

## Erfahrungen mit Blockbruchbau in kleinräumigen Lagerstätten\*)

Wolfgang Pöhl, Radenthein\*\*)

Zusammenfassend können wir nach fünfzehn Jahren Erfahrung mit Blockbruchbau festhalten, daß es sich dabei um eine Abbaumethode handelt, die auch unter schwierigsten Bedingungen wirtschaftlich betrieben werden kann, wenn wenigstens die Geometrie der Lagerstätte einen so großräumigen Abbau zuläßt, daß das einmal unterschrittene Gebirge alleine durch die Wirkung der Schwerkraft zu Bruch geht. Alle anderen

Parameter wie Wasserführung, Lagerstättenausbringen, Fördergutverdünnung usw. können durch geeignete Maßnahmen so beeinflußt werden, daß die Methode selbst nicht in Frage gestellt werden muß. Das Verfahren ist von Lagerstätte zu Lagerstätte übertragbar. Die Anpassung des Verfahrens an die Lagerstättenverhältnisse kann aber nur vor Ort erfolgen.

## Experiences with Block Caving in small Volume Deposits\*)

After fifteen years of experience with block caving it can be summarized that this is a mining method that can be operated economically also under the most severe conditions, provided that at least the geometry of the deposit will permit such a large size mining, that the mountain once undercut will cave in only on account of gravity. All other parameters – such as

flow of water, mine recovery, dilution of the mined ore, etc. – can be influenced by apt measures in such way that the method itself cannot be questioned. The method can be transferred from one mine to another one. The adaptation of the method, however, can only be made according to the prevailing conditions of the very deposit.

## Expériences acquises avec le foudroyage en grands panneaux dans les gisements peu étendus

En résumé, au bout de quinze années d'exploitation par foudroyage en grands panneaux, on peut conclure qu'il s'agit d'une méthode de destruction qui peut être appliquée avec rentabilité, même dans les conditions les plus difficiles. Mais il faut tout au moins que la géométrie du gisement permette un volume de destruction suffisant, pour que la roche une fois attaquée le foudroyage se produise sous l'effet seul de la force de gravité. Tous les autres paramètres tels que la conduite du

système d'eau, le rendement du gisement, la dilution de l'agent de transport etc. peuvent être influencés par des mesures appropriées, de telle manière que la méthode elle-même n'a plus à être mise en question. Le procédé est transposable d'un gisement à l'autre. L'adaptation du procédé aux conditions particulières du gisement ne peut toutefois être réalisée que sur place.

### 1. Einleitung

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Erfahrungen, die in der Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe bei Radenthein, Kärnten, Österreich, gemacht wurden.

Die geographische Lage der Lagerstätte zeigt Abb. 1. Der Magnesitkörper ist in altkristallinem Schiefer eingebettet, hat eine Länge von rund 600 m, eine Tiefe von rund 450 m und eine durchschnittliche Mächtigkeit von 50 m. Das Einfallen schwankt zwischen 45 und 80 Grad und liegt im

### 1. Introduction

The following exposition relates to the experiences collected in the magnesite mine on Millstatt Alp near Radenthein, Carinthia, Austria.

The geographic location of the deposit is presented in fig. 1. The magnesite body is embedded in igneous schist, having a length of appr. 600 m, a depth of appr. 450 m and an average thickness of 50 m. The inclination varies from 45 to 80 degrees and in the middle part it is at 60 degrees. As is seen from this, it is a steep-standing, plateshaped deposit, that may be considered a border-line case in direction to the solid deposits (fig. 2).

For many years, the magnesite formation had been explained from the point of view of geology as a metasomatic formation from dolomite (1).

\*) Vortrag anlässlich des Internationalen Bergbaukongresses im Mai 1990 in China

\*\*) Dr. Wolfgang Pöhl  
Vorstandsvorsitzender  
RADEX AUSTRIA AG für feuerfeste Erzeugnisse,  
A-9545 Radenthein, Austria



Abb./Fig. 1  
Geographische Lage der Lagerstätte  
Geographic location

Mittelteil bei etwa 60 Grad. Es handelt sich somit um eine steil stehende, plattenförmige Lagerstätte, die als Grenzfall zu den massigen Lagerstätten gezählt werden kann (Abb. 2).

Aus geologischer Sicht wurde die Magnesitbildung durch viele Jahre hindurch metasomatisch aus Dolomit erklärt (1). Heute spricht man von einer metamorph überprägten Lagerstätte sedimentären Ursprungs (4).

## 2. Abbaumethoden

### 2.1. Historische Entwicklung

Die Lagerstätte wurde 1907 entdeckt und seit 1908 kontinuierlich abgebaut. Dabei kamen, abgesehen vom Tagbau, der bis 1966 geführt wurde, eine Reihe von Abbaumethoden zur Anwendung (2). Sie waren der Lagerstättenform, den jeweiligen technischen Möglichkeiten und den wirtschaftlichen Erfordernissen angepaßt.

In den fünfziger und sechziger Jahren standen besonders das Lagerstättenausbringen und die selektive Gewinnung im Vordergrund, da einerseits der Magnesit ein wertvoller Rohstoff war und andererseits die nicht sehr hoch entwickelte Aufbereitungstechnik eine möglichst reine Gewinnung des Magnesits erforderte. Diesen Erfordernissen Rechnung tragend, wurde der Magnesit zunächst in Querbau mit Spülversatz und später im Strebruchbau gewonnen (3), (5).

### 2.2. Wirtschaftliche Entwicklung

Zu Beginn der siebziger Jahre war wenigstens in Mitteleuropa eine stürmische Entwicklung der Lohn- und Sozialkosten zu verzeichnen. Gleichzeitig sanken die Weltmarktpreise für Rohstoffe. Damit war abzusehen, daß ohne einschneidende kostenreduzierende Maßnahmen die aus dem Bergbau gewonnenen Produkte nicht mehr gewinnbringend verkauft werden können.

#### 2.2.1. Rationalisierungsmaßnahmen

Die Kosten von Bergbauprodukten sind weitgehend durch die jeweils angewendete Abbau-

Today, the deposit is considered as metamorphously superseded of sedimentary origin (4).

## 2. Mining methods

### 2.1. Historic development

The deposit was discovered in 1907 and has been continuously mined since 1908. Aside from open pit mining that was continued until 1966, various mining methods had been applied (2). They had been adapted to the shape of the deposit, to the prevailing technical possibilities and to the economic requirements.

In the fifties and sixties, especially the recovery of the deposit and selective mining were in the foreground, because on one hand, magnesite was a valuable raw material, and on the other hand, the beneficiation technique had not been too highly developed, requiring a maximum purity mining of the magnesite. In order to meet these requirements, the magnesite first was produced by traverse mining with hydraulic packing, and later on by longwall advancing (3), (5).

### 2.2. Economic development

At the beginning of the seventies, there was a stormy development of the costs for wages and social expenses in central Europe. Simultaneously, the prices of raw materials on the world market went down. It could be anticipated that it would no longer be profitable to sell the products won from the mine without serious cost-reduction measures.

#### 2.2.1. Measures of rationalization

The costs of mine products very much are depending on the prevailing mining methods. If effective

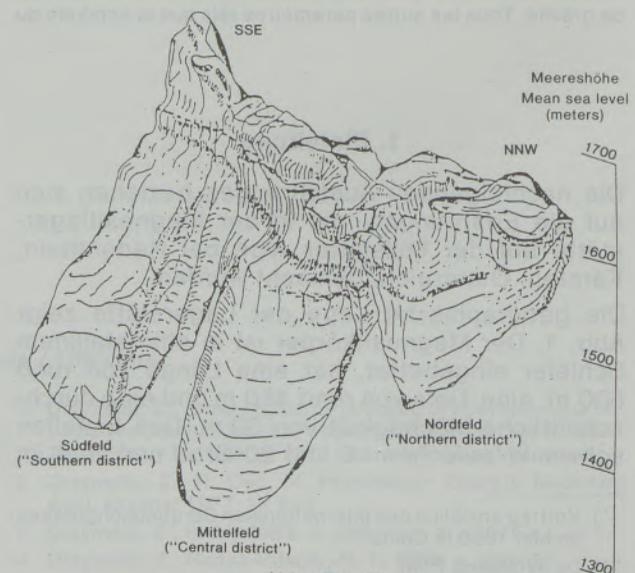


Abb./Fig. 2  
Erzkörper  
Ore body

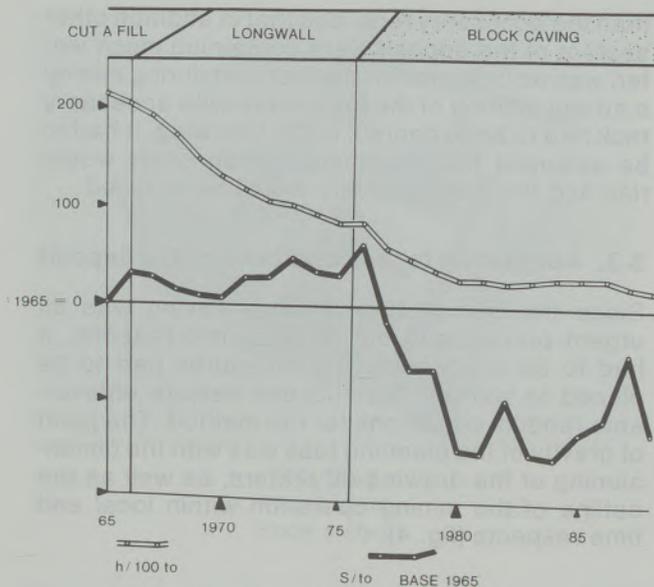


Abb./Fig. 3  
Betriebskennzahlen  
Operational data

methode bestimmt. Will man also spürbare Kostensenkungen bewirken, kann das nicht alleine durch Investitionen auf der Anlagenseite oder durch organisatorische Maßnahmen erfolgen. Demnach wurde in Radenthein Mitte der siebziger Jahre geprüft, welche Abbaumethoden unter den gegebenen geologischen Voraussetzungen anwendbar sind und gegenüber der damals angewandten Methoden des Strebbruchbaues unter künstlichen Firsten einen erheblichen Produktivitätsanstieg erwarten ließen.

Dabei stellte sich heraus, daß aus wirtschaftlichen Überlegungen nur Blockbruchbau geeignet erschien, jene Kostensenkungen zu erzielen, die notwendig waren, um den Bestand des Betriebes langfristig zu sichern. Damit war auch der Weg zur Umstellung der Abbaumethode auf Blockbruchbau vorgezeichnet.

Die in der Folge erzielten Betriebskennzahlen bestätigten die Richtigkeit dieser Maßnahme (Abb. 3). Die Produktivität wurde vervielfacht, und die Gesteungskosten lagen im Jahre 1977 indexbereinigt erstmals unter jenen von 1965.

### 3. Abbauplanung

#### 3.1. Allgemeines

Nachdem die grundsätzliche Entscheidung zur Einführung des Blockbruchbaues gefallen war, wurde mit der Detailplanung unter Einbeziehung von internationalen Fachleuten mit zum Teil jahrzehntelanger Erfahrung im Blockbruchbau begonnen.

cost reductions should be reached, this could not only be reached by investments for equipment and/or organizational measures. Consequently, in the mid-seventies it was investigated in Radenthein, which mining methods could be applied under the given geological conditions that would yield a considerable increase of productivity compared to the method of longwall advancing under overhead stope applied then.

It soon was found that out of economic deliberations only block caving seemed apt to reach those cost reductions that would secure the existence of the mine at length. With this, the way for the change of the mining method to block caving was indicated.

The operational data consequently obtained certified the correctness of this measure (fig. 3). The productivity was multiplied and the production costs in 1977 were (corrected according to the price index) for the first time below those of 1965.

### 3. Working plan

#### 3.1. General

When the basic decision for the introduction of block caving had been made, detail-planning started with the inclusion of internationally renowned experts, who partially had experience of decades with block caving.

#### 3.2. Marginal conditions

The beginning of the planning phase was characterized by the evaluation of the factors of influence for the success of the mining method to be introduced. For the introduction of the block caving method, there spoke only the economic necessity, and next to that only the geometry of the ore-body. All other factors were against the introduction or at least did question the success. Especially the fact that the ore is more compact

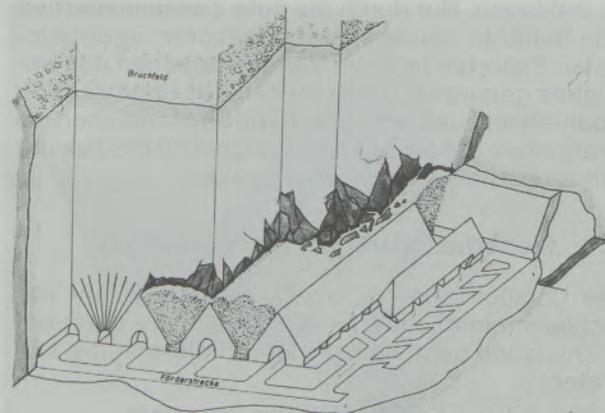


Abb./Fig. 4  
Blockbruchbau  
Block caving

### 3.2. Randbedingungen

Der Beginn der Planungsphase war gekennzeichnet durch die Bewertung der Einflußfaktoren für den Erfolg der einzuführenden Abbaumethode. Für die Einführung von Blockbruchbau sprach neben der wirtschaftlichen Notwendigkeit mit Einschränkungen nur die Geometrie des Erzkörpers. Alle anderen Faktoren sprachen gegen die Einführung oder stellten den Erfolg zumindest in Frage. Insbesondere die Tatsache, daß das Erz standfechter als das Nebengestein ist und zusätzlich weite Lagerstättenbereiche stark wasserführend sind, waren ein Indiz dafür, daß bei der Gewinnung mit einer starken Verdünnung des Magnesits mit Nebengestein gerechnet werden mußte. In der Folge davon war mit einem Anstieg der Aufbereitungskosten und einer Verminderung des Lagerstättenausbringens zu rechnen.

### 3.3. Abstimmung auf Lagerstättenverhältnisse

Da die Einführung von Blockbruchbau aus ökonomischen Gründen zwingend vorgegeben war, war zu prüfen, welche Maßnahmen zu setzen waren, um trotz ungünstiger Randbedingungen den Erfolg der Methode zu gewährleisten. Der Schwerpunkt der Planungsaufgabe lag bei der Dimensionierung der Abzugstrichter sowie der Vorgabe der Abbauführung in örtlicher und zeitlicher Hinsicht (Abb. 4).

## 4. Einführungsphase

Mit der Umstellung der Abbaumethode auf Blockbruchbau war ein Schritt zu setzen, der eine Rückkehr zur alten Methode nicht mehr möglich machte. Es wurde daher zunächst in einem Lagerstättenrandbereich ein Versuchsblock eingerichtet und betrieben.

Dabei kam es zu einem folgenschweren Unglück, das das Aus für das Verfahren bereits im Versuchsstadium hätte bedeuten können. Bei einem verheerenden Schlammausbruch waren drei Tote zu beklagen. Nur durch die gute Zusammenarbeit von Behörde, Universitätsprofessoren, internationalen Experten und den Verantwortlichen des Betriebes gelang es, die Ursachen des Unglückes zu analysieren und entsprechende Maßnahmen zu erarbeiten, die ein solches Ereignis für die Zukunft mit Sicherheit ausschließen sollten.

### 4.1. Sicherheitsrisiko im Blockbruchbau

Die Unglücksanalyse ergab, daß die Gefahr von Schlammeinbrüchen im Blockbruchbau dann besteht, wenn bestimmte Faktoren gleichzeitig auftreten.

Es sind dies: Feinmaterial im Bruchfeld,  
Wasser und  
ausreichend Zeit,  
die es dem Feinmaterial und dem Wasser ermög-

than the accessory rock, and that in addition other sectors of the deposit were containing much water, was an indicator for the fact that during mining a strong dilution of the magnesite with accessory rock had to be expected. In the following, it had to be assumed that the beneficiation costs would rise and the mine recovery would be reduced.

### 3.3. Adaptation to the conditions of the deposit

Since the introduction of block caving was an urgent prerequisite out of economic reasons, it had to be checked, which measures had to be placed to warrant the success despite unfavorable random conditions for the method. The point of gravity of the planning task was with the dimensioning of the drawing-off craters, as well as the outline of the mining operation within local and time respects (fig. 4).

## 4. Phase of introduction

With the change of the mining method to block caving, a step had to be placed that would make a return to the old method impossible. Therefore, first a trial block was arranged and operated at the edge of the deposit.

Thereby a fatal accident occurred, that could have meant the end for the method already in its trial stage. During a disastrous outbreak of mud a deplorable accident happened claiming three lives. Only on account of excellent cooperation of authorities, university professors, international experts, and those responsible for the operation, it became possible to analyze the causes of the accident and to develop appropriate measures to exclude such an event with certainty for the future.

### 4.1. Safety risks with block caving

The analysis of the fatal accident showed that the danger of mud outbreaks is existing when certain factors are present simultaneously.

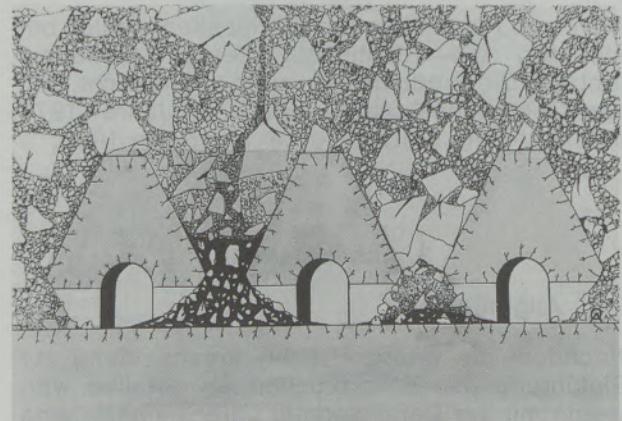


Abb./Fig. 5  
Schlammkonzentration  
Mud accumulation

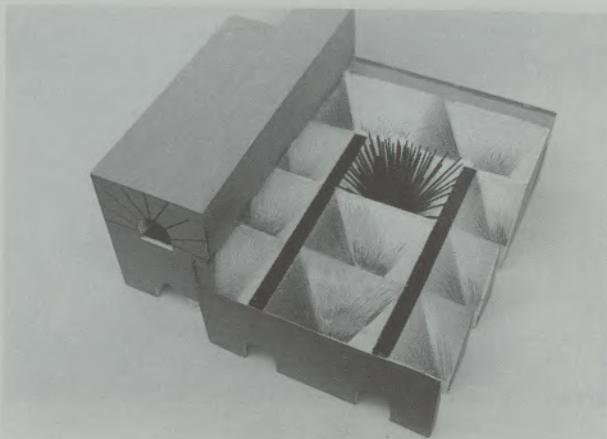


Abb./Fig 6  
Einzeltrichter  
Single craters

lichen, größere Schlammansammlungen zu bilden. Demnach können die Bildung und der Ausbruch von größeren Schlammmassen verhindert werden, wenn einer dieser drei Einflußfaktoren ausgeschaltet werden kann.

Die Entstehung von Feinmaterial ist abbausystembedingt, und die Wasserführung des Gebirges ist durch den Bergmann kaum zu beeinflussen. Die beeinflussbare Größe ist somit der Zeitfaktor, d. h., um Schlammeinbrüche zu verhindern, muß der Block durch ständiges Abziehen aus den Trichtern fortwährend in Bewegung gehalten werden. Ein Stillsetzen von Trichtern über längere Zeit kann bei Anwesenheit von Feinmaterial und Wasser dazu führen, daß der Trichterausgang durch Sedimentation verlegt und in der Folge davon der Trichter mit Schlamm gefüllt wird, der dann bei Wiederinbetriebnahme des Trichters murenartig ausbrechen kann (Abb. 5).

### 5. Rationalisierungsschritte

Neben den aus sicherheitstechnischer Sicht leidvollen Erfahrungen im Versuchsblock wurden natürlich auch bergtechnische Erkenntnisse gewonnen, die bei der Planung der folgenden Blöcke Berücksichtigung fanden. Einen Schwerpunkt bildeten die Form und Herstellung der Abzugstrichter. Die Anlage der Trichter erforderte einen sehr großen Bohr- und Sprengaufwand (Abb. 6). Daher wurde auf Einzeltrichter verzichtet und anstatt dessen ein Trichtergraben vorgesehen, der wesentlich einfacher mittels Fächerbohrungen herzustellen war (Abb. 7). Mit der Herstellung dieser Trichtergräben war der Block auch gleichzeitig unterschritten, so daß damit praktisch ein eigener Arbeitsgang eingespart wurde.

#### 5.1. Rückschlag

Diese neue rationelle Vorrichtung funktionierte auch klaglos, aber bereits kurz nach Beginn der

Those factors are: fine material in the caved area, water and sufficient time,

that allows the fine material and the water to form bigger mud accumulations. Therefore, it is possible to avoid the formation and the outbreak of bigger masses of mud, if one of the three factors of influence can be excluded.

The development of fine material is caused by the mining system, and the flow of water can hardly be influenced by the miner. The only factor to be influenced is the time factor, i.e. in order to avoid breaking in of mud, the block has to be kept in constant motion by continuous drawing-off out of the craters. Closing down craters over an extended period at the presence of fine material and water can lead to clogging of the crater-exit by sedimentation, while in the following, the crater fills with mud that can break out as a mudflow when the crater is put back into operation (fig. 5).

### 5. Steps of rationalization

Aside from the safety-technologically pitiful experience gained in the trial block, there were of course also collected mine-technological experiences, that found due consideration for the following blocks. One of the points of gravity were shape and erection of the discharge craters. The installation of the craters required very big drilling and blasting efforts (fig. 6). It was therefore done without single crater, and instead, a crater-trench was planned, that could be made considerably easier by means of fan-shaped drilling (fig. 7). With the installation of these crater-trenches, the block simultaneously was undercut, thus practically saving one separate operational step.

#### 5.1. Setback

This new and economic installation worked without problems, however, shortly after resuming the

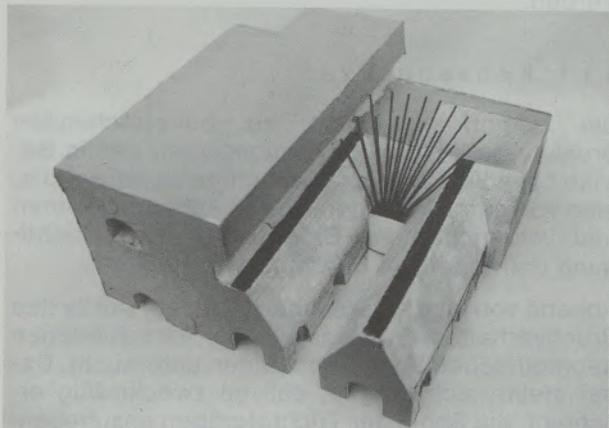


Abb./Fig. 7  
Trichtergraben  
Crater trench



Abb./Fig. 8  
Brucherscheinungen in den Pfeilern  
Caving phenomena of the pillars



Abb./Fig. 9  
Versagen von Betonausbau  
Failure of concrete walling

Abziehphase waren an den Dächern örtlich konzentriert starke Brucherscheinungen festzustellen. Sie nahmen ihren Ausgang in den zwischen den Füllstellen gelegenen Pfeilern und setzten sich in die Firste fort (Abb. 8). Eine Ausbaustärkung durch Einbringen von zusätzlichen Gebirgsankern hatte nur wenig Erfolg, da die zu Bruch gehenden Pfeiler gegen die nicht mehr befahrbaren Gräben ausweichen konnten. Auch nachträglich eingebrachter Unterstützungsausbau in Form von stahlarmiertem Ortsbeton versagte auf Grund der hohen örtlichen Spannungskonzentrationen (Abb. 9).

Diese Entwicklung wurde durch das Bruchverhalten des hereinbrechenden Blockes verursacht. Es bildeten sich zum Teil hausgroße Knauer, die die Dächer punktförmig belasten, was zu extremen örtlichen Spannungskonzentrationen führte.

Da Maßnahmen zur Spannungsumlagerung in Gebirgsbereiche mit größerer Entfernung von den Streckenulmen, wie dies im Stollen- und Tunnelbau praktiziert wird, hier auf Grund der geometrischen Verhältnisse nicht möglich waren, konnten die Grubenbaue auf Dauer nicht offengehalten werden.

#### 5.1.1. Konsequenzen

Die längerfristig nicht zu beherrschenden Druckauswirkungen im Abzugsniveau des in Betrieb befindlichen Blockes machten es notwendig, eine vorzeitige Verlagerung des Abbaues in einen neu vorzurichtenden Block unter Berücksichtigung der negativen Erfahrungen zu planen.

Anhand von Modellversuchen (Abb. 10) wurde das Bruchverhalten der Dächer unter verschiedenen geometrischen Voraussetzungen untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß es zweckmäßig erscheint, die Sohle der Trichtergräben anzuheben, wie dies rechts im Bild zu sehen ist, so daß diese etwa in den Bereich der Firste der Abzugsstrecken zu liegen kommt. Dadurch wird das Ver-

drawing-off phase, heavy caving phenomena could be observed locally concentrated at the roofs. They commenced in the pillars located between the filling spots continuing into the roofs (fig. 8). Enhanced supporting by installing additional rock bolting showed only little success, since the caving-in pillars could give way towards the no longer usable trenches. Also lateron installed support-timbering with steel reinforced concrete failed because of the high local stress concentrations (fig. 9).

This development was caused by the caving behavior of the caving-in block. Partially there formed house-size boulders punctually loading the roofs that caused locally extremely high stress concentrations.

Since it was not possible to take measures for stress transfer within the mountain at bigger distance from the sides of the galleries – as this is handled with tunnel and drift mining – on account of the geometric conditions the mine workings could not be kept open permanently.

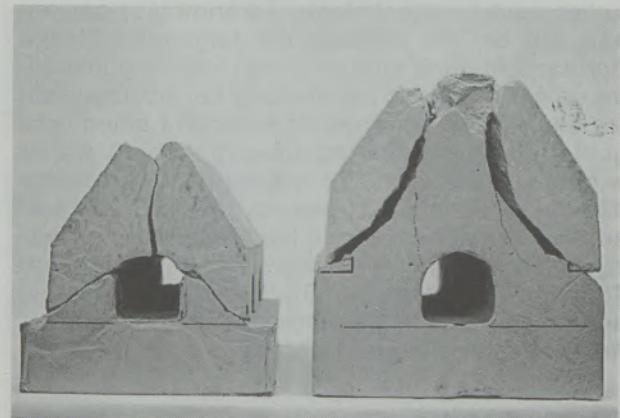


Abb./Fig. 10  
Bruchverhalten unterschiedlicher Dachformen im Modell  
Caving behavior of various shapes of roofs in the model

sagen der Pfeiler verhindert. Darüber hinaus ist geplant, durch erhöhte Schießarbeit beim Unterschneidvorgang dafür vorzusorgen, daß in der Anfangsphase des Abziehens das Auftreten von großen Knauern, die zu punktförmigen Belastungen der Dächer führen, vermieden wird.

### 5.1.1. Consequences

Because of the at length incontrollable stress effects at the delivery level of the block under operation, it became necessary to plan an early shift of the mining in a block that is newly to be opened up under consideration of the negative experience.

On account of model trials (fig. 10), the caving behavior of the roofs was investigated under varying geometrical conditions. Hereby it was found that it seems advantageous to lift the level of the crater trenches, as it can be seen at right in the figure, so that it approximately is situated at the level of the roof of the drawing-off tunnel. This keeps the pillar from failure. It is also planned to avoid the formation of large hard rocks punctually stressing the roofs by increased blasting during undercutting at the initial phase of the drawing-off phase.

### Literaturverzeichnis/References

1. Angel, F., A. Awerzger, A. Kuschinsky: Die Magnesitlagerstätte Millstätter Alpe bei Radenthein; Carinthia II, 143, 1953.
2. Fettweis, G. B.: Rohstoffe und Energie in Österreich – Beispiele für Möglichkeiten und Grenzen; Verlag der österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 1981.
3. Olsacher, A.: 75 Jahre Magnesitbergbau Radenthein; Radex-Rdsch., Heft 3, 1983, S. 173–178.
4. Tufar, W., J. Gieb, R. Schmidt, W. Pöhl, H. Riedler, A. Olsacher: Formation of Magnesite in the Radenthein (Carinthia/Austria); Type Locality.
5. Weiß, P. F.: Der scheibenweise Strebbau unter künstlichen Firsten, eine leistungsfähige Abbaumethode für mächtige, hochwertige Lagerstätten; BHM 1972, Jahrgang 117, Heft 10.