

**GEBIRGSSCHLÄGE ALS BERGMÄNNISCHES PROBLEM.
GENERALDISKUSSION, AUSBLICKE ZUM
BERGBEHÖRDLICHEN SEMINAR "BERGSCHLAGFORSCHUNG"
VOM 7. - 8.6.1984 IN BAD BLEIBERG**

Diskussionsleitung und Zusammenstellung

von

Günter B. Fettweis

Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie;
Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 8, Geotechnik
und Sicherheit im Bergbau - Bergschlagforschung, Seminar
in Bad Bleiberg am 7. und 8. Juni 1984, Wien 1985.

**GEBIRGSSCHLÄGE ALS BERGMÄNNISCHES PROBLEM.
GENERALDISKUSSION, AUSBLICKE ZUM
BERGBEHÖRDLICHEN SEMINAR "BERGSCHLAGFORSCHUNG"**

Diskussionsleitung und Zusammenstellung
von Günter B. Fettweis

1. Diskussionspunkte

In Anknüpfung an den Einführungsvortrag kann die Diskussion über Bergschläge und Bergschlaggefahren wie folgt strukturiert werden:

1. Problematik, allgemein und regional
2. Gesetzmäßigkeiten
3. Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren
4. Vorhersagen und Messungen dazu
5. Maßnahmen zur Beseitigung von Gefahren
6. Schutzmaßnahmen gegen Gebirgsschläge

2. Diskussionsablauf

Alle vorstehend genannten Punkte sind in den Vorträgen zur Sprache gekommen. Entsprechend wurden sie auch bereits in der den einzelnen Vorträgen gewidmeten Diskussion angesprochen. Die Generaldiskussion griff vor allem die Punkte 3. bis 6. wieder auf. Eine Reihe von Beiträgen wird nachstehend wiedergegeben.

3. Zu den Maßnahmen zur Vermeidung von Gebirgsschlaggefahren

E. Eckhart:

Welche zusätzliche konkrete praktische Maßnahmen könnten im Bergbau Bleiberg zu einer Verbesserung der Sicherheit vor Bergschlägen führen?

H. Wagner:

Beim Bergbau Bleiberg scheinen die gebirgsschlaggefährdeten Zonen an Klüfte gebunden zu sein, an denen großräumige Bewegungen erfolgten. Die Konzentration der Erscheinungen ist

örtlich begrenzt. Bergschlaggefährdeten Zonen folgen weite entspannte Zonen. Die Bergschlaggefahr klingt in Entfernung von den kritischen Störungen ab. Weiters ist die Höhe der Spannungen auch vom Querschnitt der ausgefahrenen Hohlräume abhängig. Der Einfluß auf das Gebirge ist bei kleinem Streckenquerschnitt geringer. Aus den genannten Gründen wären

1. von den kritischen Zonen und den Klüften Abstand zu halten
2. Klüfte nur rechtwinklig zu kreuzen
3. Streckenquerschnitte der Gefährdung anzupassen
4. kritische Zonen vorauszubestimmen.

4. Zur Vorhersage von Gebirgsschlägen und den Messungen dazu

H. Wagner:

Eine Möglichkeit der Lokalisierung von kritischen Zonen in Bleiberg wäre es, bei Vortrieben alle 100 oder 200 m in den Stoß gebohrte Löcher stark zu laden (59 kg) und abzutun. Durch dieses Erschütterungsschießen können Mikrovorgänge ausgelöst und lokalisiert werden.

Bei Vortrieben wäre auch auf die seismoakustische Aktivität zu achten und in die Streckenulme zu bohren, um ein allfälliges "Disking" festzustellen. Eine systematische Beurteilung des "Disking" bietet sich als Betriebsverfahren zur Erkennung von Spannungskonzentrationen an.

G. Bräuner:

Eine allfällige Beobachtung des Diskings halte ich für sehr wichtig, wobei ich jedoch erwähnen möchte, daß das Disking wie ein Meßvorgang sehr empfindlich ist und allenfalls auch durch zu großen Bohrdruck verursacht werden kann. Der Bohrmannschaft sind entsprechende Anweisungen zu geben.

A. Pahl:

Es wurden Untersuchungen im Salz durchgeführt, wobei sich zeigte, daß das Disking stark vom Bohrvorgang abhängig ist.

H. Hribernigg:

Bohrungen für Forschungszwecke zur Feststellung des Diskings sind sicherlich gut durchführbar, jedoch nicht im praktischen Bergbaubetrieb.

H. Bräuner:

Bohrungen zur Beobachtung des Diskings wären auf relativ kleine, als gefährdet bekannte Bereiche beschränkt. In manchen Gruben hat man damit gute Erfahrungen gemacht - vielleicht ist es einen Versuch wert.

D. Zach:

Von 18 Entspannungs- und Gebirgsschlägen, die innerhalb des Überwachungsbereiches in Bleiberg auftraten, waren 7 vorher-sagbar. Bei 11 Gebirgsschlägen verhinderten Bohrgeräusche eine Vorhersage. Ist es nicht möglich, Bohrgeräusche auszu-filtern? Gibt es auf Bohrgeräusche gerichtete Gesetzmäßig-keiten, die ausscheidbar sind?

H. Hick:

Bohren erzeugt Felsbrüche, wie natürliche Brüche auch, je-doch mit konstanter Wiederholungsfrequenz. Zwischen den ein-zelnen Schlägen treten Ruhepausen von ca. 30 ms ein. Es wäre vorstellbar, die Schläge elektrisch auszublenden. Dann könnte man diese 30 ms-Ruhepausen ausnützen. Dies geht je-doch nur, wenn nur ein einziger Bohrhammer arbeitet, weil sich sonst wieder mehrere Geräuschquellen überlagern.

H. Widor:

Welche Erfolge haben die Beobachtungen in Bleiberg bisher gebracht?

E. Eckhart:

Die Auswertungen der Versuche Dr. Hicks haben für die Praxis bisher keine Erfolge gebracht. Erfolgsandeutungen auf Grund der Auswertung von Schreiberstreifen über gewisse Zeitab-schnitte konnten bereits gesehen werden, es war jedoch noch

nicht möglich, diese Ergebnisse in die Praxis einfließen zu lassen. Die Versuche sind noch nicht über das Stadium der Grundlagenforschung hinausgediehen.

G. Fettweis:

Was bedeutet dann ein 40 %-iger Erfolg der Messungen, wie er im Vortrag genannt worden ist? Was wurde als Ereignis eingesetzt?

H. Hick:

Von 35 hörbaren Ereignissen waren 10 gefährliche Bergschläge und 25 Entspannungsschläge. Von den 8 Bergschlägen, die innerhalb des Überwachungsbereiches auftraten, wurden 3 mindestens 1 Stunde vorher durch einen starken Anstieg der Schallemissionsrate angezeigt und 4 weitere durch eine erhöhte Untergrundrate schon einige Tage vorher angekündigt.

G. Fettweis:

Gibt es Fälle, wo Ankündigungen vorhanden waren, aber kein Gebirgsschlag erfolgte?

H. Hick:

An 25 arbeitsfreien und daher störungsfreien Tagen wurden nur viermal kurzzeitige Überschreitungen einer "Alarmschwelle" festgestellt. Zwei von diesen Ereignissen wurden auch von der nahegelegenen seismischen Station registriert und waren vermutlich Entspannungsschläge.

F. Kohlbeck:

Es ist noch ein weiter Weg zwischen Theorie und Praxis für die Vorhersage. Es müßte möglich sein, Vortriebe so zu gestalten, daß nichts passiert. Die Messungen müßten deshalb zur optimalen Beherrschung des Gebirges verwendet werden.

H. Wagner:

Eine Registrierung der Ereignisse ist möglich. Das Problem liegt darin, ob die Wellenanhäufungen zu Ereignissen führen,

die infolge ihres Energieinhaltes einen Schaden verursachen. Die in Bleiberg verwendeten seismoakustischen Verfahren sind vielversprechend, weil hier sowohl die Herdzone als auch der Energieinhalt relativ klein sind. In Südafrika ist ihre Anwendung problematisch, da hunderte Quadratkilometer abgebaut werden und die Auswirkungen weit in das Gebirge reichen.

G. Bräuner:

Eine Bemerkung zur Gefahrenbeurteilung: Man muß dabei die Betriebsbedingungen einbeziehen, denn ein Gebirgsschlag kann, unter sonst gleichen Umständen, eintreten oder ausbleiben, je nachdem, wo und wieviel Abbau betrieben wird. Zur externen Auslösung: Wenn ein Gebirgsschlag von einem Impuls ausgelöst wird, der von einer anderen Stelle ausgegangen ist, z.B. von einer entfernten Sprengstelle, dann wird an der Gebirgsschlagstelle schon vorher eine besonders hohe statische Grundbelastung geherrscht haben. Die Gefahr in diesem erweiterten Sinn hat dann schon länger bestanden. Zu ihrer Behebung kann versucht werden, die Grundbelastung zu verringern: das Prinzip der Entspannungsmaßnahmen.

A. Scheidegger:

Bergschläge werden durch die Anisotropie und Inhomogenität des Gebirges begünstigt. Für eine Voraussage sollte man sich über den Primärspannungszustand im klaren sein.

5. Zur Beseitigung von Gebirgsschlaggefahren

H. Rainer:

Herr Dr. Wagner, werden Ihre Erkenntnisse in Südafrika angewendet? Wie haben sich dort die Verhältnisse entwickelt? Wird das von Ihnen erwähnte Erschütterungsschießen auch in Südafrika angewendet?

H. Wagner:

Als ich vor ca. 15 Jahren meine Tätigkeit begann, waren die gebirgsschlaggefährdeten Bergwerke etwa 3.000 m tief, heute geht der Bergbau in einer Teufe von 3.800 m um, Schächte

werden für einen Abbau in einer Teufe von 4.500 m ausgelegt, wobei man Endteufen von 5.000 m anstrebt.

Viele Unfälle erfolgen durch Nachlässigkeiten beim Einbringen des Ausbaues. In diesem Zusammenhang muß bemerkt werden, daß die Gesamtabbaulänge des Golderzbergbaues rd. 300 km ist, die täglich ausgebaut und gesichert werden muß.

Sicher erfolgen Unfälle immer wieder durch menschliches Versagen in gebirgsschlaggefährdeten Bereichen. So werden etwa Strecken parallel zu Störungen oder in Restpfeilern aufgefahren. Durch konsequente Anwendung des heutigen Wissensstandes wäre es meines Erachtens möglich, die Anzahl der Gebirgsschlagunfälle zu halbieren.

Das Erschütterungsschießen wurde zu Beginn der 60-er Jahre eingeführt. Ein Großteil der Energie wird durch den Abbaufortschritt selbst freigesetzt, das Erschütterungsschießen reduzierte die Zahl der Gebirgsschläge nicht wesentlich.

Heute wird das Erschütterungsschießen wieder erprobt. Es hat sich gezeigt, daß durch das Erschütterungsschießen nicht die Abbaustöße entspannt werden, sondern die Spannungsänderung vergrößert und so die Wahrscheinlichkeit einer Auslösung vergrößert wird. Das Erschütterungsschießen ermöglicht es jedoch, die Gebirgsschläge zu einem genehmen Zeitpunkt auszulösen.

6. Zu Schutzmaßnahmen gegen Gebirgsschläge

H. Wagner:

Ausbaubetrachtungen für gebirgsschlaggefährdete Bereiche

Die im Bergbau allgemein übliche Methode der Ausbaubemessung beruht auf dem Prinzip der Beherrschung der Auflockerungszonen um Grubenbaue. Zwei wesentliche Gesichtspunkte werden dabei berücksichtigt: Zum einen muß die Ausbaudichte und Stützkraft so bemessen werden, daß das Totgewicht der Auflockerungszone bei zulässigen Hohlraumkonvergenzen getragen

wird. Zum anderen muß der Ausbau die Bruchverformungen um den Hohlraum kontrollieren, um unzulässige Gebirgsauflockerungen und den damit verbundenen Festigkeitsabbau des Gebirges so gering wie möglich zu halten.

Diese grundsätzlichen Anforderungen an den Grubenausbau gelten auch für gebirgsschlaggefährdete Bereiche. Hinzu kommen jedoch noch zwei weitere Anforderungen, nämlich der Ausbau muß in der Lage sein, die mit Gebirgsschlägen verbundenen hohen Verformungsgeschwindigkeiten aufnehmen zu können, ohne seine Wirksamkeit einzubüßen. Die zweite spezifische Anforderung ist, daß der Ausbau in der Lage sein muß, die mit der plötzlichen Hohlraumveränderung verbundene kinetische Energie durch Formänderungsarbeit aufzunehmen. Das zugrunde liegende Prinzip kann an Hand des folgenden Beispiels dargestellt werden.

Im Hangenden eines Grubenbaues befindet sich eine lose Gesteinsschicht mit Masse, m_i . Diese Schicht wird vom Grubenausbau getragen.

Unter normalen Bedingungen ist die folgende Ausbaustützkraft, A_S , ausreichend:

$$S \cdot m_i \cdot g = A_S \quad (1)$$

g Erdbeschleunigung

S Sicherheitsfaktor ($S > 1$)

Im Falle eines Gebirgsschlages wird die Gesteinsschicht beschleunigt und erreicht eine Grenzgeschwindigkeit v_{\max} . Die kinetische Energie der losen Gesteinsschicht muß vom Ausbau aufgenommen werden.

$$\frac{m_i v_{\max}^2}{2} = \int_0^x A_S dx \quad (2)$$

wobei x , die Ausbauverformung ist.

Im Falle von hydraulischem Stempelausbau, $A_S = \text{konstant}$, kann Gleichung (2) wie folgt vereinfacht werden:

$$m_i \cdot v_{\max}^2 = 2 A_S \cdot x \quad (3)$$

Für die Beurteilung der Fähigkeiten eines Ausbausystems unter Gebirgsschlagbedingungen sind die Ausbaustützkraft, A_S , und die Ausbauverformung, x , gleichermaßen bedeutend. Eine Auswertung des Arbeitsvermögens verschiedener Ausbausysteme zeigt, daß hydraulischer Stempelausbau mit Gebirgsschlagventilen besonders gut geeignet ist, Gebirgsschlagauswirkungen zu kontrollieren. Es ist von Interesse, daß die Ausbauverformung in vielen Fällen der kritische Parameter ist. Dies gilt insbesondere für Anker Ausbau. Die Entwicklung von nachgiebigem Anker Ausbau ist demnach eine der wichtigsten Aufgaben auf dem Gebiet der Beherrschung von Gebirgsschlägen.

G. Feder:

Es ist unbedingt notwendig, die Spannenergie zu ermitteln, um die durch den Ausbau zu haltenden Massen abzuschätzen.

A. Pahl:

Bei der Entladung von dynamischer Energie ist ein Anker nur dann von Wert, wenn er in Richtung der Entladung liegt, da er sonst auf Scherung beansprucht wird.

P. Schubert:

Dr. Wagner hat in seinem Vortrag glatte Ankerstangen erwähnt, die in Bohrlöchern einzementiert werden. Der Auszieh-widerstand ist von der Verbundlänge abhängig. Wie wird die Ankerlänge dimensioniert?

H. Wagner:

Die Ankerstangen haben eine Länge von 1,8 m, da die Bruchzone auf ca. 1/3 der Streckenhöhe oder -breite (3 x 3 m) reicht. Das Problem dieser Art des nachgiebigen Ausbaues liegt darin, daß die Haftung der Stange im Mörtel nicht zu groß sein soll, da der Anker dann zu Bruch geht. Bewährt haben sich auch Anker mit einem konischen Teil, der bei größerer Belastung in ein Rohr eindringt und dieses dabei verformt. Hierdurch kann eine große Nachgiebigkeit erzielt werden.

P. Schubert:

Wie ist die Verformungscharakteristik dieser Anker?

H. Wagner:

Weitgehend konstant.

7. Schlußbemerkungen

G.B. Fettweis:

An erster Stelle zukünftiger Arbeiten sollte das Bemühen stehen, die Ergebnisse der Bergschlagforschung in Bleiberg auf meßtechnischem Gebiet im Hinblick auf eine praktisch anwendbare Bergschlagvorhersage auszuwerten bzw. weiter zu entwickeln. Hierzu ist ein laufender enger Kontakt zwischen dem Betrieb und allen angesprochenen Fachwissenschaftlern in Seibersdorf und Leoben erforderlich. Dabei sollte auch der Erfahrungsaustausch mit dem Bergbau Raibl und dem Institut für Bergbaukunde der Technischen Hochschule Turin fortgesetzt werden.

Zum Abschluß sei auch an folgende in der Diskussion genannten Vorschläge erinnert:

Zu Punkt 2.: Gesetzmäßigkeiten

H. Weber zum Vortrag von H. Hick: Ausführung von geotechnischen Gesteins- und Gebirgsuntersuchungen in Bleiberg, um die Einflüsse zu untersuchen, die gegebenenfalls vom Zustand des Gebirges ausgehen.

In diesem Zusammenhang ist auch eine Wiedererrichtung des seinerzeitigen Arbeitskreises "Technische Gesteinsbeschreibung" des Bergmännischen Verbandes Österreichs zu prüfen, an den H. Weber erinnert hat.

Zu Punkt 4.: Vorhersagen und Messungen dazu

A. Scheidegger in der Generaldiskussion: Erfassung und Auswertung des Primärspannungszustandes.

H. Wagner zum Vortrag von H. Hick: Auswertung des Energieinhaltes der seismoakustischen Signale.

H. Wagner in der Generaldiskussion: Versuche zur Lokalisierung von kritischen Zonen durch Erschütterungsschießen und Messung der dadurch ausgelösten Mikrovorgänge.

H. Wagner in der Generaldiskussion: Versuche mit Bohrungen in die Streckenulme, um Spannungskonzentrationen über ein allfälliges "Disking" feststellen zu können (und eventuell Anpassung dieses Verfahrens an den praktischen Bergbaubetrieb).

Zu Punkt 5.: Maßnahmen zur Beseitigung von Gefahren

G. Feder zu den Vorträgen von E. Eckhart und G. Bräuner: Versuche mit einem Tränken des Gebirges in Bleiberg als Mittel zur Bergschlagbekämpfung.

Zu Punkt 6.: Schutzmaßnahmen

H. Wagner zum Vortrag von G. Feder und in der Generaldiskussion: Versuche mit nachgiebigen Gebirgsankern.

Neben den Vorträgen hat fraglos auch die Diskussion zu wertvollen Ergebnissen geführt. Den Vortragenden und den Diskussionsrednern ist dafür herzlich zu danken, ebenso wie allen, die an der Vorbereitung und Durchführung dieses Seminars beteiligt waren.

Anschriften der Verfasser

Dr. Ing. Gerhard BRÄUNER
Steinkohlenbergbauverein

Franz-Fischer-Weg 61
D-4300 Essen-Kray

Berginspektor
Dipl.-Ing. Erwin ECKHARD
Bleiberger Bergwerks-Union AG

9530 Bad Bleiberg/Kreuth

em.o.Univ.-Prof.Dipl.-Ing.Dr.techn. Georg FEDER
Institut für Konstruktiven Bergbau,
Montanuniversität Leoben

Franz-Josef-Straße 18
8700 Leoben

o.Univ.-Prof. Assessor des Bergfachs
Dipl.-Ing.Dr.Ing.h.c. Günter B. FETTWELS
Institut für Bergbaukunde
Montanuniversität Leoben

Franz-Josef-Straße 18
8700 Leoben

Prof.Ing. Mauro FORNARO
Dip.Georisorse e Territorio Politecnici

Corsa Duca degli Abruzzi, 24
I-10129 Torino, Italy

Dr. Harald HICK
Österreichisches Forschungszentrum
Seibersdorf Ges.m.b.H.

Lenaugasse 10
1082 Wien

Univ.Doz.Oberassistent Dipl.-Ing.
Dr.techn. Franz KOHLBECK
Institut für Theoretische Geodäsie
und Geophysik

Gußhausstraße 27-29
1040 Wien

Geologiedirektor
Prof.Dr. Arno PAHL
Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe

Alfred-Bentz-Haus
Postfach 510153
D-Hannover 51

o.Univ.-Prof.Dipl.Phys.
Dr.phil. Adrian Eugen SCHEIDEGGER
Institut für Theoretische Geodäsie
und Geophysik

Gußhausstraße 27-29
1040 Wien

Dipl.-Ing.Dr.mont. Horst WAGNER
Chamber of Mines Research Organisation

P.O.Box 92230
Auckland Park 2006
South Africa