Ankerung ein sicheres und effektives Verfahren dar. Für Anker zur systematischen, d. h. zur planmäßigen und flächenhaften, Firstsicherung gelten die Grundsätze sowie die Anforderungen dieser Leitlinie.

¹ Der Begriff Pfeiler wird auch im Sinne von Festen verwendet.

Sie enthält Mindestanforderungen für die technische Ausführung und den betrieblichen Einsatz sowie Empfehlungen für die Dimensionierung einer systematischen Ankerung² und zu deren Überwachung. Sie liefert den Rahmen für eine wirksame Firstsicherung, die durch betriebliche Regelungen für die praktische Anwendung standortbezogen anzupassen ist.

1.2 Räumlicher und sachlicher Geltungsbereich

Diese Leitlinie gilt für Gebirgsanker zur systematischen Firstsicherung in den Werken der VKS Mitgliedsunternehmen. Hierfür kommen ausschließlich Spreizhülsenanker zur Anwendung.

Ausgenommen sind Lastanker und Gebirgsanker mit anderen Arten des Verbundelementes.

2 Gebirgsmechanische Grundlagen

Spannungszustände im Gebirge werden unterschieden in:

- primärer Spannungszustand
- sekundärer Spannungszustand

Der primäre Spannungszustand ist überall im Gebirge vorhanden, Spannungen und Gebirge befinden sich im Gleichgewicht. Er wird prinzipiell beeinflusst von:

- dem Eigengewicht des überlagernden Gebirges,
- der tektonischen Beanspruchung und
- den mechanischen Eigenschaften des Gebirgsverbandes.

Durch das Auffahren untertägiger Hohlräume wird der primäre Spannungszustand gestört, und es erfolgt eine Spannungsumverteilung.

² Nach derzeitigem Kenntnisstand nur für Spreizhülsenanker anwendbar.

Mit zunehmender Zeit stellt sich der sekundäre Spannungszustand ein, der von der Form und Größe der Einzelhohlräume sowie der Pfeiler abhängig ist.

Nach Auffahrung des Abbauhohlraumes bildet sich im Gebirge ein natürliches Traggewölbe aus. Das Gewölbe ist stabil, wobei die Auflast des Gebirges vollständig auf die Pfeiler übertragen wird. Hier liegt ein dreiachsiger Spannungszustand vor, d. h. das Gestein ist allseitig auf Druck beansprucht. Die unterhalb des Gewölbes befindlichen Firstschichten werden vorrangig durch ihr Eigengewicht bzw. die Pfeilerkonvergenz beansprucht. Sie können dieser Beanspruchung nur durch ihre Verbandsfestigkeit widerstehen. Beide Bereiche werden durch eine fiktive Gewölbegrenzlinie abgegrenzt.

Im Kali- und Steinsalzbergbau verändert sich aufgrund des Kriechverhaltens von Salz der Verlauf der Gewölbegrenzlinie zeitabhängig. Dieser Verlauf wird in der Praxis vorrangig durch den geologischen Aufbau der Firste und die Auswirkungen von Sprengungen bestimmt. Neben dem Eigengewicht wirken bei starken Pfeilerkonvergenzen erhebliche horizontale Spannungen auf die Firstschichten. Im Ergebnis können sich Ablösungen bilden.



3 Herstellen der Firstsicherheit

3.1 Prinzipielles Vorgehen

Die Herstellung der Firstsicherheit erfolgt durch das Berauben, die systematische Ankerung sowie deren Überwachung. Die betriebliche Umsetzung wird entsprechend dieser Leitlinie standortbezogen in Anweisungen geregelt.

Der zu sichernde Grubenbau wird nach den örtlich gegebenen Voraussetzungen so beraubt, dass die Firste frei von geringmächtigen Ablösungen ist. Mögliche Beraubearten sind das maschinelle Berauben, das manuelle Berauben und das Sprengberauben.

- Maschinelles Berauben ist das flächendeckende systematische Bearbeiten von First- und Stoßflächen zur Beseitigung erkannter Ablösungen und erfolgt schlagend (punktuell) bzw. schälend oder schneidend (flächendeckend).
- Manuelles Berauben ist das systematische Abklopfen von Firste und Stößen bzw. das Herunterdrücken oder Abstoßen von Abschalungen mit Hilfe einer Beraube-/Abstoßstange.
- Sprengberaubung wird eingesetzt, wenn Löserpakete durch die maschinelle Beraubung nicht hereingewonnen werden können.

Nach Einschätzung der Gebirgssituation erfolgt das Setzen der Anker mit der entsprechenden Ankersetzdichte systematisch durch einen für den verwendeten Firstankertypen geeigneten Firstankerbohrwagen. Die Funktion der Ankerung wird durch geeignete Maßnahmen überwacht.

3.2 Aufgaben der Ankerung

Grundlegende Aufgabe der Ankerung ist die Löserbildung zu behindern sowie das Hereinbrechen von First- und Stoßschichten zu verhindern.

Es werden folgende Wirkprinzipien unterschieden:

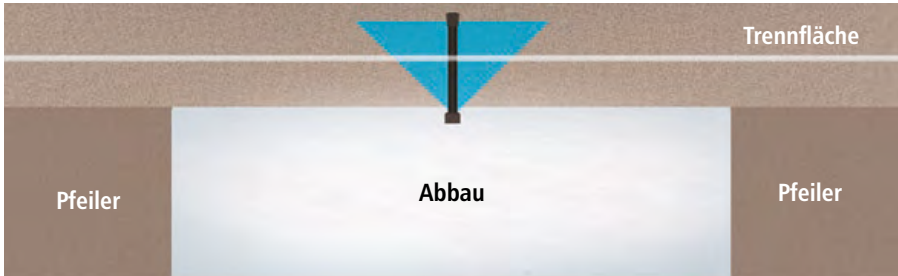
- Befestigen sich ablösender Gesteinsschichten an standfesten Hangendschichten
- Verbindung geringmächtiger Hangendschichten zu einem biegesteiferen Schichtpaket

Aus den beiden Wirkprinzipien lassen sich zwei Belastungsfälle der Ankerung unterscheiden:

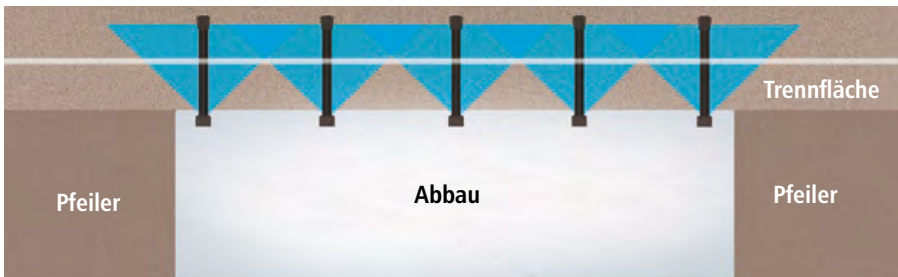
- Zugbelastung durch vertikale Kräfte: Nach dem Ablösen einer Gesteinsschicht wirkt deren Eigengewicht als Zugbelastung auf den Anker.
- Zugbelastung durch horizontale Kräfte: Das Auftreten von Horizontalspannungen in der Firste kann zu einer Scherbeanspruchung und bei Ausknicken der Firstschichten zu einer axialen Zugbelastung der Anker führen.

Die Ankerung ist für die Sicherheit der Belegschaft und für die untertägigen Maschinen und Anlagen von großer Bedeutung. Es wird zwischen Einzel und Systemankerung unterschieden!

Einzelankering: Sie behindert punktuell das Ablösen lokal begrenzter Gebirgsschichten, wobei sich die Einwirkungsbereiche (Druckspannungskegel, die sich um jeden Anker herum aufbauen) benachbart gesetzter Anker nicht zwingend überlappen.



Systemankering: Die Anker werden in einem Abstand gesetzt, bei dem sich ihre Einwirkungsbereiche überlappen, so dass sie mechanisch zusammenwirken. Dadurch kann der ursprünglich vorhandene natürliche Schichtverband im firstnahen Bereich einer Abbaukammer erhalten, ein Schichtablösen verhindert und die Ausbildung eines Traggewölbes wirkungsvoll unterstützt werden.



4 Einteilung der Anker

4.1 Ankertypen

Grundsätzlich unterscheidet diese Leitlinie Anker nach Verwendungszweck oder Verbundelement.

- Beispiele für eine Unterscheidung nach Verwendungszweck sind:
Gebirgsanker und Lastanker
- Beispiele für eine Unterscheidung nach dem Verbundelement sind:
Sprezhülsenanker, Klebeanker, Schraubanker und Reibrohranker

Innerhalb der Ankertypen werden die Bauarten der Anker unterschieden. Unter der Bauart versteht man die Struktur (Geometrie, Material) und Herstellungsweise von technischen Objekten. Die unterschiedlichen Bauarten des Systems Anker werden durch verschiedene Bauarten der Bauteile bestimmt.

So kann zum Beispiel beim Sprezhülsenanker zwischen Standard- und Stopfmutteranker sowie nach Lastaufnahmevermögen des Ankers unterschieden werden.

4.2 Unterscheidung nach Art der Verwendung

Gebirgsanker (Ausbauanker³): Bauteile, die in Bohrlöchern im eingebauten Zustand durch Aufnahme von Zugkräften Gebirgsteile miteinander verbinden. Sie dienen der Erhaltung der Verbandsfestigkeit des Gebirges und der Sicherung gegen Salzfall. Gebirgsanker im Sinne dieser Leitlinie werden ausschließlich zur Firstsicherung eingesetzt. (Abweichend davon schließt der Begriff Gebirgsanker in der DIN 21521 die Verbindung von Konstruktionselementen mit dem Gebirge ein.)

Zur Firstsicherung gesetzte Gebirgsanker dürfen nicht als Lastanker zum Anhängen zusätzlicher Lasten genutzt werden.

³ Begriffe in Klammern gemäß DIN 21521

Lastanker (Aufhängeanker⁴): Bauteile, die in Bohrlöchern im eingebauten Zustand durch Aufnahme von Zugkräften Konstruktionselemente mit dem Gebirge verbinden. Lastanker dienen dem Aufhängen oder der Verlagerung von Lasten z. B. Aufhängen von Bandübergaben und Verlagern von Kippstellen. Anker, die dem Aufhängen von Bandkonstruktionen dienen, werden als Bandanker bezeichnet.

Lastanker dürfen nicht zur systematischen Firstsicherung herangezogen werden.

5 Spreizhülsenanker

Der Spreizhülsenanker ist der Standardanker im Kali- und Steinsalzbergbau. Er ist eine spezielle Art des Gebirgsankers, bei dem

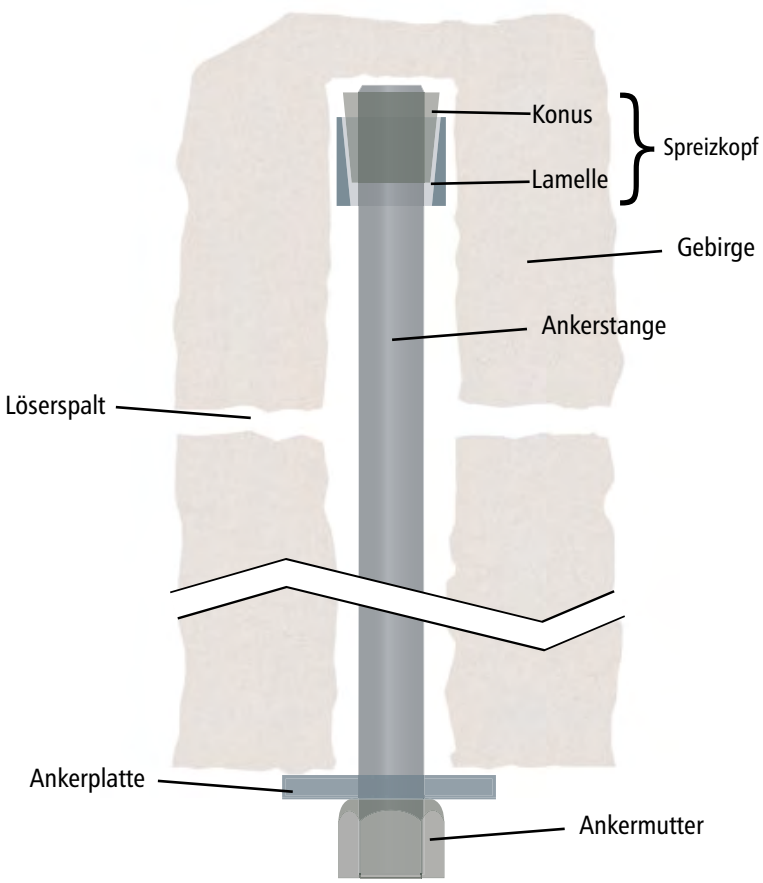
- das gebirgsseitige Ende der Ankerstange (Ankerfuß) mit Hilfe konischer Bauteile (Konus und Lamelle) gegen die Bohrlochwand und
- das luftseitige Ende (Ankerkopf) über die Ankerplatte und Anker Mutter mit dem Gebirge verspannt wird.

Es werden zwei Bauarten von Spreizhülsenankern verwendet, zum einen der konventionelle Standard- bzw. Anker in Normalausführung und zum anderen der Stopfmutteranker. Beim Stopfmutteranker verhindert eine Stopfmutter das Überstehen der Ankerstange.

⁴ Begriffe in Klammern gemäß DIN 21521

5.1 Aufbau des Spreizhülsenankers

Der Spreizhülsenanker ist ein technisches System aus den Bauteilen: Spreizkopf, Ankerstange, Ankerplatte und Ankermutter. Diese Teile müssen zur Erfüllung ihrer Funktion aufeinander abgestimmt sein.



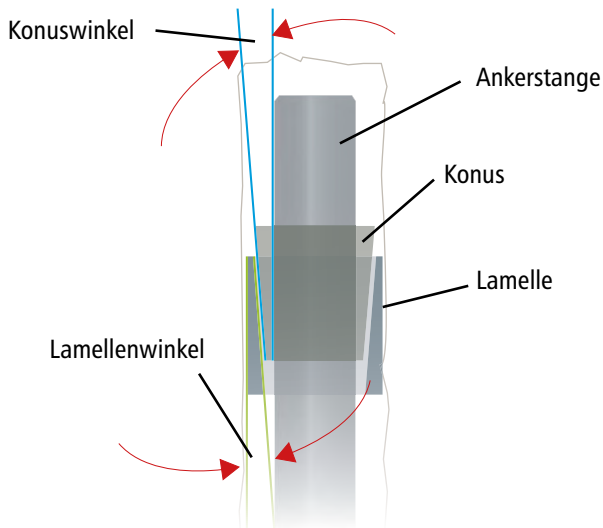
Übersicht Ankeraufbau

5.1.1 Spreizkopf

Der Spreizkopf ist das gebirgsseitige Ende des Ankers und verbindet die Ankerstange mit der Bohrlochwand.

Der Spreizkopf besteht im Wesentlichen aus Lamellen und Konus. Dabei stellen die Lamellen die kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Konus und dem Gebirge und der Konus die kraft- und formschlüssige Verbindung zwischen den Lamellen und der Ankerstange eines Gebirgsankers her. Bauartbedingt können Feder, Manschette, Haltering, Bügel und Zwinge hinzukommen. Weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Anzahl der Lamellen.

Um das Festsetzen des Spreizkopfes im Gebirge zu gewährleisten, muss der axiale Reibungswiderstand zwischen dem Konus und den Lamellen niedriger sein als der zwischen den Lamellen und dem Gebirge. Der Keilwinkel des Konus sollte die gleiche Größe aufweisen, wie der Keilwinkel der Lamellen. Somit können sich Konus und Lamelle parallel zueinander bewegen, wenn die Lamellenaußenseite an der Bohrlochwandung anliegt.



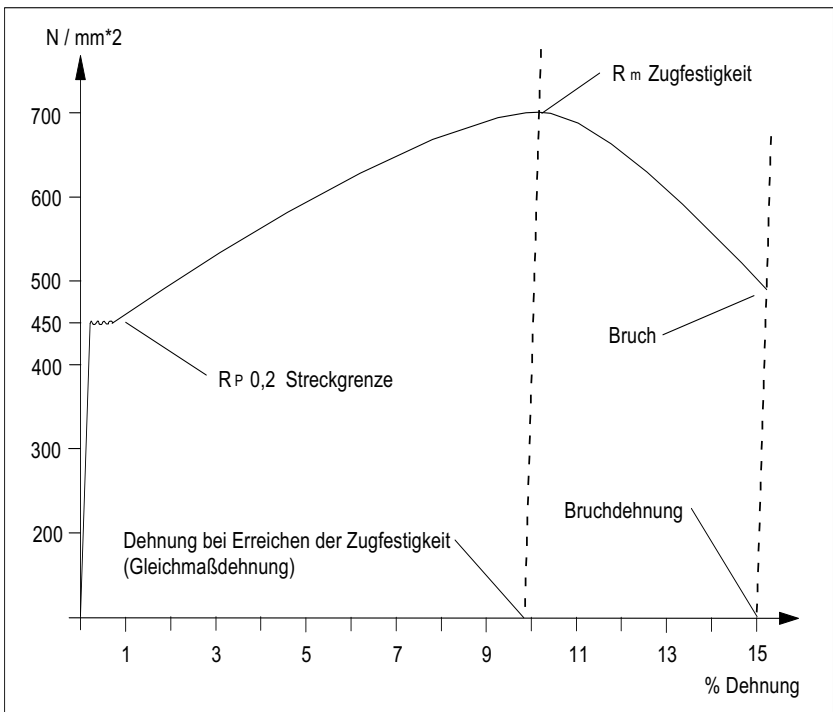
Konus- und Lamellenwinkel

5.1.2 Ankerstange

Die Ankerstange ist der Teil des Gebirgsankers, der den Spreizkopf mit der Anker-
mutter verbindet.

Das Ankerstangenmaterial soll einen weitgestreckten Bereich duktilen Verhal-
tens zeigen, um eine möglichst große Nachgiebigkeit (siehe Punkt 7.2) bis zum
Erreichen der maximalen Tragfähigkeit zu gewährleisten.

Die Ankerstange sollte eine ausgeprägte Streckgrenze R_p sowie eine große
Dehnung bis zum Erreichen der Zugfestigkeit aufweisen. Sie sollte eine Zug-
festigkeit besitzen, die deutlich über der Streckgrenze liegt.



Spannungs-Dehnungs-Diagramm

5.1.3 Ankerplatte

Die Ankerplatte hat die Aufgabe, die von den Gebirgsschichten ausgeübten Kräfte auf die Anker Mutter, die Ankerstange und auf den Spreizkopf zu übertragen.

Die Ankerplatte soll so ausgelegt sein, dass sie sich in ausreichendem Maße an die unebene Firstkontur anpassen kann.

Zur Herabsetzung der Reibung zwischen Ankerplatte und Anker Mutter kann die Ankerplatte angefast sein.

5.1.4 Anker Mutter

Die Anker Mutter am luftseitigen Stangenende hat die Aufgabe, beim Setzen des Ankers, die für die Befestigung des Spreizkopfes notwendige Zugkraft zu erzeugen.

Zur besseren Anpassung an Unebenheiten in der Firste kann die mit der Ankerplatte in Kontakt stehende Seite der Anker Mutter abgerundet ausgeführt sein.

Ein Sonderfall der Anker Mutter ist die Stoppmutter, die mit der Ankerstange formschlüssig fest verbunden ist.

5.2 Größen und Eigenschaften des Sprezhülsenankers

Charakteristische Größen und Eigenschaften des Sprezhülsenankers sind:

- Ankerkraft [kN]: Kraft, die in der Stange des eingebauten Gebirgsankers wirkt
- Streckgrenze der Ankerstange [N/mm²]: Grenzspannung bis zu der der Ankerstahl unter einachsiger Zugbeanspruchung keine dauerhafte plastische Verformung zeigt (elastischer Bereich)
- Zugfestigkeit [N/mm²]: Spannung bei der die Einschnürung des Ankerstahls beginnt
- Bruchkraft [kN]: Kraft, die benötigt wird, um die Ankerstange zu zerreißen
- Gleichmaßdehnung [%]: bleibende Dehnung bei Erreichen der Zugfestigkeit
- Ankernachgiebigkeit [mm]: Zunahme seiner wirksamen Länge im Gebirge unter Belastung
- Bruchdehnung [%]: Dehnung beim Bruch der Ankerstange
- Arbeitsvermögen: entspricht der Fläche unter dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm und ist das Maß für die zum Bruch eines Werkstoffs erforderliche Energie
- Vorspannkraft [kN]: Kraft, die beim Ankersetzen aufgebracht wird, um einen sicheren Halt des Spreizkopfes im Gebirge zu erreichen

Diese Parameter charakterisieren die konkret einzusetzenden Anker und fließen in die Bemessung der Ankerung ein.

6 Eignungsprüfung von Gebirgsankern

Der Einsatz von Ankern zur systematischen Firstsicherung innerhalb des Geltungsbereiches dieser Leitlinie bedarf einer Eignungserklärung nach erfolgter Prüfung durch den **„Ausschuss zur Beurteilung von Gebirgsankern für die systematische Verwendung im Kali- und Steinsalzbergbau“**.

Neue und wesentlich veränderte Ankertypen oder Ankerbauarten müssen auf ihre Eignung geprüft werden. Zu wesentlichen Veränderungen zählen vor allem Veränderungen, die die Funktion des Ankers beeinflussen können.

Die Eignungsprüfung ist eine Voraussetzung für die systematische Verwendung von Ankern im Kali- und Steinsalzbergbau. Für die Eignungsprüfung sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Vorlage der technischen Unterlagen
- Durchführung von in-situ-Zugversuchen
- Durchführung von in-situ Versuchen zur Ermittlung des Anzugsdrehmomentes für die geforderte Vorspannkraft
- Durchführung eines anforderungsgerechten Probeeinsatzes.

Sind diese Bedingungen erfüllt, wird eine Eignungserklärung durch den **„Ausschuss zur Beurteilung von Gebirgsankern für die systematische Verwendung im Kali- und Steinsalzbergbau“** erteilt. Die als geeignet erklärte Ankerbauart wird in die „Liste der Ankerbauarten zur systematischen Firstsicherung im Kali- und Steinsalzbergbau mit gültiger Eignungserklärung durch den Ausschuss des VKS zur Beurteilung von Gebirgsankern“ aufgenommen.

Die Zulassung für den Einsatz des als geeignet erklärten Ankers im Grubenbetrieb erfolgt durch das Betriebsplanverfahren für den Regelbetrieb.

6.1 Technische Unterlagen

Die technischen Unterlagen umfassen die Materialanforderungen sowie die zeichnerische Darstellung des Gebirgsankers und der zugehörigen Bauteile. Die Zeichnungen sind bemaßt.

6.2 In-situ Zugversuche

Für die Durchführung der in-situ Versuche hat sich erfahrungsgemäßfolgendes Vorgehen bewährt:

Durch mindestens 8 Ankerzugversuche unter in-situ Bedingungen im Gebirge mit geringer Druckfestigkeit, wie z. B. Carnallit, wird die Eignung der Ankerbauteile nachgewiesen. In allen Zugversuchen muss die geforderte Zugfestigkeit nachgewiesen werden. Zugversuche gelten als erfolgreich, wenn kein Ausziehen des Ankers, kein Bruch der Ankerstange und kein Überstreifen der Mutter unterhalb der geforderten Zugfestigkeit erfolgt. Hinweise zur Durchführung der Zugversuche werden im Anhang A gegeben. Das Protokoll der Zugversuche einschließlich Kraft-Weg-Diagramm ist Bestandteil der Eignungserklärung.

6.3 In-situ Versuche zur Ermittlung des Anzugdrehmomentes für die geforderte Vorspannkraft

Die erforderliche Vorspannkraft wird beim Ankersetzen durch das auf die Anker Mutter aufgebrachte Drehmoment erzeugt und muss mindestens so groß sein, dass ein sicherer Halt des Ankerkopfes im Gebirge gegeben ist. Das erforderliche Anzugsmoment zur Erzielung der Mindestvorspannkraft ist durch mindestens 2 Versuche empirisch zu ermitteln. Hinweise zur Durchführung der Versuche sind im Anhang A gegeben.

6.4 Probeeinsatz

Voraussetzung für die Durchführung des Probeeinsatzes sind sowohl erfolgreich durchgeführte Zugversuche als auch Versuche zur Ermittlung des Drehmomentes für die erforderliche Vorspannkraft. Dies beinhaltet auch die Prüfung und Ermittlung des erforderlichen Hydraulikdruckes am Ankerbohrwagen zur Erreichung des erforderlichen Drehmomentes.

Im Rahmen des Probeeinsatzes wird geprüft, ob der Anker mit der im jeweiligen Grubenbetrieb verfügbaren Ankersetztechnik regelkonform eingebaut werden kann. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der gesamten Transportkette einschließlich der Ankersetztechnik mit dem Ankerbohrwagen.

Der Probeeinsatz ist der Bergbehörde schriftlich in Form einer Mitteilung zur Kenntnis zu bringen. Inhalt der Mitteilung ist der geplante Probeeinsatz mit:

- Örtlichkeit mit Salzart
- Umfang
- Zeitraum
- Kontrollmaßnahmen
- Ein- und Unterweisung der Mitarbeiter

Nach Abschluss des Probeeinsatzes ist ein Bericht zu erstellen. Dieser beinhaltet den Zeitraum, die Örtlichkeit und das Ergebnis des Probeeinsatzes. Der Abschlussbericht wird der zuständigen Bergbehörde vorgelegt. Bei erfolgreich durchgeführtem Probeeinsatz wird der Abschlussbericht Bestandteil der Eignungserklärung.

7 Bemessung der Ankerung

Für die Auslegung einer systematischen Ankerung sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Vorspannkraft
- Nachgiebigkeit
- Mindestsetztiefe des Spreizkopfes im ungestörten Gestein
- Ankerlänge
- Ankersetzdichte

Der Bohrlochdurchmesser und die Ankerbauart müssen so gewählt werden, dass diese aufeinander abgestimmt sind und so die auftretenden Ankerkräfte sicher getragen werden. Das Einbringen der Anker sollte möglichst bankrecht, rechtwinkliger Sitz des Ankers zur Gebirgsschicht, erfolgen.

7.1 Vorspannkraft des Ankers

Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Funktion der Ankerung ist der feste Sitz des Ankers im Gebirge, der durch Aufbringen einer Vorspannkraft sichergestellt wird. Die Vorspannkraft wird beim Ankersetzen durch das auf die Anker Mutter aufgebrachte Drehmoment erzeugt und muss so groß sein, dass:

- ein sicherer Halt des Spreizkopfes im Gebirge gegeben ist
- sie unter der Streckgrenze des Ankerstangenmaterials $R_p 0,2$ liegt
- der Anker den o. g. Aufgaben der Ankerung gerecht wird.

Die Untergrenze der Vorspannkraft liegt bei 15 kN. Eine betrieblich festgelegte Mindestvorspannkraft kann darüber liegen.

Bei neu zu bewertenden Ankertypen ist das erforderliche Drehmoment zur Erzielung der betrieblich festgelegten Vorspannkraft durch Versuche empirisch zu ermitteln (siehe Anhang A).

7.2 Nachgiebigkeit

Die Nachgiebigkeit des Ankers ist die Zunahme der wirksamen Ankerlänge bis zum Erreichen der Zugfestigkeit. In diesem Bereich darf der Anker seine Tragereigenschaften nicht verlieren. Der Wert der Nachgiebigkeit entspricht der Gleichmaßdehnung der Ankerstange. Wird durch den Betrieb festgestellt, dass die zulässige Nachgiebigkeit des verwendeten Ankertyps überschritten wird, sind durch den Betrieb besondere Maßnahmen einzuleiten.

7.3 Mindestsetztiefe des Spreizkopfes im ungestörten Gestein

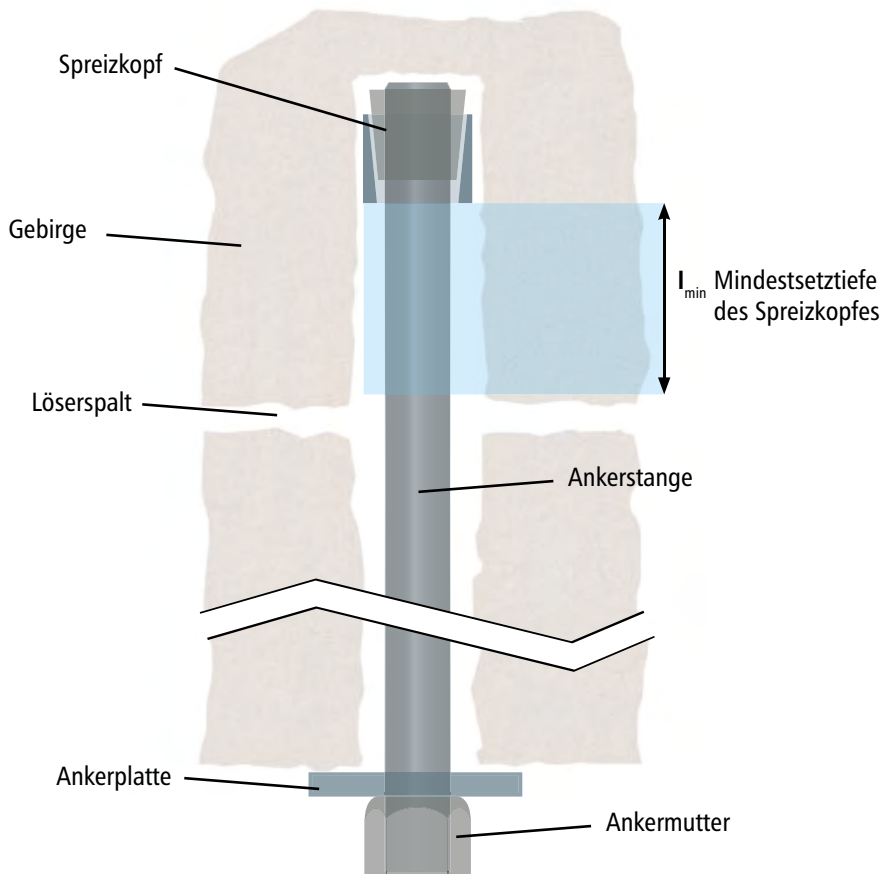
Der erforderliche minimale Abstand, die Mindestsetztiefe (l_{\min}), zwischen der Unterkante der Lamellen und dem nächsten in Zugrichtung gelegenen Spalt im Gestein muss so groß sein, dass ein Ausreißen des Spreizkopfes aus dem Gebirge vermieden wird. Der Spreizkopf muss in einer festen Gebirgsschicht sitzen, damit die den Anker belastenden Gebirgsschichten sicher gehalten werden.

Um die Welligkeit der Firste auszugleichen, sollte die Länge des Ankerbohrlochs die Stangenlänge des Ankers im Gebirge um etwa 5 cm überschreiten.

Bezugnehmend auf Untersuchungen in der Dissertation von Schneider⁵ ergeben sich bei konservativen Ansatz der Salzart Carnallit folgende Mindestsetztiefen:

- 145 kN Anker: Mindestsetztiefe 22,5 cm
- 190 kN Anker: Mindestsetztiefe 30,0 cm

⁵ Johannes Schneider: Grundlagenuntersuchung über die Beherrschung des unmittelbaren Hangenden im Kalibergbau an der Werra durch systematische Firstankerung, Dissertation TU Clausthal 1973



Bei der Mindestsetztiefe des Spreizkopfes ist eine Reserve zur Berücksichtigung betrieblicher Gegebenheiten beim Setzen des Ankers enthalten.

7.4 Mindestankerlänge

Die Mindestankerlänge (l_g) muss so gewählt werden, dass die Ankerfunktion erfüllt wird. Sie ergibt sich aus der Summe folgender Größen:

- Höhe der Anker Mutter
- Höhe der Ankerplatte
- Maximale erfahrungsbasierte Ablösemächtigkeit
- Summe der Öffnung möglicher Spalten
- Mindestsetztiefe (l_{min})
- Länge des Spreizkopfes

Die Tabelle im Anhang B enthält die minimal zulässigen Ankerlängen bei Verwendung von Ankern mit einer rechnerischen Bruchkraft von 145 kN und 190 kN. Beispielhaft sind hier die Mindestlängen für verschiedene Ankerklassen ohne Spalt angegeben.

7.5 Ankersetzdichte (D)

Die Ankersetzdichte (D) soll in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit des Ankers so gewählt werden, dass durch die Ankerung die Gewichtskraft des Löser getragen wird. Für die Bestimmung der Ankersetzdichte wird die Mächtigkeit der auftretenden Löser jeweils für einen Teil des Grubengebäudes mit ähnlichen gebirgsmechanischen und geologischen Verhältnissen durch Firstbeobachtungslöcher ermittelt. Die Ankerung ist so zu bemessen, dass mindestens 95 % der Ablösungen durch die Regelankerung erfasst werden (siehe Anhang B). Lokale Firstsituationen, die durch die Regelankerung nicht beherrscht werden, sind durch weitere Maßnahmen, wie z. B. Nachankern, zu sichern.

Es ist mit einem Dimensionierungsfaktor von $S=2$ zu rechnen.

Dadurch wird entsprechend vorliegender Erfahrungen sowohl der statischen LÖserlast als auch einer zeitgleich auftretenden dynamischen Belastung Rechnung getragen. Das Vorgehen berücksichtigt prinzipiell im Weiteren:

- Ungenauigkeit beim Setzen der Anker bei Einhaltung der Ankersetzdichte, d. h. Abweichungen der Abstände im Ankerraster
- Einzelne wirkungslos gewordene Anker, z. B. durch Anfahren
- Fehler im Ankermaterial
- Ortsnahe Sprengerschütterungen
- Zusätzliche Lasten z. B. durch unabhängig von der Gebirgsankerung im Gebirge befestigte Bandanlagen, Kabel

Die Berechnung der Ankersetzdichte ist im Anhang B dargelegt. Bei Verwendung von Ankern mit einer Bruchlast von 145 kN und 190 kN kann die Ankersetzdichte außerdem der Tabelle im Anhang B entnommen werden.

Die durch den jeweiligen Grubenbetrieb berechnete Ankersetzdichte wird durch diesen in ein Ankersetzschema überführt, das eine gleichmäßige Verteilung der Ankerwirkung über die Firstfläche sicherstellt.

8 Überwachung der Ankerung

Die Überwachung der Firste und der Ankerung ist wesentlicher Bestandteil zur Gewährleistung der First- und Stoßsicherheit und trägt zur Erweiterung der Kenntnisse über das Firstverhalten bei. Sie hat die Aufgabe, die Wirksamkeit der Ankerung festzustellen.

Dies kann durch folgende Maßnahmen (siehe Anhang C) erfolgen:

- Sichtkontrolle → allgemeiner Zustand der Firste und der Ankerung
- Firstbeobachtungslöcher → punktuelle Bestimmung von Ablösemächtigkeit und Spaltweite
- Firstradar → linienhafte Bestimmung von Ablösemächtigkeit und Spaltweite
- Laststufenindikator und Quetschkörper → Beanspruchung der Anker
- Extensometer (Tell-Tales) → punktuelle Beanspruchung der Firste
- Ultraschallmessungen → Beanspruchung der Anker

Durch die Überwachungsmethoden ist es möglich, Ablösungen in Abhängigkeit von den bestehenden geologischen Gegebenheiten, den Zustand der Firste sowie der Auffahrungstechnologie zu erkennen und zu lokalisieren sowie daraus Ankerbeanspruchungen zu bestimmen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Die Überwachungstiefe soll die für die Bemessung der Ankerung zu Grunde gelegte Mächtigkeit der Ablösung (hL) um mindestens 0,45 m überschreiten. Dabei ist eine Mindestüberwachungstiefe von 1,30 m einzuhalten.

Beobachtungsintervalle sind in betrieblichen Regelungen standortspezifisch festzulegen.

Bei festgestellter Unwirksamkeit der Ankerung können u. a. folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Nachberauben
- Nachankern, ggf. mit längeren Ankern
- Anpassung der Ankersetzdichte
- Einsatz von Ankern höherer Tragkraft
- Zusätzliche Unterstützung der Firste z. B. durch Holzkästen

Weitere Maßnahmen können beispielsweise sein:

- Einbringen von Unterstützungsausbau
- Sprengberauben
- Sperren des Grubenbaues

Anhang A:

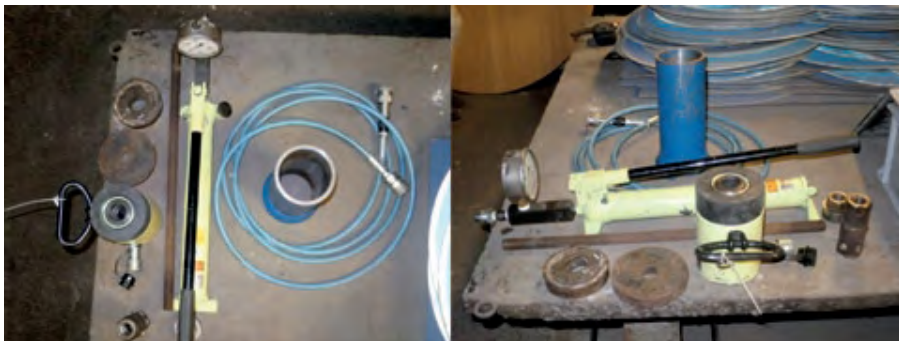
Hinweise zur Durchführung von Zugversuchen und Versuchen zur Ermittlung der Vorspannkraft

Zur Prüfung der Eignung von Gebirgsankern für den Einsatz zur systematischen Firstsicherung im Kali- und Steinsalzbergbau sind Zugversuche und Versuche zur Vorspannkraft in-situ erforderlich. Im Gegensatz zu den Zugversuchen der Werkstoffprüfungen in Prüfständen wird bei diesen Versuchen die Wechselwirkung Anker – Geologie unter betriebsnahen Bedingungen mitgeprüft.

1. Durchführung von In-Situ Zugversuchen

Ziel der in-situ Zugversuche ist der Funktionsnachweis des Ankers im Gebirge, d.h. das Zusammenwirken der einzelnen Bauteile des Ankers untereinander und mit dem Gebirge. Bei der Durchführung der Zugversuche sollte sich der Spreizkopf im Gebirge mit geringer Druckfestigkeit, wie z. B. Carnallit (Kali-Werke) oder grobkristallinem Steinsalz (Steinsalz-Werke) befinden. Je nach örtlichen und geologischen Randbedingungen können die Zugversuche am Stoß oder an der Firste durchgeführt werden.

Versuchsanordnung/Versuchsdurchführung



Bestandteile der Prüfvorrichtung

Zur Durchführung der Zugversuche wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Herstellung des Ankerbohrloches
- Prüfung des Ankerbohrloches auf Einhaltung des erforderlichen Durchmessers mit Hilfe eines Kalibermessgerätes
- Einsetzen des Ankers in das Bohrloch (nicht komplett ins Bohrloch einbringen – Länge der Zugvorrichtung beachten)
- Anbringen der Zugvorrichtung, bestehend in der Regel aus einer hydraulischen Presse (Hinweis: Zugvorrichtung ist gegen Herunterfallen zu sichern.)
- Ausgleichen von Unebenheiten zwischen Presse und Stoß durch eine konkav und eine konvex geformte Platte
- Aufschrauben der Anker Mutter mit Ankerplatte
- Ziehen des Ankers bis zum Versagen durch Ausfahren der hydraulischen Presse



Ankerzugversuch am Stoß

Der Ausfahrweg und die Kraft werden protokolliert und im Kraft-Weg-Diagramm dargestellt. Daraus kann, wenn erforderlich, auch ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm erstellt werden. Bei einer weiteren Variante des Zugversuches wird die Ankerstange mit einer Zugstange verlängert. Dazu wird der Anker gesetzt und auf die Ankerstange eine Zugstange aufgeschraubt. Bei diesem Versuch wird die Anker Mutter nicht belastet. Dieser Zugversuch kann auch an bereits gesetzten Anker durchgeföhrt werden.

Es wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Herstellung des Ankerbohrloches
- Prüfung des Ankerbohrloches auf Einhaltung des erforderlichen Durchmessers mit Hilfe eines Kalibermessgerätes
- Einsetzen des Ankers in das Bohrloch
- Aufschrauben der Anker Mutter mit Ankerplatte
- Aufschrauben der Zugstange
- Anbringen eines Abstandhalters (z.B. Hohlzylinder)
- Anbringen der Zugvorrichtung, bestehend in der Regel aus einer hydraulischen Presse
- Ziehen des Ankers bis zum Versagen durch Ausfahren des Hohlzylinders

Der Ausfahrweg und die Kraft werden protokolliert und im Kraft-Weg-Diagramm dargestellt. Daraus kann, wenn erforderlich, auch ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm erstellt werden.



Versuchsaufbau mit Abstandshalter (Hohlzylinder)

Mögliche Versagensfälle:

- Bruch der Ankerstange unterhalb der Mindestbruchkraft
- Ausziehen des Ankers aus dem Gebirge
- Versagen des Spreizkopfes durch Bruch der Lamellen
- Abstreifen der Anker Mutter

Beim Auftreten dieser Versagensfälle ist der Anker zunächst für den Einsatz im Kali- und Steinsalzbergbau ungeeignet. Daraus abzuleitende technische Änderungen am Anker sind mit den Herstellern umzusetzen und die Zugversuche zu wiederholen.

2. Durchführung von Versuchen zum Nachweis der Vorspannkraft

Mit Hilfe dieser Versuche soll nachgewiesen werden, dass der Anker die erforderliche Mindestvorspannkraft erreicht und welches Drehmoment zum Erreichen der Mindestvorspannkraft erforderlich ist.

Versuchsdurchführung

Das hergestellte Ankerbohrloch wird auf die Einhaltung des erforderlichen Durchmessers geprüft. Der Anker wird in das Bohrloch eingeführt und auf das freie Ende des Ankers eine Druckmessdose mit Ablesevorrichtung aufgesetzt. Danach werden die Ankerplatte aufgesetzt und die Anker Mutter aufgeschraubt. Die Anker Mutter wird mit einem Drehmomentschlüssel angezogen. Das Drehmoment wird bis zum Erreichen der geforderten Vorspannung stufenweise erhöht. Dieses Drehmoment wird bei den eingesetzten Ankerbohrwagen eingestellt, um die geforderte Vorspannkraft maschinell beim Setzen der Anker zu erreichen.



Versuchsanordnung zur Messung der Vorspannkraft

ANKERZUGVERSUCHSPROTOKOLL

Bezeichnung des zu prüfenden Ankers:

Zweck der Prüfung:

Werk:

Sohle:

Ort:

Salzgestein der

Firste:

Stoß:

Salzzusammensetzung im Bereich des Spreizkopfes: _____ % Sylvinit,
 _____ % Carnallit, _____ % Steinsalz, _____ % Sonstiges.

Bohrschneiden Ø: _____ mm,

Bohrloch Ø: _____ mm,

Beschaffenheit des Bohrloches:

Rillen: ja nein

Art des Zugerätes:

Ablösung: ja nein

wenn ja:

Stärke der Löscherschicht

			mm
			mm

Stärke der Ablösung

Sitz des Spreizkopfes über der Firste: von _____ bis _____ cm

Ankerstangenlänge: vorher _____ mm, nachher _____ mm

Freie Länge Gewindestange: _____ mm

Belastung	Ziehweg ges.			(mm)
	bar	t	kN	
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Vorspannung beim Setzen ja/nein

wenn ja: _____ Nm

Messwert: _____ bar

Vorspannung: _____ kN

Versuchsergebnis:

bei Bruch der Stange, wo:

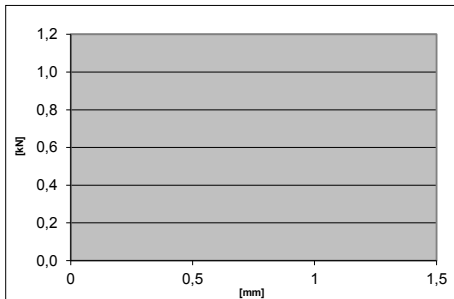
Bruch Konus	<input type="checkbox"/>
Bruch Lamellen	<input type="checkbox"/>
Konus durchgezogen	<input type="checkbox"/>
Spreizkopf gerutscht	<input type="checkbox"/>

Sonstiges:

Belastungszeit: _____ min

Bohrloch Ø am Spreizkopf

nach dem Versuch : _____ mm



_____ Datum

_____ Unterschrift des Prüfers

Anhang B: Hinweise und Berechnungsbeispiele sowie Tabelle zur Bestimmung der Ankersetzdichte und der Mindestankerlänge

1.1 Berechnung der Ankersetzdichte (D)

Die Ankersetzdichte (D) bestimmt die Anzahl der zu setzenden Anker pro 1 m² Firstfläche:

$$D = \frac{S * h_L * g * \rho_s}{F_m}$$

Zugfestigkeit der Ankerstange (F_m) ist abhängig vom Ankerstangenmaterial und Nennquerschnitt der Ankerstange. Sie kann der jeweiligen Ankerzulassung entnommen werden. Mächtigkeit der Ablösungen (h_L) zur Bestimmung der Ankersetzdichte ist auf folgende Weise zu ermitteln:

1. Es ist die Anzahl der gemessenen Ablösungen für einen Teil der Grube mit ähnlichen gebirgsmechanischen und geologischen Verhältnissen so zu erfassen, dass jeweils die größte in Summe gemessene Lösermächtigkeit berücksichtigt wird.
2. 5 % der Anzahl der gemessenen Firstbeobachtungslöcher (einschließlich der Messungen ohne Ablösung) sind mit der mächtigsten Ablösung beginnend zu streichen.
3. Die nächstfolgende gemessene Mächtigkeit geht als h_L in die Berechnung der Ankersetzdichte (D) ein.

Weiterhin bedeuten S – Dimensionierungszahl, g – die Erdbeschleunigung und ρ_s – Dichte des Salzgesteins. Die Mindestsetzdichte von $D = 1$ Anker pro 6 m² darf nicht unterschritten werden.

Beispiel:

Ankertyp: K+S 145, $l_g = 1,20\text{ m}$

Gesucht:

Anzahl der Anker, die notwendig ist, um 1 m^2 Firstfläche zu tragen:
 D in A/m^2

Gegeben:

Zugfestigkeit Ankerstange: $F_m = 145\text{ kN}$
Dimensionierungszahl: $S = 2$
Dichte Salzgestein: $\rho_s = 2200\text{ kg}/\text{m}^3$
Erdbeschleunigung: $g = 9,81\text{ m}/\text{s}^2$
Mächtigkeit der Ablösung: $h_L = 0,628\text{ m}$

$$D = \frac{2 \cdot 0,628 \cdot 9,81 \cdot 2200}{145 \cdot 1000} = 0,187 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

In diesem Fall darf die Fläche pro Anker $5,35\text{ m}^2$ ($1/0,187$) betragen.
Die Mindestsetzdichte von $D = 1$ Anker pro 6 m^2 ist nicht unterschritten.
In der Praxis bedeutet das eine Ankerfläche von 5 m^2 pro Anker.

Ablösung	Ankerlänge	Ankersetzdichte	
		145	190
[cm]	[m]	[m ² /Anker]	[m ² /Anker]
44	1,20/1,25	6*	6*
53	1,20/1,25	6	6*
56	1,20/1,25	6	6*
66	1,20/1,25	5	6*
82	1,20/1,25	4	5
88	1,45	3	5
107	1,45	3	4
133	1,80	2	3
142	1,80	2	3

*Ankersetzdichte $6\text{ m}^2/\text{Anker}$ darf gemäß Ankerleitlinie nicht unterschritten werden

Bestimmung der Ankersetzdichte und der Mindestankerlänge

1.2 Berechnung der Mindestankerlänge (l_g)

Die Ankerlänge (l_g) setzt sich zusammen aus der Höhe der Anker Mutter (h_M), der Länge des Spreizkopfes (l_{SK}) und der wirksamen Länge des Ankers im Gebirge (l_{fs}): $l_g > h_M + l_{SK} + l_{Ag}$

Dabei ist die wirksame Länge des Ankers (l_{Ag}) die Summe aus der Höhe der Ankerplatte (h_p), der Mächtigkeit der Ablösung (h_L), der Höhe des Löserspalt (h_{SP}) und der Mindestsetztiefe des Spreizkopfes (l_{min}).

$$l_{Ag} = h_p + h_L + h_{SP} + l_{min}$$

Somit gilt für die Gesamtlänge (l_g) der Ankerstange:

$$l_g > h_M + l_{SK} + h_p + h_L + h_{SP} + l_{min}$$

Die Mindestsetztiefe (l_{min}) (siehe Punkt 7.3) und die Mindestankerlänge (l_g) von 1,20 m dürfen dabei nicht unterschritten werden.

Beispiel

Ankertyp: K+S 145, $l_g = 1,20$ m

Gesucht

Mindestlänge der Ankerstange: l_g

Gegeben

Höhe der Anker Mutter: $h_M = 0,040$ m

Höhe der Ankerplatte: $h_p = 0,010$ m

Länge Spreizkopf: $l_{SK} = 0,110$ m

Höhe Löserspalt: $h_{SP} = 0,039$ m

Mindestsetztiefe Spreizkopf: $l_{min} = 0,225$ m

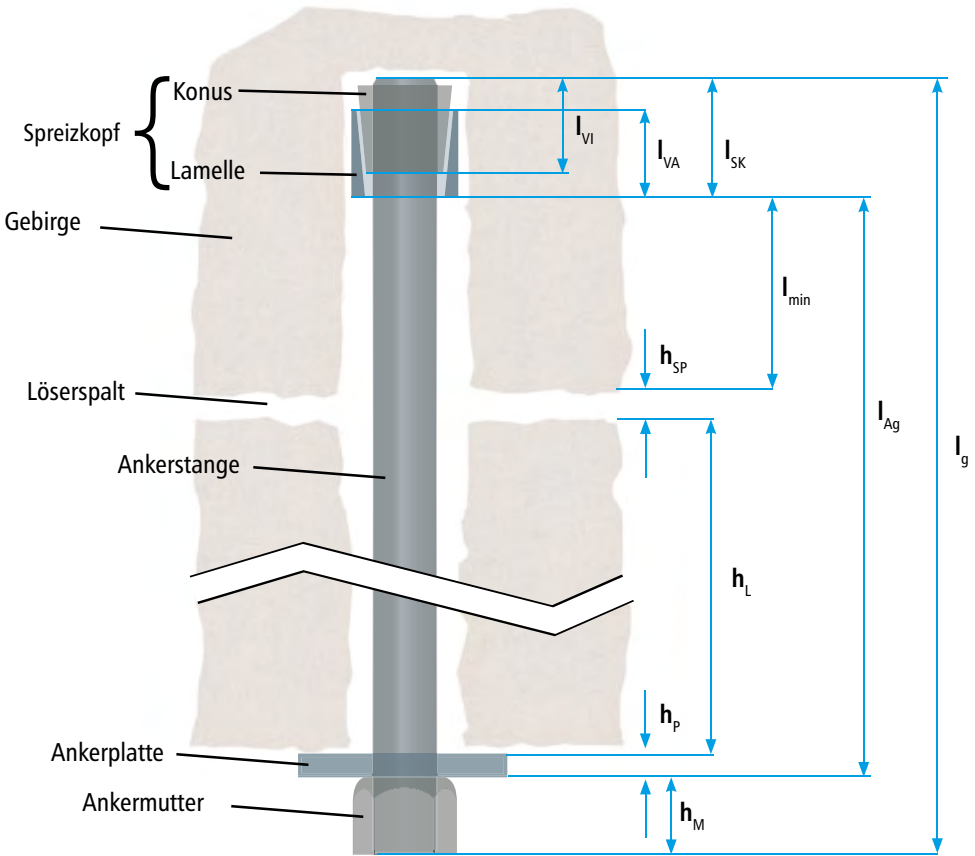
Mächtigkeit der Ablösung: $h_L = 0,628$ m

Die Länge (l_g) berechnet sich nach der oben genannten Gleichung:

$$l_g = 0,040 + 0,110 + 0,010 + 0,628 + 0,039 + 0,225 = 1,052 \text{ m}$$

Die Mindestlänge der Ankerstange muss mindestens 106 cm betragen. Der geplante Ankertyp kann eingesetzt werden, da die geforderte Mindestlänge erreicht ist.

Bestandteile und Längenbezeichnungen des Gebirgsankers



- l_{Ag} Wirksame Länge des Ankers
- l_g Gesamtlänge Ankerstange
- l_{min} Mindestsetztiefe des Spreizkopfes
- l_{SK} Länge des Spreizkopfes
- l_{VA} Länge der Lamelle
- l_{VI} Länge des Konus

- h_L Mächtigkeit der Ablösung
- h_M Höhe der Ankermutter
- h_p Höhe der Ankerplatte
- h_{SP} Höhe des Löserspalt

Anhang C: Hinweise zu Überwachungsmethoden

1. Firstbeobachtungslöcher

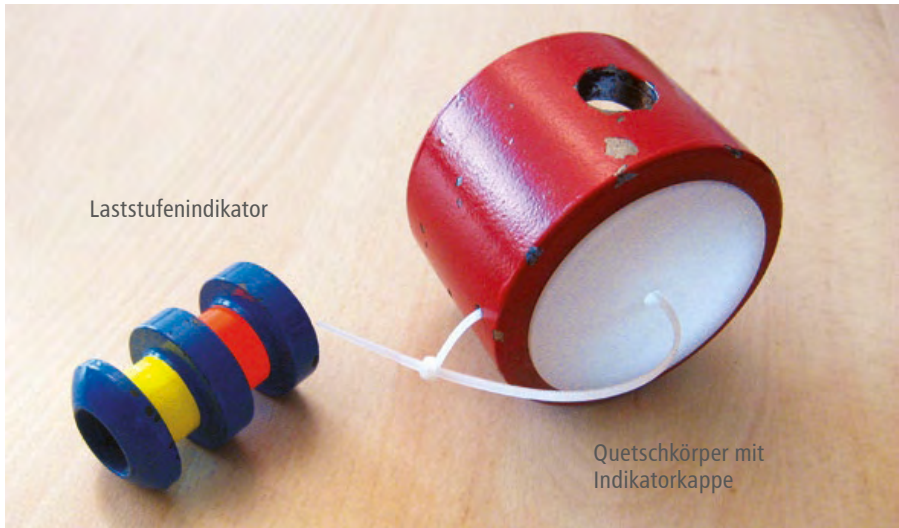
Firstbeobachtungslöcher, auch Fühlhaken-, Tast- oder Pilotbohrlöcher genannt, werden zur Kontrolle der Firste genutzt. Durch regelmäßiges Abtasten mit dem Fühlhaken können Ablösungen und Veränderungen in der Firste erkannt werden.

Die Aufblätterung des Gebirges gibt Aufschlüsse über das Absinken der Firste und ist ein Maß für die Belastung der Anker. Außerdem zeigen sie an, wie sich der zeitliche Ablauf der Firstbelastung vollzieht. Standortbezogen kann die Fühlhakenkontrolle in folgenden Situationen erfolgen:

- bei dünnbankigen Firstschichten,
- bei erhöhtem Abbaudruck sowie
- zur Kontrolle der Ankerung.

Firstbeobachtungslöcher sind in der Regel in Streckenmitte lotrecht zu den Firstschichten anzuordnen. Werden sie zur Ankerkontrolle eingesetzt, muss das Loch in unmittelbarer Nähe eines Ankers (Abstand etwa 0,5 m) eingebracht werden.

Festgestellte Ablösungen sind zu bewerten und können ggf. zu konkreten Maßnahmen führen, zum Beispiel zur Erhöhung der Ankerdichte oder zum Einsatz längerer Anker bzw. zum Nachberauben.

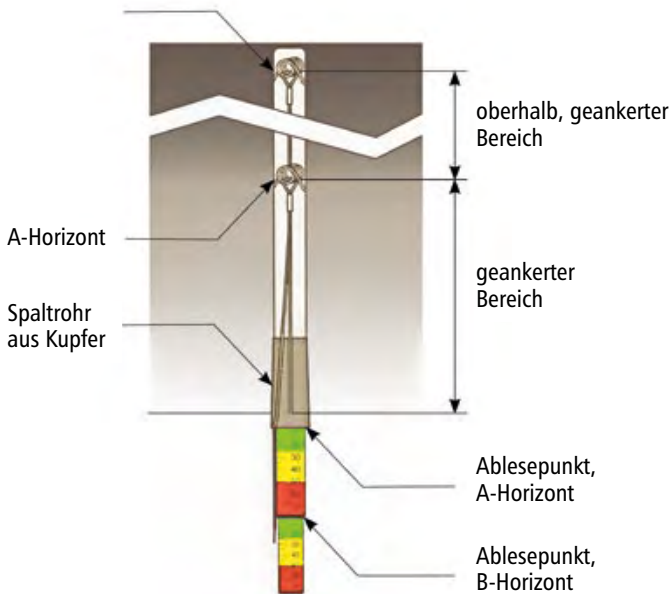


2. Laststufenindikatoren und Quetschkörper

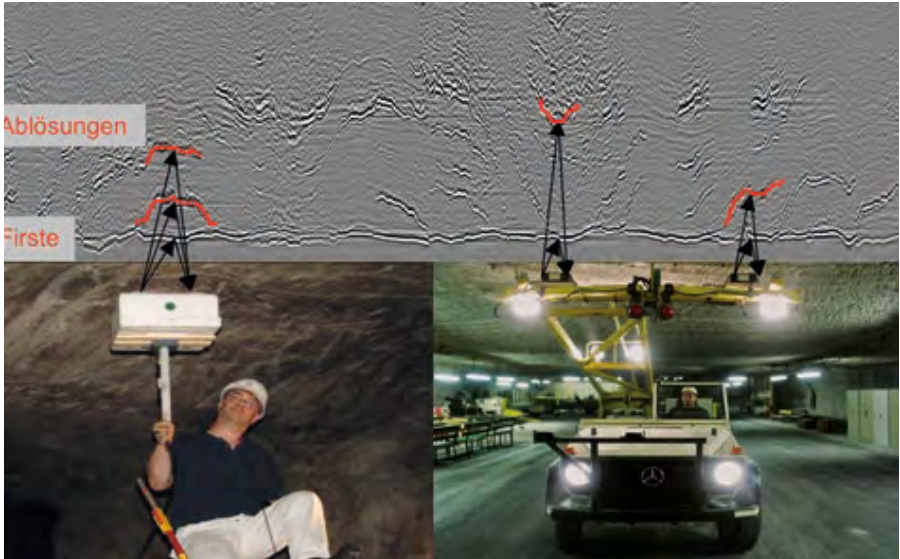
Laststufenindikatoren und Quetschkörper dienen zur visuellen Erfassung auftretender Beanspruchungen des Ankers. Sie werden auf das freie Ende des Ankers zur Ankerplatte aufgeschoben und mit der Anker Mutter fixiert. Die Laststufenindikatoren können zwei- und dreistufig ausgeführt werden. Gängige Laststufen für die überwiegend im Kali- und Steinsalzbergbau eingesetzten Spreizhülansenker sind 100 kN und 80 kN bzw. 100 kN und 50 kN. Quetschkörper (Abb. 2) gibt es in unterschiedlichen Belastungsstufen. Zur besseren Erkennung beanspruchter Quetschkörper können diese mit einer Indikatorkappe versehen sein, die beim Zusammenquetschen aus dem Quetschkörper herauspringt.

3. Extensometer (Tell-Tales)

Die Überwachung einer punktuellen Beanspruchung der Firste kann mit Hilfe von Mehrfach-Seilextensometern erfolgen. Gebräuchlich sind Zweifach-Seil-extensometer, die auch unter der Bezeichnung Tell-Tales bekannt sind. Dazu werden zwei Drahtseile mithilfe von Spreizfedern im entsprechenden Überwachungshorizont befestigt. Am unteren Ende ist jeweils eine Messhülse angebracht. Die Ablesung für den A-Horizont erfolgt an einem Spaltrohr aus Kupfer. Die im Durchmesser kleinere Messhülse für den B-Horizont befindet sich in der Hülse des A-Horizontes, die Ablesung des B-Horizontes erfolgt am unteren Ende des A-Horizontes. Diese Anordnung ermöglicht die getrennte Erfassung von Ablösungen in beiden Horizonten.



Zweifach-Seilextensometer (Tell-Tale), Grafik ORICA



4. Firstradar

Mit dem Firstradarverfahren können Ablösungen oberhalb der Firste von Strecken detektiert und ihre Ausdehnung erkannt werden. Die Detektion der Ablösungen erfolgt berührungslos über elektromagnetische Wellen, die über eine oder mehrere auf die Firste ausgerichteten Antennen in das Gebirge ausgesendet und empfangen werden. Die Radarmessung kann mittels eines handgeführten Gerätes oder auf einem Fahrzeug montierten Gerät erfolgen. Die Antennen des Gerätes werden während der Messung dem Verlauf der Firste im Abstand von ca. 50 – 100 cm nachgeführt. In den aufgezeichneten Radargrammen werden die Firste und evtl. vorhandene oberhalb liegende Ablösungen als Reflexionen abgebildet. Zusätzlich sind auch Reflexionen von geologischen Schichtgrenzen, wie z. B. Begleitlager, dünnen Ton- oder Anhydritlagen, zu sehen. Im Zweifelsfall kann der Nachweis einer Ablösung an der Verdachtsstelle durch zusätzliche Kontrollbohrungen erbracht werden. Bei festgestellten Ablösungen werden wie unter Punkt Fühlhakenlöcher festgelegte Maßnahmen durchgeführt.

5. Ultraschallmessungen

Die Ultraschallmessung ist ein Messverfahren zur Ermittlung der Beanspruchung eingebauter Spreizhülsenanker. Das Messprinzip beruht auf einer Ultraschalllängenmessung der Ankerstange. Die mechanisch, als Folge der Zugbeanspruchung, verursachte Längenänderung des Ankers wird mit Hilfe der Ultraschallprüfung gemessen und über eine Weg-Kraft-Kalibrierung in eine Zugkraft umgerechnet.



Ultraschallmessgerät mit Zubehör

Impressum

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.
Reinhardtstraße 18A
10117 Berlin
Tel. (0 30) 8 47 10 69.0
Fax (0 30) 8 47 10 69.21
E-Mail: info@vks-kalisalz.de
www.vks-kalisalz.de

**Ausschuss zur Beurteilung von Gebirgs-
ankern für die systematische Verwendung
im Kali- und Steinsalzbergbau**

K+S Aktiengesellschaft
Technical Center – Mining
Bertha-von-Suttner-Straße 7
34131 Kassel
Tel. (0561) 93011357
Fax (0561) 93011185

4. überarbeitete Auflage 2022

Gestaltung:
Alf Germanus, Grafische Erzeugnisse
BonnerStr.58, 53332 Bornheim

Fotos: K+SAG, Grafiken: VKS e.V.



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.