

**DIE GEBIRGSSCHLAGBEKÄMPFUNG IM BERGWERK RAIBL. DIE DURCHGE-
FÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN, DIE GESAMMELTEN ERFAHRUNGEN UND DIE
HEUTIGEN STUDIEN**

von

Mauro Fornaro

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.

DIE GEBIRGSSCHLAGBERÄMPFUNG IM BERGWERK RAIBL. DIE DURCHFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN, DIE GESAMMELTEN ERFAHRUNGEN UND DIE HEUTIGEN STUDIEN

von Mauro Fornaro *)

Dieser Bericht stellt eine informative Zusammenfassung der in den Sechziger- und Siebzigerjahren vom Bergbauinstitut des Politecnico Turin unter Mitwirkung des Bergbaues Raibl durchgeführten Untersuchungen und die erste Mitteilung der, im Bereich einer von der EWG teilweise unterstützten Forschung als Zusammenarbeit des ehemaligen "Istituto di Arte Mineraria" - heute "Dipartimento di Georisorse e Territorio" vom Politecnico Turin - unter der dem italienischen Konzern ENI angehörenden Samim Bergbaugesellschaft geplanten Studien dar.

1. Allgemeine Daten

Im Bergbau Raibl wird eine seit mehreren Jahrhunderten bekannte Erzlagerstätte abgebaut, die in den westlichen Julischen Alpen bei der heute italienischen Ortschaft Cave del Predil (Udine) liegt, nicht weit von der jugoslawischen und österreichischen Grenze entfernt (Abb. 1). Die Vererzung tritt in Karbonatgesteinen des Mesozoikums - Ladin und Karn - auf. Die Mineralisierung besteht, in Zusammenhang mit den tektonischen Störungen, aus gang- oder säulenförmigen Körpern (Abb. 2).

Die Abbaue erstrecken sich von der Höhe + 500 m (über dem Talniveau) bis zu der Tiefe - 500 m, wobei der kahle Osthang des Königsberges (Monte Re) von besonderem Interesse ist.

In den höheren Bereichen des Bergbaues werden oxidische, in den tieferen Bereichen sulfidische Blei- und Zinkerze gewonnen. Die Lagerstätte hat einen durchschnittlichen Zinkgehalt von etwa 4 %, der Bleigehalt liegt weit niedriger. Die Roherzförderung erreicht pro Jahr 300.000 t, was etwa einem Viertel der gesamten italienischen Zinkproduktion und einem Achtel der Bleiproduktion entspricht. Die Abbaumethode war früher der Firstenstoßbau mit losem Versatz (Abb. 3). Heute wird in den Teilsohlen der Betonversatz angewandt (Abb. 4).

*) Unter Mitarbeit von Lelio Stragiotti, Ernesto Armando, Sebastiano Pelizza, Otello Del Greco, Tonino Viaro, Domenico Lipari, Luciano De Nardi, Piero Milanese und Paolo Occhi.

2. Der Bergbau und die Gebirgsschläge in Raibl

2.1 Tektonische Übersicht des Lagerstättenbereiches

Die Lagerstättenbereiche wurden im Laufe der geologischen Zeiträume viel mehr als andere Bereiche der Julischen Alpen stark tektonisch zerlegt, wobei drei Hauptssysteme erkennbar sind:

- N-S verlaufende parallele Störungen (Fallbach, Aloisi, Struggl, Abendblatt, Rinnengraben);
- NE-SW Störungen und die symmetrischen Klüfte, welche die oben genannten Störungen durchschneiden;
- westlich vom Königsberg sichtbare Störungen, die parallel zum Kontakt zwischen dem Riffkomplex und den Raibler Schichten verlaufen (Abb. 5).

Das Gefüge des Gebirges wird sowohl von kleinen Klüften mit Öffnungsweiten von wenigen Dezimetern, als auch von den großen Trennflächen mit dolomitischer und kalzitischer Füllung bestimmt. Die Störungen zeigen breite (bis zu Zehner von Metern) Brekzienzonen, teilweise mylonitisierte Gesteine, Wasserzutritt und Vererzungen (17).

Trotz der zahlreichen geologischen Studien gibt es für Raibl kein erschöpfendes tektonisches Schema, sondern nur begrenzte lokale Profile (Abb. 6).

Zusammenfassend kann man den tektonischen Ablauf etwa in drei Phasen unterteilen:

- Bildung einer Faltenstruktur und Entstehung von NE-SW streichenden Querklüften und Störungen;
- Anlage eines Kesselbruches;
- Bildung des Grabens und Felsblockabsinken.

Dieser Werdegang scheint ziemlich vergleichbar mit der tektonischen Entwicklung in Bleiberg.

2.2 Der Spannungszustand und die Gebirgseigenschaften

Infolge der tektonischen starken Beanspruchungen ist der Spannungszustand im Gebirge abnorm, was aus den in situ-Messungen (Tab. 1) deutlich zu erkennen ist, die vom Politecnico Turin, unter einer Überdeckung von 400 m in einem neben der Aloisi-Störung liegenden Abbaurevier, durchgeführt worden sind (15).

Ähnliche absolute Spannungsmessungen zeigten in Bleiberg auch einen primären Zustand, dessen hohe Werte mit der lithostatischen Überdeckung kaum zu erklären sind (6). Man sollte deswegen drei Komponenten der Gebirgsspannungen betrachten:

- den statischen Schweredruck;
- die tektonischen Spannungen
und
- die Restspannungen (19).

Unter diese Spannungen sind aber die sekundären Spannungen zu subsumieren, die durch die Abbauarbeiten bedingt sind. Dazu ist die geomechanische Wechselwirkung von einer Kluft zu einem daneben aufgefahrenen Stollen (Abb. 7) bezeichnend (12). Es ist auch zu beobachten, daß die Eigenschaften der Kalk- und Dolomitgesteine in Raibl noch mehr als in Bleiberg eine deutliche Neigung zeigen, die große elastische Verformungsenergie zu speichern.

2.3 Die Gebirgsschläge

Man braucht hier nicht die wohl bekannten physikalischen Voraussetzungen über Berg- und Gebirgsschläge d.h. über den "spröden Bruch unterschiedlich großer Gebirgsvolumina unter plötzlicher Freisetzung von Energie", nach der heutigen allgemeinen Definition, wiederholen (5, 13). Diese umfassende Definition hat zu einer interessanten Klassifizierung der Erscheinungen dieser Art nach Ursachen, Voraussetzungen und Bedingungen, wie in der Tab. 4 wiedergegeben worden ist, geführt. Dies schließt nicht die Betrachtung der natürlichen und induzierten seismischen Ereignisse aus und erlaubt eine vielversprechende Unterscheidung zwischen statischen und dynamischen Gebirgsschlägen (7).

Der statische Gebirgsschlagtyp z.B. sollte von lokalen Spannungskonzentrationen in der Umgebung bergmännischer Hohlräume ausgehen, die in tektonisch sehr beanspruchten Gebieten aufgeföhren worden sind. In diesem Fall stimmen Herd der normalerweise begrenzten Energieauslösung und Ort der Erscheinungen überein, d.h. das Phänomen wird von den Abbauarbeiten stark beeinflusst.

Bei den dynamischen Gebirgsschlagtypen verbreitet sich die ausgelöste z.B. seismische Energie (8) aus dem Hypozentrum im Gebirge weit und sie kann Gesteinsvolumina der Felsstrukturen, z.B. Pfeiler und Sohlen, die normalerweise schon gespannt sind, betreffen und zerstören. Einen solchen Unterschied sollte man feststellen, um plötzliche Zusammenbrüche von Bergfesten zu erklären, die an sich standsicher dimensioniert waren. Deswegen sollte man mindestens den betreffenden Mechanismus der Gebirgsschläge untersuchen, bevor mit großem Aufwand deren Bekämpfung begonnen wird. Im Falle von Raibl sind beide Typen von Gebirgsschlägen anzutreffen. Manchmal hat man die Energieauslösung registriert, ohne aber den Herd und/oder den Ort der Erscheinungen lokalisieren zu können. Zwischen den Hauptstörungen stehen die Gebirgsblöcke unter einer gewissen Spannung und die seismischen Ereignisse, die man vor den Gebirgsschlägen ab und zu feststellen kann, sollten durch solche Verschiebungen und Bewegungen mit Energieauslösung erklärt werden. Ausgehend von den zahlreichen im Bergbau gesammelten Daten, ist zu sagen, daß die Aloisi- und Struggl-Störungen (*) ohne weiteres aktiv sind und deren Abbaureviere deswegen eine gewisse Neigung zu Gebirgsschlägen äußern, besonders wo schwache Krümmungen der Störungsblätter eine höhere lokale Gesteinsspannung und Energiespeicherung, hervorrufen.

(*) Die Keilform des zwischen Aloisi- und Struggl-Störungen gepreßten Gebirgsblockes, der nach Süden geschoben scheint, könnte eine Erklärung für den großen Spannungszustand im Fels geben, der abgebaut wird.

3. Die Bergschlagforschung

Die durchgeführten Untersuchungen über Gebirgsschläge, an denen Forscher des Politecnico Turin und bis zum Jahr 1972 auch die Wissenschaftliche Akademie Prag teilgenommen haben (11), bestehen in:

- a) Ermittlung von starren oberirdischen und untertägigen Bewegungen von Felskörpern, die von den Störungen begrenzt sind;
- b) in situ und im Labor durchgeführten Versuchen, um die geomechanischen Eigenschaften der Gesteine und des Betonversatzes zu bestimmen;
- c) Festlegung des primären und sekundären Spannungszustandes im Fels und Bemessung von Spannungen und Verformungen im Versatz;
- d) Analyse der Spannungsverteilung mit numerischen Methoden in der Umgebung eines typischen in Betrieb befindlichen Abbauraumes;
- e) seismischer Registrierung aller hörbaren und mit dem Ohr nicht wahrnehmbaren Schläge und möglicher Lokalisierung des Hypo- und Epizentrums.

Zu a) Man konnte feststellen, daß sich das Nivellement zur Vermessung der vertikalen Bewegungen der Fixpunkte als genau und zweckmäßig erwiesen hat (2). Leider kann heute noch keine sichere Auslegung der Messungen vorgestellt werden, da einige Markierungen der ursprünglichen topographischen Fluchten (Abb. 8), die parallel und quer zu den Aloisi- und Struggl-Blättern aufgestellt waren, schon verloren gegangen sind. Auf jeden Fall soll man hier darauf achten, daß die Blockverschiebungen in engem Zusammenhang mit den seismischen Ereignissen dieser Region stehen.

Zu b) Eingangs wurden bereits die felsmechanischen Kennwerte der Dolomite erwähnt. In gleicher Weise wurden die geomechanischen Eigenschaften des in Raibl angewandten Betonversatzes bestimmt. Die Ergebnisse der Laborversuche sind aus Tab. 5 zu ersehen (14).

Zu c) Außer den schon erwähnten Spannungsmessungen mit der "doorstopper"-Methode wurden Konvergenzmessungen in Sohlstrecken durchgeführt, die aber keine große Verformung im Gefolge von Abbauarbeiten in nahen Bauabschnitten nachgewiesen haben. Im losen und erhärteten Versatz wurden hydraulische Meßdosen (Typ Glötzl) eingebettet und elektrische Deformometer (Typ IAM) eingestellt (15).

Die Messungen wurden jahrelang beobachtet. In Abb. 9 sind die Ergebnisse, die den Messungen im Nordschlagabschnitt (zwischen der XV. und XVII. Sohle) entsprechen, graphisch eingetragen.

Man hat damit eine Konvergenzzunahme nach jeder Abbautätigkeit von 8 mm/3 m und eine abnehmende Druckzunahme von 25; 5; 3 ... kg/cm² nachgewiesen.

Zu d) Es wurde ein Modell mit finiten Elementen ausgearbeitet, um Rechnungsergebnisse mit den vorhandenen Meßwerten zu vergleichen; man wollte damit ein vielversprechendes Hilfsmittel prüfen, um die Druckverteilungen und die Verformungen in Fels- und Versatzstrukturen vorhersagen zu können.

Es wurde festgestellt, zu unrealistische Werte für den E-Modul von Fels und Versatz eingesetzt zu haben - die in situ ganz anders als im Labor sind und die wichtige Rolle unterschätzt zu haben, welche Störungen und deren Füllungen praktisch spielen, abgesehen von den unklaren Randbedingungen die, wie in der Fachliteratur erörtert worden ist, auch in der Modellierung der Lagerstätte in Bleiberg Schwierigkeiten verursacht haben.

Zu e) Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- seismische Registrierungen, um Gebirgsschläge lokalisieren zu können;
- seismoakustische Aufnahmen, um eine Vorhersage zu ermöglichen.

Leider hat sich die elektrische Apparatur zwar als theoretisch (9) passend, aber praktisch als unzweckmäßig erwiesen, da die Umweltsbedingungen in der Grube sehr schwierig sind (15).

Die interessantesten Ergebnisse (3, 4) wurden mit seismoakustischen Aufnahmen von einem Apparat gewonnen, dessen Hauptteile mit Buchstaben in Abb. 10 schematisiert sind.

G: elektromagnetische Geophone;
A: Verstärker;
F: Filter;
RI: Gleichrichter und Integrator;
RG: Galvanometrische Registrierungsapparatur.

Es wurde eine Methode ermittelt, die nach dem Vergleich der "Stundenfrequenz" der Impulse mit ihrem kritischen Grenzwert eine gewisse Vorhersage der Gebirgsschläge ermöglicht.

In der Literatur werden die Grundlagen dieses Verfahrens ausführlich erörtert (15): eine zunehmende Zahl der pro Stunde registrierten Impulse, die größer als der charakteristische Grenzwert ist, sollte einen höchstwahrscheinlich bevorstehenden Gebirgsschlag vorher anzeigen.

Mit der in Abb. 11 dargestellten Aufstellung wurden im Aloisi- (1. Störungsblatt) -Abbauabschnitt mit gutem Erfolg heftige Energieauslösungen einige Tage vorausgesagt, so daß die Bergleute die Abbaureviere rechtzeitig verlassen konnten.

Nach dem Jahr 1975 wurden die Geräte abmontiert, da mit der neuen Abbaumethode und der Betonversatzanwendung die Gebirgsschlaghäufung in den Revieren stark zurückgetreten ist.

Heute scheint es aber empfehlenswert, mit dem Abteufen der Abbauräume, besonders in den gefährdeten Zonen, diese Forschungsarbeiten wieder zu beginnen und neue, verbesserte Geräte einzustellen.

Auf jeden Fall ist ein neues Gerät von der Firma Oceanic installiert worden, obwohl es im Moment, nach den ersten interessanten Ergebnissen, wegen der Störungen am Prozessor, außer Betrieb steht.

Mittlerweile sind vier Geophone G heute noch an dem Störungsblatt "West Struggl" in Betrieb, da man neue Kabel, Anschlüsse und Verstärker anbrachte.

In Abb. 12 und 13 wird die Lage dieser Geräte und der neuen geophysikalischen Ausrüstungen eingetragen; es handelt sich um neun piezoelektrische Aufnehmer, die durch Kabeln mit einem Registrierungsapparat und endlich mit einem Rechner für die Datenbearbeitung angeschlossen worden sind. Die Forscher hoffen, neue Daten und zuverlässige Ergebnisse damit zu gewinnen.

4. Folgerungen für den Bergbau

Nach den durchgeführten Studien wurden in Raibl Erfolge bei der Gebirgsschlagbekämpfung erzielt. Gegen die "statischen" Gebirgsschläge werden heute, außer der seismoakustischen Kontrolle auch passive Maßnahmen, wie nachgiebiger Ausbau, Felsanker, Netz, Spritzbeton usw., angewandt. Die Restpfeiler werden sorgfältig dimensioniert.

Gegen die dynamischen Gebirgsschläge, die normalerweise schwierig vorauszusehen sind, hat sich das Beton-Versatzverfahren als hervorragend gut erwiesen (16): die Häufung und die Energieauslösungen sind in den Siebzigerjahren stark zurückgetreten (Abb. 14). Mit dieser Abbaumethode hat sich nicht nur die Sicherheit der Arbeit, sondern auch die Ausnutzung der Lagerstätte weiter verbessert.

Die Verminderung der Gebirgsschläge wird durch die günstigere Spannungsverteilung im erhärteten als auch im losen Versatz erklärt (Abb. 15).

5. Unmittelbares Forschungsprogramm für Raibl

Ein neues, anspruchsvolles Forschungsprogramm über die Gebirgsschläge wurde vor kurzer Zeit gemeinsam vom Politecnico Turin und vom Bergbau Raibl entwickelt.

Die vorgesehenen geophysikalischen und felsmechanischen Untersuchungen werden teilweise auch von der EWG finanziell

unterstützt, die an einer Rationalisierung des Bergbaues interessiert ist, um eine Reduzierung der Gesamtkosten und eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu erreichen. Man versucht jetzt zwar größere, aber standsichere Abbauräume, die später nur teilweise d.h. nicht in der ganzen Höhe mit Betonversatz verfüllt werden, herzustellen und neue angepaßte Ausbaumaßnahmen und -methoden für Rampen und Strecken in die Tat umzusetzen.

Man will mit einer Folge von neuen in situ- und Laborversuchen die geomechanischen Eigenschaften (Elastizitätsmodul, Festigkeit, Verformungscharakteristika) von Gebirge und Versatz bestimmen, um mit Hilfe neuer numerischer (nach den finiten Elementen oder nach Boundary Element Methoden) Modelle zuverlässige Ergebnisse über das Verhalten der Bergbaustrukturen anstreben.

Es scheint z.B. heute für die Bergbau-Aufschlußarbeiten sehr interessant, eine Spannungs- und Verformungsuntersuchung in der Umgebung eines in der Nähe eines Störungsblattes aufgefahrenen Stollens durchzuführen, der mit modernem Ausbau gesichert ist, wie es schon im Bau der Hauptrampe, die mit einem Querschnitt von etwa 20 m^2 stark von den Gebirgsschlägen betroffen war, mit sehr gutem Erfolg während der Auffahrung angewandt worden ist.

Auch ein ganzer typischer Bauabschnitt könnte mit solchen Modellen besser als früher simuliert werden, um die Abbau- und Versatzarbeiten in einer wirtschaftlicheren und sicheren Planung optimieren zu können.

Literatur:

- (1) Arisi Rota F. et al.: "Il giacimento di Raibl".
Boll.Ass.Min.Sub., 4, dicembre, Torino 1976.
- (2) Armando E. et al.: "Metodi topografici per la misurazione di deformazioni connesse a scavi in roccia".
Boll. Ass.Min.Sub., 2, giugno, Torino 1969.
- (3) Armando E. et al.: "Applicazione del metodo sismoacustico nello studio dei colpi di tensione".
Boll.Soc.Ital.Geof. e Meteor., 3-4, Genova 1969.
- (4) Armando E. et al.: "Alcuni risultati di indagini sismoacustiche per la previsione dei colpi di tensione".
Boll.Ass.Min.Sub., 1-2, maggio, Torino 1974.
- (5) Denkhaus H.G.: "Erfahrungen und Gedanken zum Problem der Gebirgsschläge in Südafrika".
7. Ländertreffen IBG, Leipzig, 1965.
- (6) Kohlbeck F., Scheidegger A.E.: Gebirgszustand und neotektonische Spannungen im Gebiet des Bergbaues von Bleiberg, Kärnten".
Rock Mech., 14/1, Springer, Wien-New York 1981.
- (7) Knoll P., Thoma K., Hurtig E.: "Gebirgsschläge und seismische Ereignisse in Bergbaugebieten".
Rock Mech., Suppl. 10, Springer, Wien-New York 1980.
- (8) Rainer H.: "Gibt es Zusammenhänge zwischen Erdbeben und Gebirgsschlaghäufungen im Bergbau Bleiberg?".
Rock Mech. 6, Springer, Wien-New York 1974.
- (9) Ratti G.: "Procedimento analitico di localizzazione dei colpi di tensione in base alle differenze tra i tempi di arrivo delle onde sismiche a quattro geofoni".
Boll.Ass.Min.Sub., 4, dic., Torino 1967.
- (10) Reik G., Vardar M.: "Bestehen Zusammenhänge zwischen residuellen Spannungen und tektonischer Beanspruchung?".
Rock Mech. 6, Springer, Wien-New York 1974.

- (11) Sibek V. et al., Stragiotti L. et al.: "La ricerca sui colpi di tensione nella miniera di Raibl".
6° Congr. Mond. Miner., Madrid 1970.

- (12) Stragiotti L.: "Sul fenomeno dei colpi di tensione nella miniera di Raibl".
Atti e Rassegna tecnica, VIII, n.3, Torino 1954.

- (13) Stragiotti L.: "I problemi dei colpi di tensione nella pratica della coltivazione mineraria".
Atti e Rassegna Tecnica, XIX, n.4, Torino 1966.

- (14) Stragiotti L. et al.: "Lotta contro i colpi di tensione mediante l'impiego di ripiena cementata. Studio di un nuovo metodo di coltivazione per la miniera di Raibl".
8° Congr.Mond.Miner., Lima, 1974.

- (15) Stragiotti L. et al.: "Indagini geofisiche e geomeccaniche svolte nella miniera di Raibl dall'Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino in rapporto ai colpi di tensione".
Boll.Ass.Min.Sub., n.4, dic., Torino 1976.

- (16) Stragiotti et al.: "La coltivazione di giacimenti difficili in Italia: vantaggi e pratica del metodo con la ripiena cementata".
10° Congr. Mond.Miner., Istanbul, 1979.

- (17) Zeller M.: "Tektonik, Gebirgsschläge und Vererzung im Blei-Zinkbergbau Raibl (Cave del Predil), Italien".
Unveröffentl. Dissertation - Nat.wiss. Fakultät der Freien Universität Berlin, 1970.

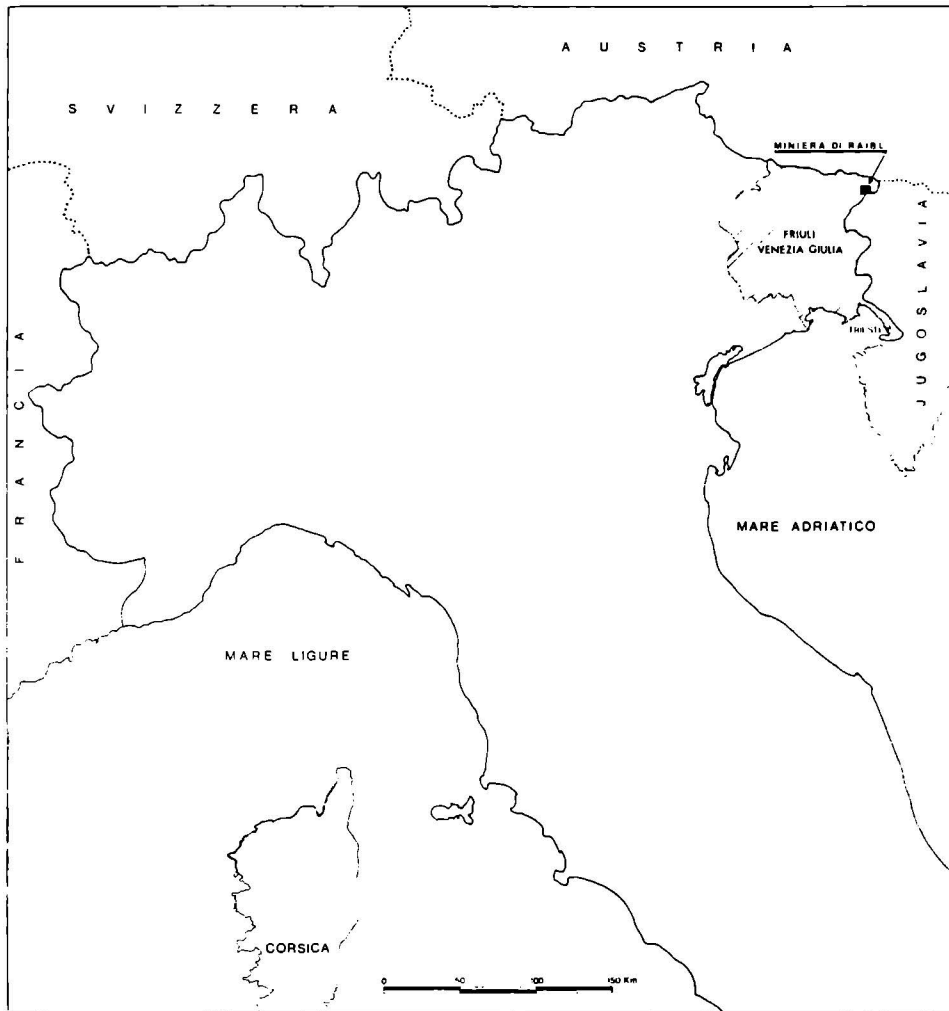


Abb. 1: Ortslage des Bergbaues Raibl (aus 1)

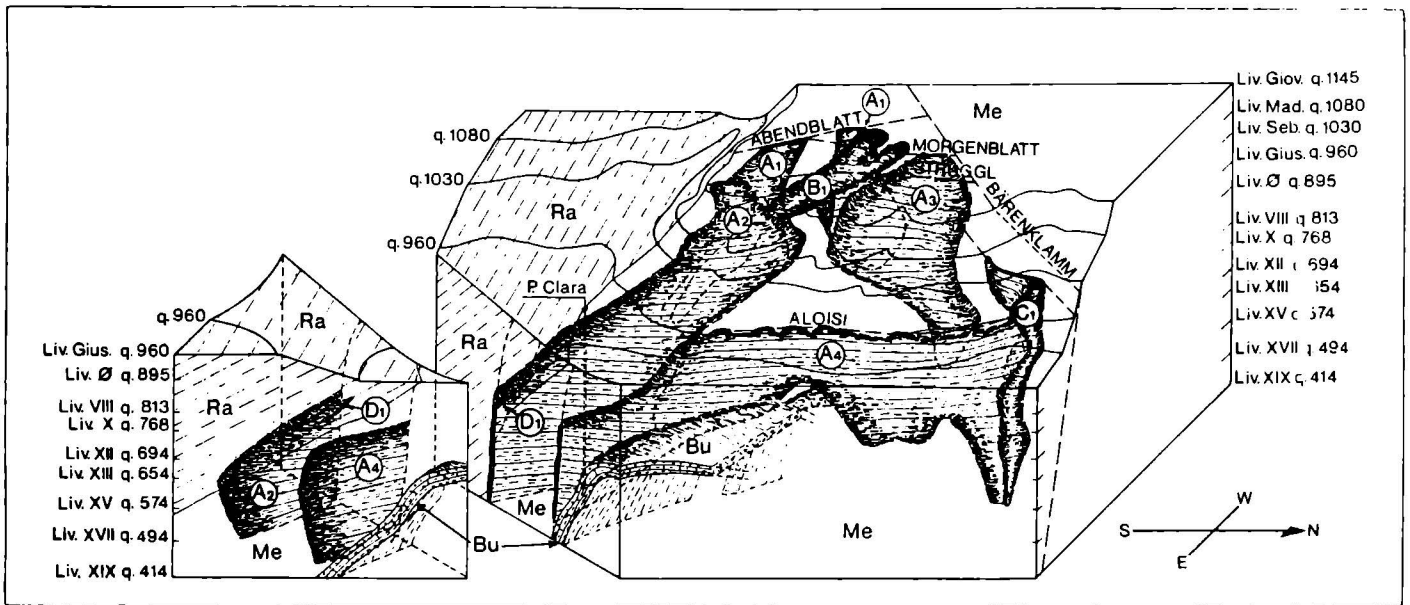


Abb. 2: Schematische Raumdarstellung der Lagerstätte (unter der Höhe 1145)

- A) Gangförmige Erzkörper in den Hauptstörungen:
1 Abendblatt; 2 Struggl; 3 Morgenblatt;
4 Aloisi System
- B) Säulenförmige Erzkörper: 1 Colonna principale
- C) Senkrechte Erzführungen: 1 Vererzung an der Kreuzung zwischen Aloisi- und Bärenklammstörungen
- D) Schichtkonkordante Erzlinsen: Verästelung in den Schiefen des Hangenden im Strugglbereich
- E) Nebengesteine: Me Erzführender Kalk-Dolomit;
Ra Raibler Schichten; Bu Buchensteiner Komplex

(aus 1)

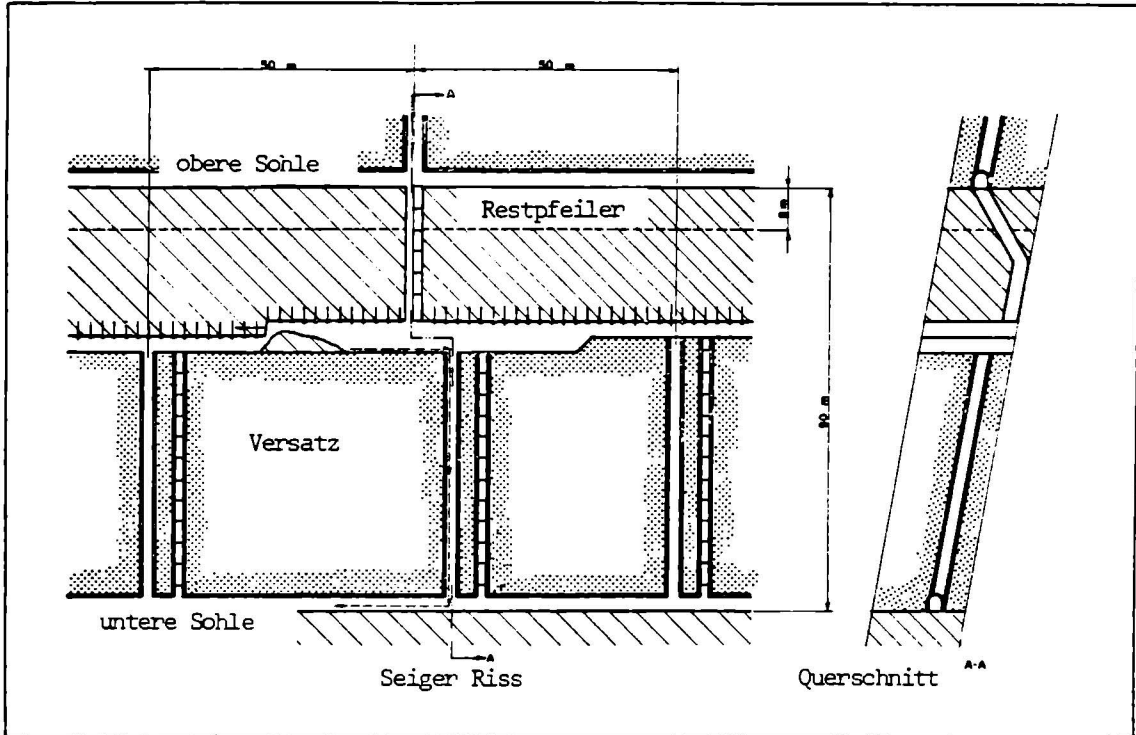


Abb. 3: Seigerriß Firstenstoßbau mit losem oder verhärtetem Versatz an der Sohle

(aus 15)

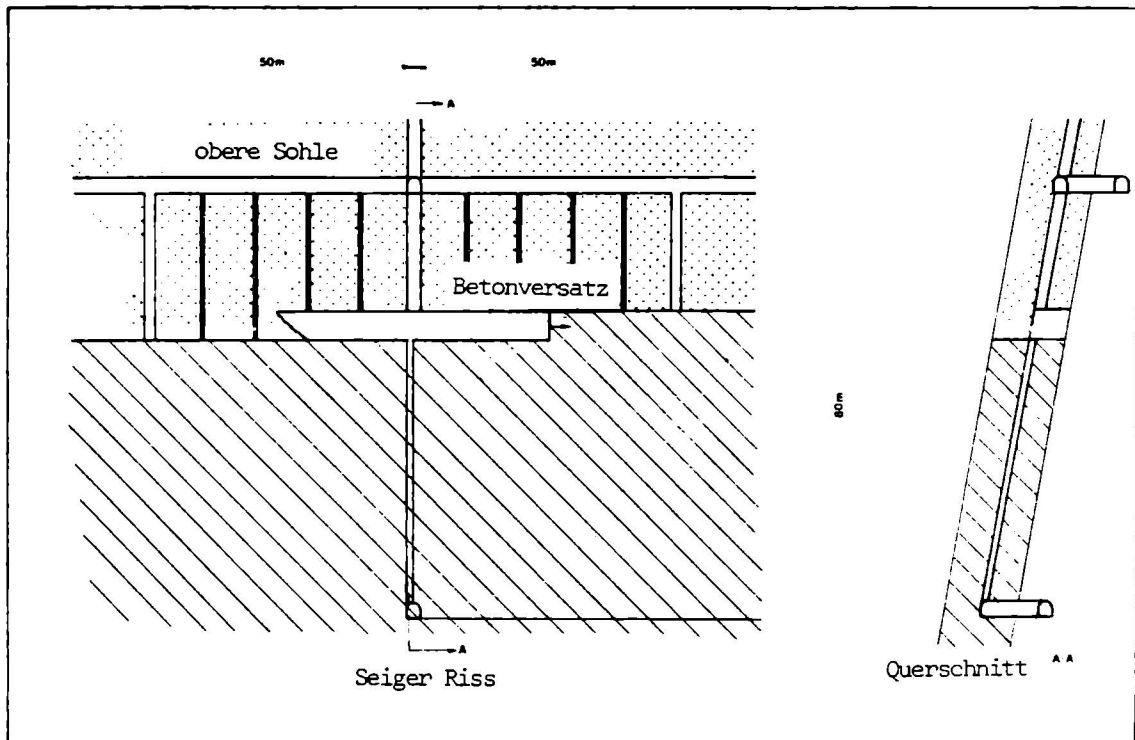


Abb. 4: Seigerriß Stoßbau (streichend geführte Streifen) mit Betonversatz an der Firste

(aus 15)

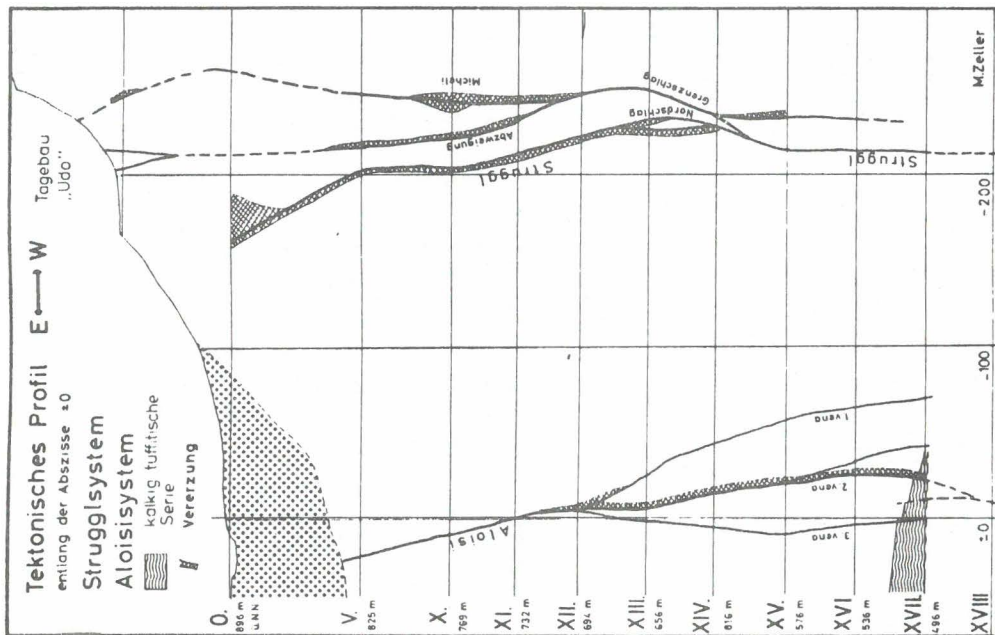


Abb. 6: (aus 17)

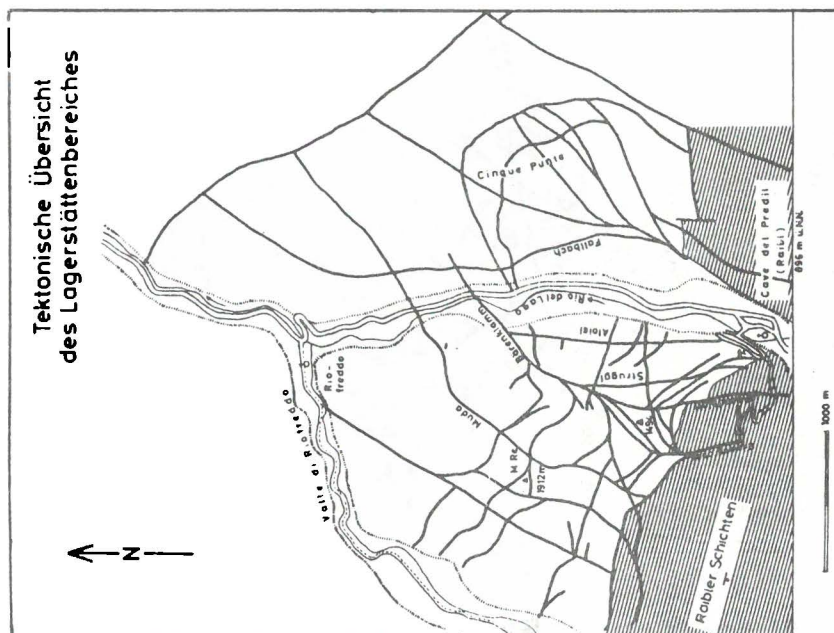


Abb. 5: (aus 17)

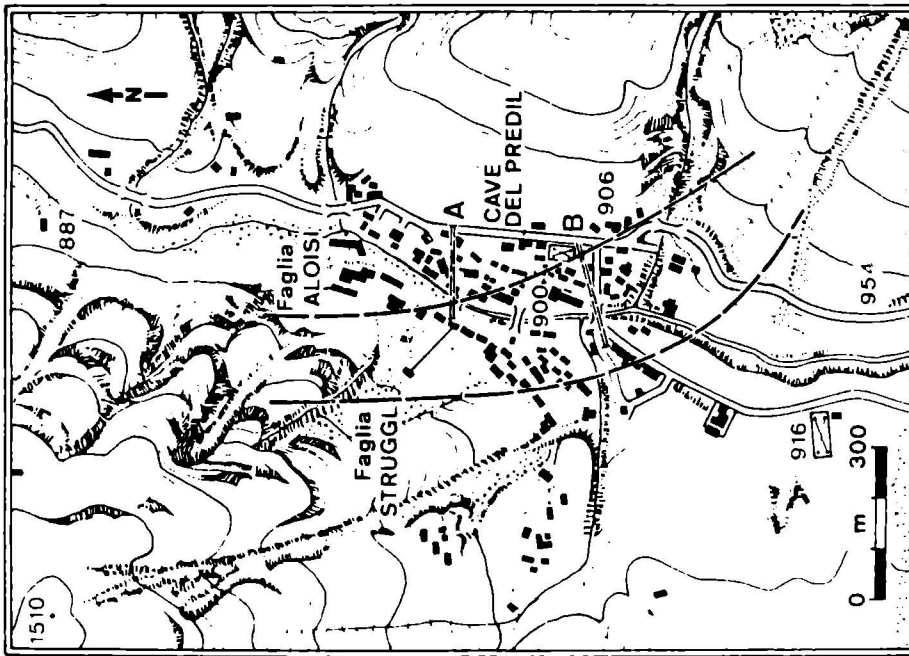


Abb. 8: Topographische Darstellung der obertägigen Markierungen im Dorf Raibl (aus 2)

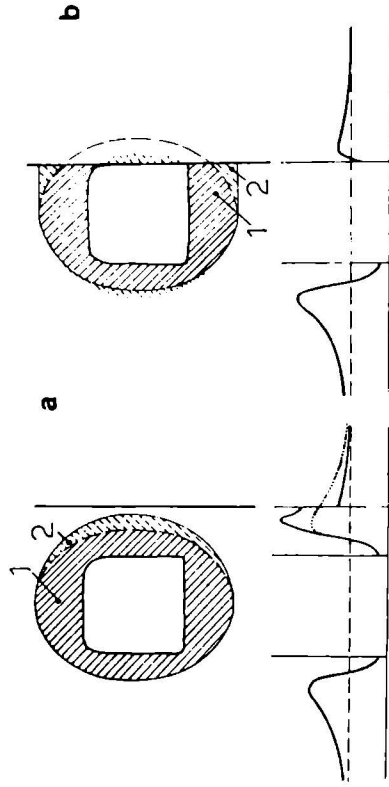


Abb. 7: Vertikale Gebirgsspannungsverteilung in der Umgebung einer parallel zu einer Störung aufgefahrene Strecke (aus 12)
1 Bereich der üblichen Spannungen
2 Bereich der Störungsmitwirkung
a) nicht getroffene Störung
b) durchgeschnittene Störung

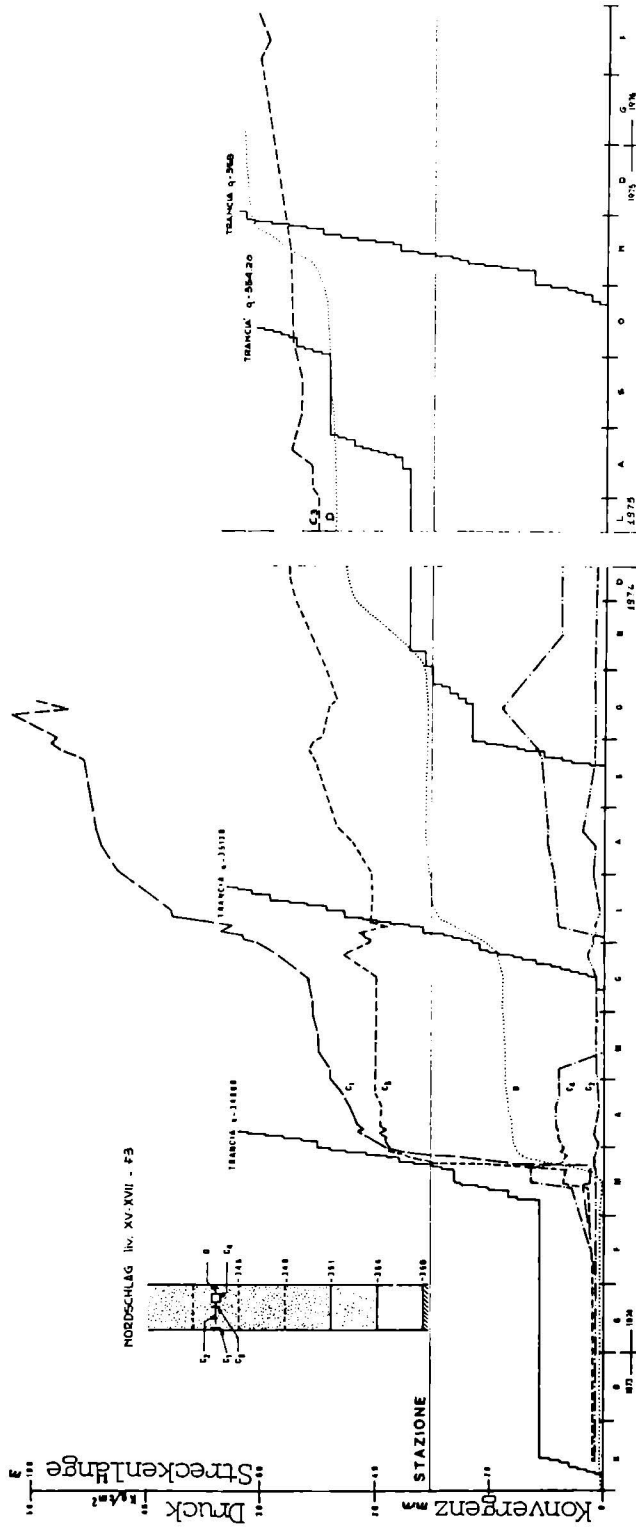


Abb. 9: Konvergenz- und Druckmessungen im Abbaevier Nordschlag (aus 15)

C) Druckmessfäden

D) Deformometer

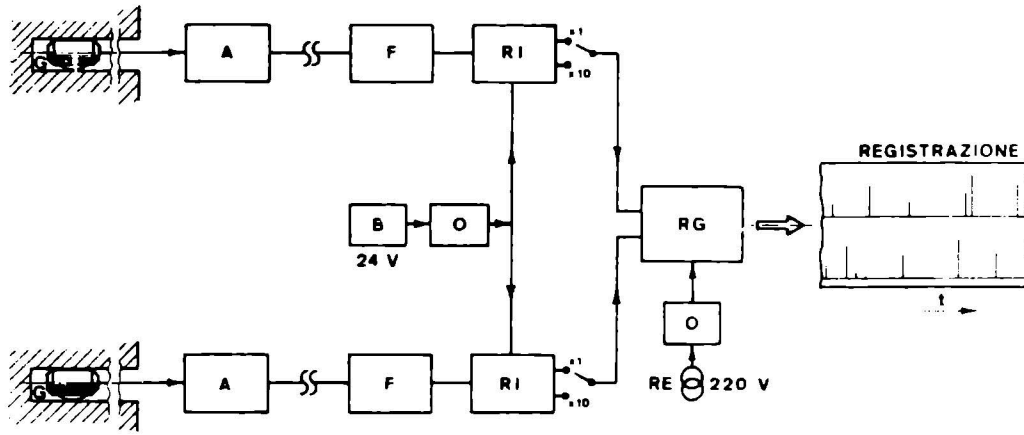


Abb. 10: Hauptteile eines seismoakustischen Apparates nach Politecnico Turin (aus 9)

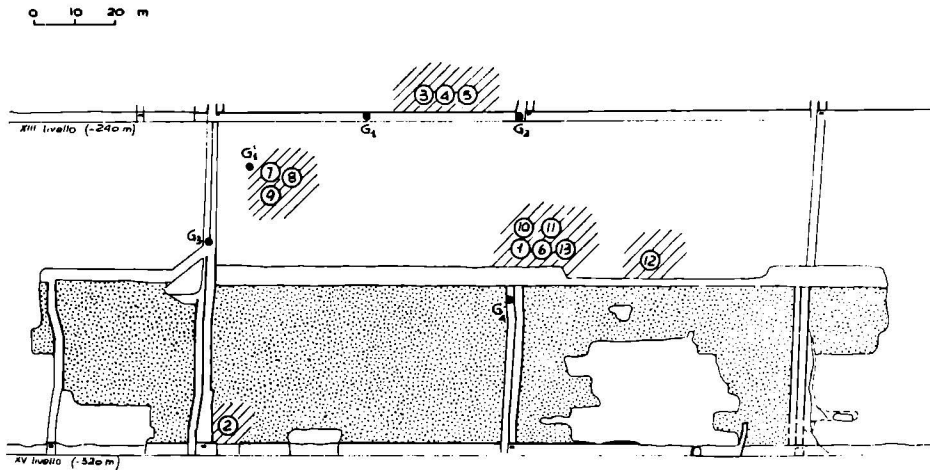


Abb.11: Seigerriß, Aufstellung der Apparate in den Aloisi Abbaurevieren (1° Blatt) und Lokalisierung der Energieauslösungen im Zeitraum 1968/69 (aus 4)

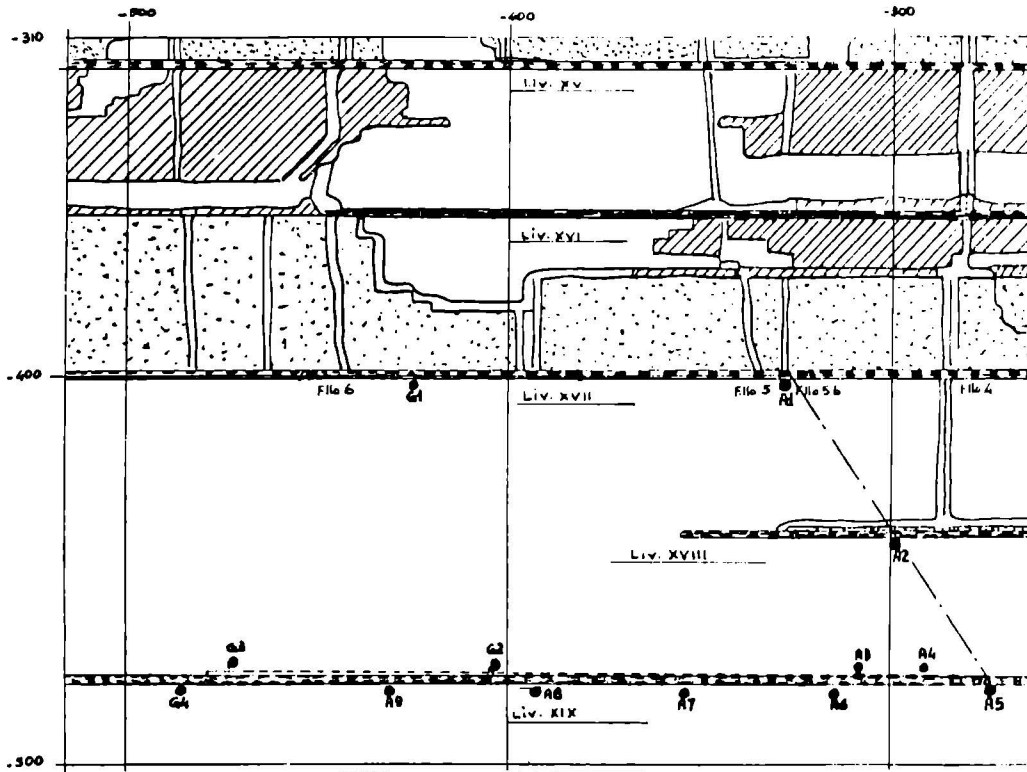


Abb.12: Aufstellung der Geophone (G) und der Beschleunigungsmesser (A) in den Struggl Abbaurevieren (Seigerriß)

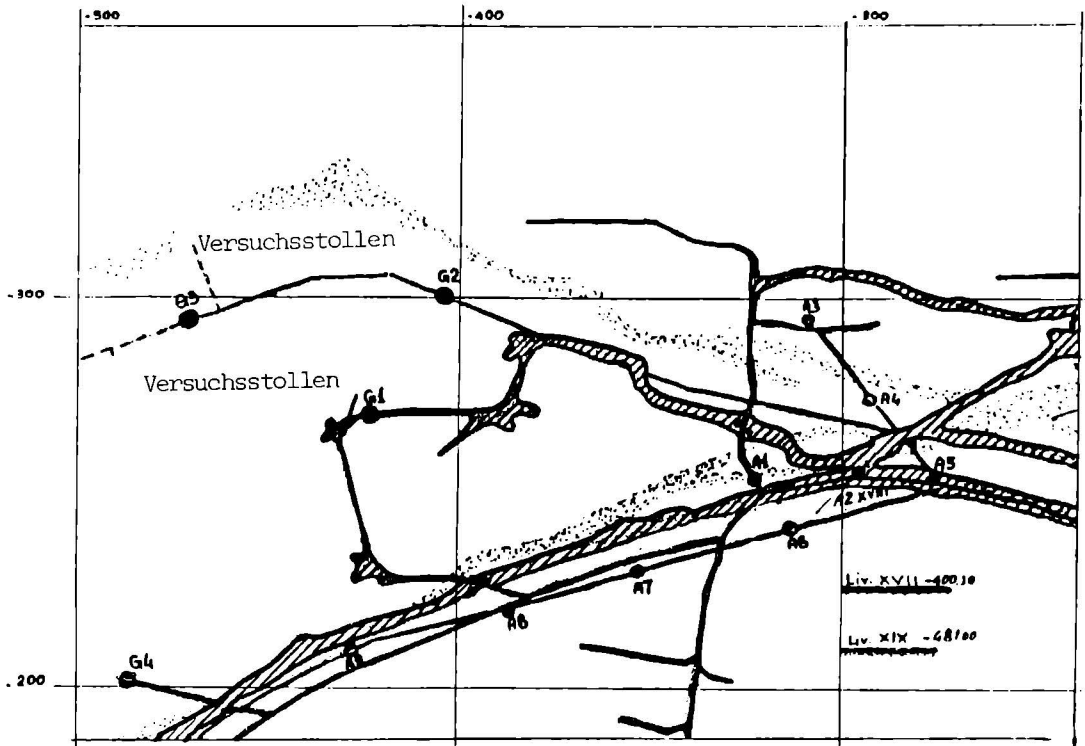


Abb.13: Aufstellung der Geophone (G) und der Beschleunigungsmesser (A) in den Struggl Abbaurevieren (Grundriß)

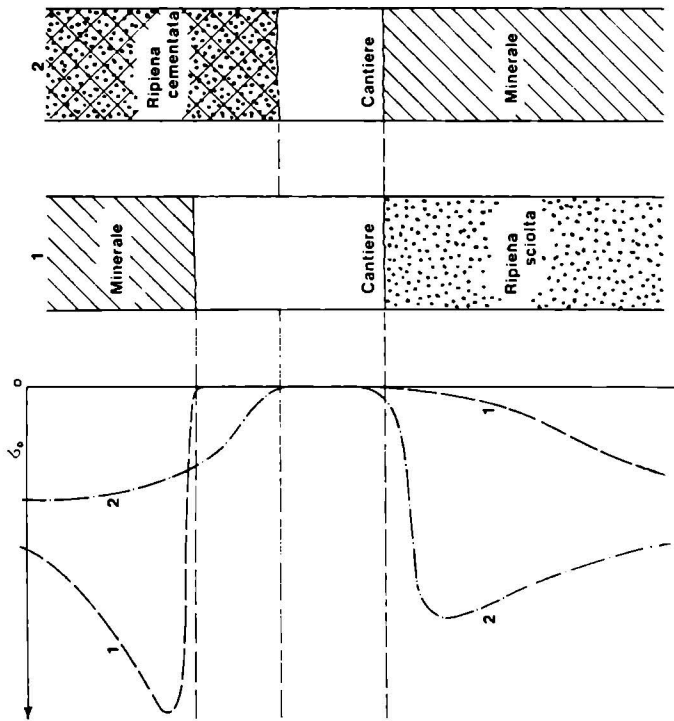


Abb. 14: Gebirgsschläge und Erzproduktion im Bergwerk Raibl (aus 14)

- 1) Gebirgsschläge
- 2) Förderung pro Jahr
- 3) Max. Tiefe der Abbauarbeiten
- 4) Lokalisierte Energieauslösungen

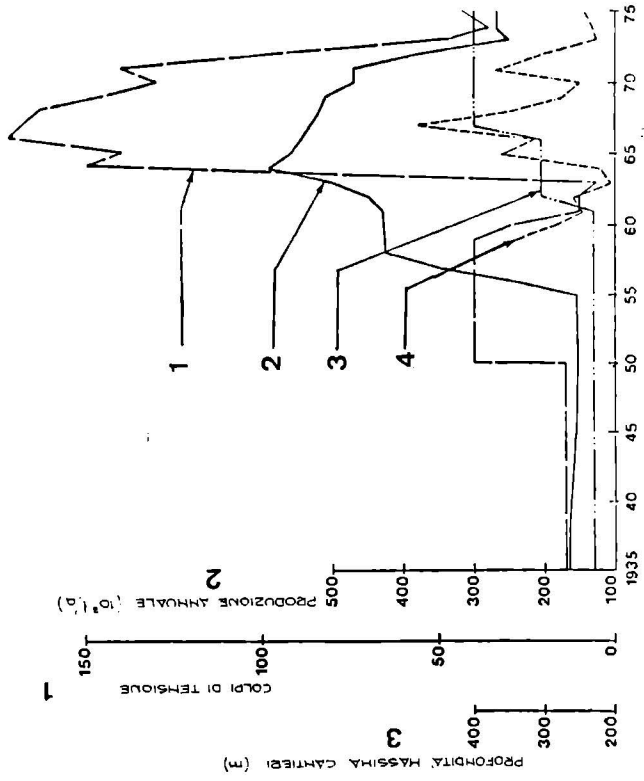


Abb. 15: Qualitative horizontale Spannungsverteilung im Ulmbereich einer Abbaustrecke (aus 15)

- 1) Firstenstoßbau mit losem Versatz (von unten nach oben)
- 2) Teilsohlenbau mit Betonversatz (nach unten)

Messungen	Hauptspannungen	Werte (kg/cm ²)
Aloisi a	maximale	596
	mittlere	408
	minimale	204
Aloisi b	maximale	520
	mittlere	335
	minimale	240

Tab. 1: In situ Messungen in Raibl (aus 15)

Messungen	Hauptspannungen	Werte (kg/cm ²)
Rudolf	maximale	350
	mittlere	180
	minimale	90
Antoni	maximale	460
	mittlere	410
	minimale	270

Tab. 2: In situ Messungen in Bleiberg (aus 6)

	Raibl		Bleiberg
Druckfestigkeit	722	1415 kg/cm ²	680
Elastizitätsmodul	463.10 ³	661.10 ³ kg/cm ²	480.10 ³
Poisson'scher Koeffizient	0,2	0,31	0,2
Trock. Raumgewicht	2,74	2,84 g/cm ³	2,86

Tab. 3: Technische Eigenschaften der Kalke und Dolomiten (aus 6 und 15)

1. Voraussetzungen	2. Ursachen	3. Bedingungen
1.1 Spröbruchneigung der Gesteine	2.1 Belastungszustand des betrachteten Gebirgsvolumens kommt dem Grenzbelastungszustand nahe	3.1 Zunahme von Spannungsdifferenzen durch - bestimmte Abbauführung - Annäherung an geolog. Störungen - u.a.
1.2 Spröbruchneigung des Gebirges	2.2 Schnell wachsende Diskrepanz zw. der Belastung durch das Gebirge und dem Lastaufnahmevermögen des betrachteten Gebirgsvolumens	3.2 Zusätzliche allmähliche oder plötzliche Energiezufuhr durch - Sprengen - Stoßwellen oder Deckgebirgsschwingungen - Poren- od. Kluftwasserdrücke - u.a.
1.3 Vergleichsweise geringe "Steifigkeit des Belastungsregimes" im Gebirge		3.3 Abnahme des Lastaufnahmevermögens des Gebirges durch - Änderung des Spannungszustandes - Abnahme der Reibung - Kriechen - Poren- u. Kluftwasserdrücke - u.a.

Tab. 4: Gebirgsschlagklassifizierung (nach 7)

Tab. 5: Geomechanische Eigenschaften des in Raibl verwendeten Betonversatzes (aus 15)

DISKUSSION

H. Rainer:

Raibl hat eine kleine Apparatur zur Bergschlagvorhersage eingesetzt, welche bei Bergschlaggefahr Alarm gibt. Hat man mit dieser schon Erfahrungen gesammelt?

M. Fornaro:

Die bisherigen Ergebnisse sind zufriedenstellend. Zwei oder drei Vorwarnungen wurden bisher mit Erfolg gegeben.