

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT FÜR KOHLE UND STAHL — HOHE BEHÖRDE

FORSCHUNGSHEFTE KOHLE

**Plötzliche Grubengasausbrüche I
INICHAR**

**Bergtechnik
Kohleveredlung
Feuerungstechnik**

Heft Nr.

8

LUXEMBURG 1967

Die Hohe Behörde fördert aufgrund des Artikels 55 § 2 c des Vertrages zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl die Kohle- und Stahlforschung u.a. durch finanzielle Beihilfen. Das vorliegende Forschungsheft berichtet über den Ablauf und die Ergebnisse eines dieser Forschungsvorhaben.

ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DIE VOM INSTITUT NATIONAL
DE L'INDUSTRIE CHARBONNIÈRE, LÜTTICH, IN DEN JAHREN 1959 BIS
1965 DURCHFÜHRTE FORSCHUNGEN ÜBER DIE „PLÖTZLICHEN“
GRUBENGASAUSTRÜBE

von R. Vandeloise

VORWORT

Das Grubengas stellt im Steinkohlenbergbau seit jeher eine dauernde Gefahr für die Belegschaften und Betriebe und gleichzeitig eine wirtschaftliche Belastung für die Unternehmen dar. Die Bedeutung dieses Problems nimmt mit Teufe, Größe, Konzentrations- und Mechanisierungsgrad der Betriebe noch weiter zu — ja sie setzt sogar den Bestrebungen um technisch-organisatorische Rationalisierung der Betriebe Grenzen.

Aus all diesen Gründen ist die Erforschung des Grubengases und seine Beherrschung ein sicherheitlich wie wirtschaftlich gleich dringendes Anliegen. Die Hohe Behörde mißt all diesen Bemühungen eine erhebliche Bedeutung bei. Sie fördert seit einer Reihe von Jahren daher derartige Arbeiten, die im Rahmen eines umfassenden Gemeinschaftsprogramms von mehreren Forschungsstellen in enger Zusammenarbeit durchgeführt werden. Dieses Forschungsprogramm ist auf die drei Schwerpunkte ausgerichtet :

- Herkunft und Wandern des Grubengases in der Lagerstätte,*
- Freiwerden von Grubengas abhängig von den Wirkungen des Bergbaus, und*
- die Erscheinung der spontanen Grubengasausbrüche.*

Im vorliegenden Forschungsheft wird über Ergebnisse von Arbeiten des Institut National de l'Industrie Charbonnière, Lüttich, auf dem Gebiet der Grubengasausbrüche berichtet.

K.M. Hettlage

Inhalt

	Seite
0. Einleitung	7
1. Verhütung der GA vor 1959	8
2. Hauptziele der von 1959 bis 1965 durchgeführten Forschung	9
3. Verhütung der GA	9
3.1 Flözstrecken	10
3.2 Strebe	11
3.3 Durchörterung von Flözen	12
4. Ergebnisse der GA-Verhütungsmaßnahmen	13
4.1 Flözstrecken	13
4.2 Strebe	14
4.3 Durchörterung von Flözen	14
5. Untersuchung der bei GA eine Rolle spielenden Einflußgrößen	15
5.0 Allgemeines	15
5.1 Struktur der Kohle	16
5.11 Messung der Rißbildung	16
5.12 Die ΔP -Indexwerte	18
5.2 Vorkommen und Freiwerden von Grubengas	23
5.21 Desorptionsmessungen	23
5.22 Grubengasmessungen	26
5.23 Messung des Gasinhalts der Kohlen	28
5.3 Spannungszustand des Gebirges	29
6. Ergebnisse der Untersuchung der bei GA eine Rolle spielenden Einflußgrößen	29
6.1 Einstufung der Flöze	30
6.2 Voraussage von GA	31
6.3 Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen	33
7. Schlußfolgerungen und geplante Forschungsarbeiten	33
7.1 Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse	33
7.11 Verhütung von GA	33
7.12 Einstufung der Flöze	34
7.13 Voraussage von GA	34
7.14 Kontrolle der Wirksamkeit von Verhütungsmaßnahmen	34
7.2 Schlußfolgerungen und künftige Forschungsvorhaben	34
Literatur	35
Anlage	37

0. EINLEITUNG

Durch die im belgischen Bergbau etwa seit 1880 verzeichneten plötzlichen Grubengasausbrüche wurden zahlreiche Unfälle und auch Bergwerkskatastrophen verursacht. Der unheilvollste Gasausbruch in der Geschichte des belgischen Bergbaus ereignete sich am 1. September 1892. Es wurden dabei 510 t Kohle ausgeworfen und 25 Bergleute getötet.

Die Bergwerksbesitzer und die Ingenieure der Bergbehörde haben das Problem der GA⁽¹⁾ niemals aus dem Auge verloren und verschiedene Schutzmaßnahmen eingeführt, darunter vor allem das Verfahren des Erschütterungsschießens. Die bisherigen Verfahren haben sich jedoch als nicht ausreichend sicher erwiesen. Das Erschütterungsschießen hat viele Nachteile. Die Häufigkeit der GA nimmt zu und stört den geregelten Betrieb, obwohl die Schüsse immer dann ausgelöst werden, wenn die Belegschaft den Betriebspunkt geräumt hat. Manchmal ereignen sich die GA aber auch unvermutet mit einer gewissen Verzögerung nach dem Schuß, wenn die Belegschaft glaubt, daß keine Gefahr mehr besteht.

Früher wurde der Betrieb in den zu GA neigenden Gruben häufig durch die Einschränkung des Abbaufortschritts, durch die Unmöglichkeit der Mechanisierung und durch das Verbot der Elektrizität gehemmt.

Um die Sicherheit erhöhen und einen wirtschaftlicheren Abbau der zu GA neigenden Flöze ermöglichen zu können, erwiesen sich eine nähere Untersuchung dieses Vorgangs und die Erforschung von zuverlässigen Verhütungsmaßnahmen und Voraussagen als unerlässlich, um so mehr als GA oder ähnliche Erscheinungen wegen der zunehmenden Teufe jetzt auch in Schachtanlagen auftreten, die bisher niemals GA zu verzeichnen hatten.

Im vorliegenden Bericht werden die vom Inchar mit finanzieller Unterstützung der Hohen Behörde der EGKS in der Zeit von 1959 bis 1965 (15. Februar 1959 bis 30. September 1965) durchgeführten Forschungsarbeiten beschrieben.

In den im Literaturnachweis am Schluß des Berichts aufgeführten Veröffentlichungen werden gewisse Aspekte der Forschung oder gewisse Versuche ausführlicher erörtert.

Statistik der GA, die sich in Belgien von 1957 bis zum 30. September 1965 ereignet haben

Tabelle I vermittelt eine Übersicht über die von 1957 bis zum 30. September 1965 verzeichneten GA.

Tabelle I

Jahr	Unzeitige GA	GA nach dem Schießen	Insgesamt
1957	3	23	26
1958	2	20	22
1959	6	9	15
1960	11	11	22
1961	4	10	14
1962	12	6	18
1963	1	1	2
1964	0	2	2
1965 (9 Monate)	1	0	1
Insgesamt	40	82	122

⁽¹⁾ GA = Abkürzung für Gasausbrüche.

In den letzten 9 Jahren haben sich 122 GA ereignet, davon 40 unzeitige GA und 82 GA im Anschluß an die Schießarbeit. Die beiden stärksten GA haben sich beim Weiterteufen von Schächten ereignet. Hierbei wurden 1600 bzw. 1200 t Kohle und Gestein ausgeworfen.

1. VERHÜTUNG DER GA VOR 1959

Die verschiedenen GA-Verhütungsverfahren haben den Zweck, das Flöz zu entgasen und vor allem das Gebirge zu entspannen, so daß GA vermieden oder zu einem Zeitpunkt ausgelöst werden, da sie keine Gefahr darstellen.

Vor 1920 bestanden die Verhütungsmaßnahmen im wesentlichen darin, daß der Abbaufortschritt eingeschränkt wurde und daß Untersuchungsbohrungen kleinen Durchmessers (höchstens 45 mm) und geringer Länge (3 m) durchgeführt wurden. In vielen Fällen hatten diese Bohrungen überhaupt keinen Wert, denn eine Entspannung des Gebirges konnte hierdurch nicht erreicht werden.

Das Verfahren des Erschütterungsschießens wurde 1920 eingeführt und ist auch jetzt noch sehr verbreitet. Der Erschütterungsschuß löst in heftiger Weise die Entspannung und Entgasung des Flözes oder den GA selbst aus, wenn keine Belegschaft am Betriebspunkt arbeitet. Es handelt sich hierbei um ein wirksames Schutzverfahren. Mit der systematischen Anwendung dieses aktiven Verfahrens wurden seit 1920 die besten Ergebnisse für den Schutz der Belegschaft erzielt. Allerdings ist der Erschütterungsschuß für den Betrieb selbst ein Hemmnis, und er beeinträchtigt auch die Qualität der Kohle und des Nebengesteins. Es werden manchmal GA ausgelöst, die sich ohne das Schießen nicht ereignet hätten. Ein weiterer noch größerer Nachteil ist aber, daß die GA manchmal unzeitig, d.h. mit einer Verzögerung von mehreren Stunden oder sogar Tagen nach dem Schießen, ausgelöst werden, wenn die Belegschaft glaubt, daß keine Gefahr mehr besteht.

Der vorherige Abbau eines „Schutzflözes“ ist ein sehr wirksames Verfahren. Er wirkt sich so aus, daß das gefährliche Flöz entspannt wird und das Gas zum Teil durch die auf den Abbau zurückzuführenden Risse abziehen kann. Es ist aber nicht immer möglich, in der abzubauenen Flözgruppe ein ungefährliches „Schutzflöz“ zu finden.

Die Hangendbeherrschung durch planmäßigen Bruchbau in Langstreben war ein großer Fortschritt. Der planmäßige Bruchbau bewirkt, daß der Strebstoß von der Zone des voreilenden Zusatzdruckes getrennt wird und daß vor dem Stoß eine geringere Überspannung geschaffen wird als in einem Versatzstreb.

In den letzten Jahren waren die Bemühungen darauf gerichtet, ein neues Verfahren mit dem Ziele zu entwickeln, alle GA möglichst zu vermeiden, und zwar durch Entspannungsbohrungen großen Durchmessers und großer Länge. Dieses Verfahren wurde von 1951 bis 1954 zunächst bei einigen Flözdurchörterungen mittels Querschlägen und seit 1956 auch in Flözstrecken angewandt ⁽¹⁾.

Vor 1959 waren Probleme wie die Einstufung der Flöze, die kurzfristige Voraussage von GA und die Kontrolle über die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen nur in sehr subjektiver Weise angegangen worden. Die ersten Entspannungsbohrungen großen Durchmessers begannen zwar Ergebnisse zu liefern, aber es war noch keine einzige Verhütungsmaßnahme in wirklich systematischer Weise entwickelt worden.

⁽¹⁾ Vgl. *Annales des mines de Belgique*, September 1957, Seite 923/934. J. Josse : „L'exploitation des couches à dégagements instantanés de grisou“.

2. HAUPTZIELE DER VON 1959 BIS 1965 DURCHGEFÜHRTEN FORSCHUNG

Die Forschung über die GA war auf die beiden folgenden Hauptziele gerichtet :

- Untersuchung und Weiterentwicklung der für die einzelnen Betriebsarten geeigneten Verhütungsmaßnahmen ;
- Untersuchung der Einflußgrößen, die bei der Entstehung von GA eine Rolle spielen.

Es mußten verschiedene Meßverfahren und -geräte entwickelt werden, um die verschiedenen Einflußgrößen besser kennenzulernen und auf diese Weise die GA langfristig und kurzfristig voraussehen und die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen beurteilen zu können.

Die systematische Untersuchung des Verfahrens der Entspannungsbohrungen hat dazu geführt, daß es nunmehr in Flözstrecken allgemein angewandt wird und neuerdings auch auf den Streb ausgedehnt wurde. Auch bei der Durchörterung von Flözen in Querschlägen konnte dieses Verfahren angewandt werden. Man bevorzugt hierfür aber das Verfahren des vorherigen Unterwaschens des Flözes.

Bei der Entstehung eines GA spielen drei Einflußgrößen eine Rolle :

- die Struktur der Kohle,
- die Anwesenheit von Grubengas im Flöz,
- die Spannungen des Gebirges.

Die Struktur der Kohle wurde auf die Weise untersucht, daß die Rißbildung und die für den Rißbildungszustand der Kohle in erster Linie kennzeichnenden ΔP -Indexwerte gemessen und miteinander verglichen wurden.

Um die Anwesenheit von Grubengas im Flöz und die Ausgasung der zu GA neigenden Flöze untersuchen zu können, wurden Desorptionsmessungen (Kurven und Desorptionsgeschwindigkeitsindizes) und mehr oder weniger lange dauernde Grubengas-Meßreihen durchgeführt. Die Messungen mit Hilfe von tragbaren Grubengasmeßgeräten wurden bald durch Schreibgeräte und dann durch die Grubengasfernmessung abgelöst. 1965 wurde damit begonnen, den Grubengasinhalt der Flöze nach einem vom Cerchar entwickelten Schnellmeßverfahren zu bestimmen.

Das Problem des Einflusses des Spannungszustandes des Gebirges versuchte man durch seismische Messungen zu klären.

Die Messungen wurden in mehreren Schachtanlagen des Reviers Hainaut durchgeführt. Um aber schnell möglichst viele zuverlässige Auskünfte zu erhalten, wurden die meisten Messungen auf bestimmte Betriebspunkte der Schachtanlage Sainte-Marguerite der SA des Charbonnages du Centre konzentriert. Auf dieser Schachtanlage waren unter Tage nacheinander und gleichzeitig mehrere Grubengasmeßstellen in Betrieb ; über Tage war außerdem ein Laboratorium eingerichtet worden.

3. VERHÜTUNG DER GA

Im Verlauf der Forschung wurde in erster Linie das Verfahren der Entspannungsbohrungen erprobt und weiterentwickelt. Dieses Verfahren beruht auf dem Einbringen eines Netzes von Bohrlöchern großen Durchmessers (im allgemeinen 115 mm) und großer Länge (15 bis 20 m).

Die Entspannung des Gebirges wird dadurch bewirkt, daß eine gewisse Kohlenmenge aus dem Flöz entfernt wird. Diese Entspannung äußert sich durch :

- Gebirgsschläge,
- Fließen des Flözes,
- Kohlenauswürfe durch das Bohrloch,
- Zusammenrücken des Nebengesteins.

Ferner bewirken die Bohrungen zweifellos auch eine Teilentgasung des Flözes.

3.1 Flözstrecken

(Literatur 1, 7, 10, 11, 12 und 13)

Die ersten Versuche in Flözstrecken wurden 1956 durchgeführt. Das Verfahren erwies sich hier als sehr zuverlässig. Nichtsdestoweniger wurden die Erschütterungsschüsse nach dem Einbringen der Bohrungen im allgemeinen beibehalten. Gegenwärtig werden in allen Flözstrecken der zu GA neigenden Schachtanlagen der SA des Charbonnages du Centre systematisch Entspannungsbohrungen eingebracht. Vor jedem Auffahren von horizontalen oder geneigten Strecken (Aufhauen und Abhauen) werden diese Bohrungen nach einem bestimmten Bohrraster vorgetrieben. Neue Bohrungen werden eingebracht, sobald sich die Schutzdecke über dem vorangegangenen Bohrnetz auf mindestens 5 m verringert hat.

In jedem Einzelfall müssen folgende praktischen Probleme gelöst werden :

- Durchmesser und Zahl der Bohrlöcher,
- Bohrraster,
- Seitenschutz der Streckenstöße,
- Sicherheit des für das Bohren zuständigen Personals.

Im allgemeinen wird ein Durchmesser von 115 mm gewählt. In manchen Fällen, wenn das Flöz zu heftig reagierte, mußte allerdings auf einen kleineren Durchmesser, nämlich 85 mm, übergegangen werden.

Die Zahl und die Anordnung der Bohrlöcher sind noch wichtiger als der Durchmesser. Die Entspannung muß ausreichend sein, und sie muß sich in den Stößen der Strecken so stark auswirken, dass GA selbst nach späteren Erschütterungsschüssen möglichst vermieden werden. Sie darf aber auch nicht zu stark sein, denn sonst besteht die Gefahr, daß der Schutzriegel bricht, was bereits im Anschluß an die Bohrungen zu GA führt.

Jede einzelne Bohrung verursacht eine Entspannung, die sich proportional zu dem von ihr im Flöz geschaffenen Hohlraum verhält. Abgesehen von dieser Einzelwirkung bewirken alle Bohrungen zusammen eine allmähliche Entspannung. Die Verteilung der Bohrlöcher in der gleichen Ebene läuft darauf hinaus, daß ein Einschnitt durch das Flöz gezogen und hierdurch seine Mächtigkeit verringert wird, so daß die Hangschichten sich absenken und demzufolge entspannen können.

In vielen Fällen hat sich ein aus sieben Bohrlöchern bestehendes Netz als wirksam erwiesen (s. Abb. 1). Dieses Netz umfaßte insbesondere in jedem Stoß der Strecke auch ein stark abgewinkeltes Bohrloch. Die abgewinkelten Bohrlöcher sind unbedingt erforderlich, wenn ein ausreichender Seitenschutz der Strecke gewährleistet werden soll. Das abgewinkelte Bohrloch oberhalb der Fördersohle soll ein etwaiges durch das Einfallen begünstigtes Auslaufen der Kohle verhindern.

Ein grundlegender Fehler, der vermieden werden muß, ist die zu große Zahl von Bohrungen (s. Abb. 2). Der endgültige Durchmesser des Bohrlochs ist häufig größer als der Durchmesser der benutzten Bohrkronen. Vor allem wenn die Kohle sehr weich und sehr gebräuchlich ist, bilden sich im Anschluß an das Einbringen der Bohrungen unweigerlich Hohlräume, die sich übermäßig erweitern. Diese Hohlräume schwächen die über dem Bohrgeschäft beibehaltene Decke, so daß der von ihr gebotene Schutz völlig illusorisch wird. Da das Nebengestein der zu GA neigenden Flöze außerdem im allgemeinen sehr biegeunfähig ist, kann es nicht entsprechend dem geschaffenen Hohlraum zusammenrücken. Wenn nun eine neue Bohrung die Decke durchstößt, sie noch mehr schwächt und dann in den noch nicht behandelten Bereich eindringt, und wenn hierbei vor der Decke ein harmloser Gasausbruch ausgelöst wird, dann kann sich dieser durch Kettenreaktion zu einem heftigen Ausbruch entwickeln. (Die Aushöhlungen werden nach und nach miteinander verbunden.) Das unter Druck stehende Grubengas treibt schließlich den sogenannten „Schutzriegel“ aus. Abschließend ist also festzustellen, daß die Zahl der Bohrungen, vor allem in Zonen mit lockerer Kohle, unbedingt auf das für die Entspannung und für die Entgasung notwendige Mindestmaß beschränkt werden muß.

Um die Sicherheit beim Bohren zu erhöhen und das Klima am Betriebspunkt zu verbessern, wurden auch Wasserzerstäubungsversuche unternommen. Hierbei wird das Wasser, zusammen mit der Preßluft, durch die Bohrstangen in das Bohrloch tiefste eingepreßt.

Bemerkung :

Eine Anwendung des Verfahrens der Entspannungsbohrungen bei horizontalen Vorrichtungsstrecken sowie die zur Verbesserung der Sicherheit dieser Arbeiten durchgeführten Messungen sind sehr ausführlich in der unter Ziff. 11 erwähnten Veröffentlichung beschrieben.

3.2 Strebe

(Literatur 3, 7, 10, 12 und 13)

Der erste Versuch, das Verfahren der Entspannungsbohrungen im Streb anzuwenden, wurde im Mai 1960 durchgeführt. Es wurden insgesamt sieben Strebe nach diesem Verfahren behandelt :

Schachanlage Ste-Marguerite

1. Flöz 6, P.N. West, unterhalb 835 m Teufe
2. Flöz 6 P.N. West, in 872 m Teufe (in der Verlängerung des vorerwähnten Strebs)
3. Flöz 6, 2. P.N. West, in 704 m Teufe
4. Flöz 5, P.N. West, in 872 m Teufe
5. Flöz 5, P.M. West, in 872 m Teufe
6. Flöz 5, P.M. Ost, in 872 m Teufe

Schachanlage St. Albert

7. Flöz 6, 4. Streb West, in 680 m Teufe

Während der Abfassung dieses Berichtes werden auf der Schachanlage Ste-Marguerite in drei weiteren Streben Entspannungsbohrungen durchgeführt.

8. Flöz 5, P.N. West, unterhalb 872 m Teufe
9. Flöz 6, P.M. West, in 872 m Teufe
10. Flöz 6, P.M. Ost, in 872 m Teufe

Die Versuche 1 und 2 wurden in verschiedenen Phasen durchgeführt (s. Abb. 3 a bis d).

In der ersten Phase (Abb. 3a) wurde lediglich das herkömmliche Verhütungsverfahren, nämlich das Verfahren des Erschütterungsschießens (E) angewandt.

Im Mai 1960 begannen die Versuche (Abb. 3 b) mit Entspannungsbohrungen (S), bei denen allerdings auch noch Erschütterungsschießen mit geringer Dichte durchgeführt wurde (zweite Phase).

Die dritte Phase (Abb. 3 c) drängte sich nach dem Einbringen der ersten Bohrlochreihen von selbst auf. Es wurde nämlich eine derartige Zunahme der Flözstärke festgestellt, daß das Erschütterungsschießen zum Hereingewinnen der Kohle nicht mehr genügte. Außer dem Erschütterungsschießen wurde daher die Kohle auch noch im Abbau (A) hereingeschossen.

Im Januar 1961 begann die vierte Phase (Abb. 3 d), d.h. das Erschütterungsschießen wurde abgeschafft, und es wurde nur noch im Abbau geschossen.

Nachdem dieses Verfahren 20 Monate lang erprobt worden war, ohne daß sich im Streb ein plötzlicher GA ereignet hätte, ließ man auch die Abbauschüsse wegfällen und begann mit dem ersten Mechanisierungsversuch (fünfte Phase). Nach dem Einbringen der Entspannungsbohrungen wird die Kohle nunmehr mit einem Westfalia-Schnellhobel hereingewonnen. Kurz vor dem Auslaufen des Betriebspunktes konnten Versuche unternommen werden, eine Stoßtränkung auf kurze Entfernung vorzunehmen.

Die Entspannungsbohrlöcher hatten im allgemeinen einen Durchmesser von 115 mm und eine Länge von 15 m. Es wurde dafür gesorgt, daß auf diesen Bohrlöchern immer ein Schutzriegel von mindestens 5 m beibehalten wurde. Der Abstand der Bohrlöcher wurde im Unverritzten auf 3 m und für durch den Abbau eines Schutzflözes geschützte Bereiche auf 4 m oder 4,5 m festgesetzt.

Die Reaktionen des Gebirges beim Einbringen der Entspannungsbohrlöcher — Kohlenauswurf und Ausgasung — wurden in allen Fällen durch verschiedene Messungen genau ermittelt. Diese Messungen lieferten zahlreiche Auskünfte über den Vorgang des GA, über die Neigung der Flöze zu GA und über die Auswirkungen der Entspannung. In den im Literaturnachweis aufgeführten Artikeln sind mehrere Karten über die Auswirkungen von Bohrungen veröffentlicht und kommentiert worden (s. Abb. 4 und 5).

3.3 Durchörterung von Flözen

(Literatur 5, 6, 8, 10 und 11)

Um etwaige GA bei der Durchörterung von Flözen mit einem Querschlag zu vermeiden, war in der Zeit von 1951 bis 1954 das Verfahren der Entspannungsbohrungen angewandt worden (vgl. Ziff. 1). Im Verlauf der Forschung wurde zweimal, und zwar 1961 und 1964, der Versuch gemacht, das Verfahren der Vorunterwaschung des Flözes anzuwenden.

Die Vorunterwaschung ist ein ungarisches Verfahren, das in den Kohlenbergwerken des Reviers von Pécs systematisch angewandt wird.

Das Verfahren beruht auf folgendem Prinzip (s. Abb. 6) :

Der Vortrieb des Querschlags wird in einigen Metern Entfernung vom Flöz gestoppt. Man bohrt nun ein oder mehrere Bohrlöcher von 115 mm Durchmesser bis ins Flöz, und durch diese Löcher wird das Flöz dann durch Einspritzen von Druckwasser unterwaschen. Auf diese Weise wird eine gewisse Kohlen- und Gasmenge freigesetzt. Nach den ungarischen Erfahrungen müssen 1 bis 2 m³ der anstehenden Kohle je Meter Flözmächtigkeit ausgewaschen werden, um eine ausreichende Entspannung des Gebirges zu erreichen. Infolge der im Flöz durch das Unterwaschen geschaffenen Aushöhlung kann sich nämlich das Flöz auflockern und das Nebengestein entspannen.

Beim Unterwaschungsverfahren muß allerdings eine zu starke Unterwaschung vermieden werden, es sei denn, daß das Flöz sich als nicht besonders reaktionsfähig erweist. In diesem Fall muß die Unterwaschung fortgesetzt werden, bis alle Nebenerscheinungen aufhören. Wird eine zu große Aushöhlung geschaffen, dann besteht die Gefahr, daß sich beim Durchörteren des Flözes Schwierigkeiten ergeben, vor allem im Anschluß an Einstürze. Um im übrigen einen Kohlenfall oder einen GA zu vermeiden, die beim Durchörteren in der Firste des Querschlags ausgelöst werden könnten, wird vorher sozusagen ein Schutzschild angelegt. Dieser Schutzschild besteht aus einem Netz von in der Streckenfirste verteilten, bewehrten und auszementierten Bohrlöchern.

4. ERGEBNISSE DER GA-VERHÜTUNGSMASSNAHMEN

Sieht man sich die Statistik (Ziff. 0) an, dann stellt man fest, daß die Zahl der jährlichen GA seit 1963 — als das seither durchweg an allen zu GA neigenden Betriebspunkten angewandte Verfahren der Entspannungsbohrungen eingeführt wurde — stark zurückgegangen ist.

Vom 1. Januar 1959 bis 30. September 1965 haben sich fünf GA mit tödlichen Unfällen (sieben Opfer) ereignet. Diese fünf GA waren an Betriebspunkten zu verzeichnen, an denen das Verfahren der Entspannungsbohrungen nicht angewandt worden war (vier Fälle) oder aus verschiedenen Gründen nicht richtig angewandt werden konnte (ein Fall).

4.1 Flözstrecken

Als wichtigstes praktisches Ergebnis ist vor allem festzuhalten, daß bei gleichzeitiger Durchführung von Entspannungsbohrungen und Erschütterungsschießen sowohl Flözstrecken vorgetrieben als auch Vorrichtungsarbeiten verrichtet werden können, ohne daß selbst nach dem Schießen GA ausgelöst werden (s. Abb. 7).

Wurde nur das Erschütterungsschießen angewandt, dann ereigneten sich gleich nach dem Schuß oder auch mit Verzögerung zahlreiche GA. Sobald Entspannungsbohrungen eingebracht werden, gibt es keine GA mehr. Es muß allerdings auf die Bedeutung des Seitenschutzes durch abgewinkelte Bohrungen in den Stößen hingewiesen werden, denn sonst können im Anschluß an das Schießen durch Auslaufen der Kohle aus dem oberen Stoß oder infolge der Annäherung an eine Störung im unteren Stoß doch noch GA ausgelöst werden.

Wie unter Ziff. 31 bereits festgestellt, muß im übrigen auch ein anderer Nachteil, nämlich eine zu große Zahl von Bohrungen, vermieden werden. Hierbei besteht nämlich die Gefahr, daß in weicher und gebräucher Kohle zu große Aushöhlungen geschaffen werden. In solchen Flözen kann das biegungssteife Nebengestein nämlich nicht so stark zusammenrücken, wie es dem geschaffenen Hohlraum entsprechen würde, so daß die Decke oder der „Schutzriegel“, der auf jedem Bohrnetz aufrecht erhalten wird, an Festigkeit verliert.

Ein Nachteil des Verfahrens ist das Ansteigen der Kosten für die GA-Verhütung, das allerdings durch die erhöhte Sicherheit und den ungestörteren Betrieb weitgehend aufgewogen wird.

4.2 Strebe

Die Entspannungsbohrungen bewirken eine starke Entspannung und Ausgasung des Gebirges vor dem Auskohlen. Das wichtigste Ergebnis ist, daß im Streb, selbst bei einem täglichen Fortschritt des zu GA neigenden Strebs um 2 m bis 2,5 m, keine GA mehr vorkommen, wenn das Verfahren richtig angewandt wird ⁽¹⁾.

Die Entspannungsbohrungen haben es ermöglicht, daß an den Betriebspunkten, an denen ein Ausbruch von Grubengas zu befürchten ist, von der Verwendung von Sprengstoffen fast völlig abgegangen und der Abbau mechanisiert werden konnte. Die Hobelarbeit verläuft gleichmäßig und ununterbrochen und ohne daß im Gebirge Schwingungen erzeugt werden wie bei der Benutzung von Abbauhämmern. Außerdem wird der Strebstoß beim Hobeln völlig geradlinig gehalten, was für die einheitliche Verteilung der Spannungen vor dem Stoß günstig ist, so daß sich keine gefährlichen örtlichen Überlastungen ergeben, die die Auslösung eines GA begünstigen.

Die Entspannungsbohrungen und die Hobelarbeit tragen dazu bei, daß das Grubengas nach und nach ausströmt, so daß der Grubengasgehalt der ausziehenden Wetter des Strebs viel gleichmäßiger und sogar geringer ist als früher.

Zu erwähnen ist weiter, daß die Entspannungsbohrungen auch die Stoßtränkversuche in zu GA neigenden Flözen ermöglicht haben.

Die Kosten der Entspannungsbohrungen sind geringer als die der Erschütterungsschießen. Außer dieser Einsparung sind aber noch die Vorteile zu erwähnen, die sich aus dem gleichmäßigeren Betriebsablauf, aus der Mechanisierung des Abbaus, aus der geringeren Staubentwicklung und aus der besseren Handbeherrschung ergeben. Letztere trägt wiederum zur Steigerung der Leistung und, infolge der viel günstigeren Korngröße, zur Erhöhung des Verkaufswertes der Kohle bei.

Es wäre interessant, wenn man über einfache Mittel verfügte, mit denen festgestellt werden könnte, wann Entspannungsbohrungen eingebracht werden müssen und ob diese Bohrungen wirksam sind. Die Weiterentwicklung des Verfahrens hängt davon ab, ob es möglich ist, die Entspannung und Entgasung beeinflussenden Größen genau zu messen. Weiter unten werden wir die von uns zu diesem Zweck ergriffenen Maßnahmen erläutern.

4.3 Durchörterung von Flözen

Bei unseren beiden Versuchen hat sich das Verfahren der Vorunterwaschung von Flözen als sehr wirksam erwiesen. Es scheint Garantien zu bieten, die bisher keine andere Verhütungsmaßnahme geboten hat, und zwar sowohl für die Sicherheit der Belegschaft als auch für die Gleichmäßigkeit des Arbeitsfortschritts.

Die Schlußfolgerungen aus dem ersten Versuch (Durchörterung von Flöz 9) können wie folgt zusammengefaßt werden (s. Abb. 8) :

Die Stärke der Reaktionen während des Unterwaschens ließen keine Zweifel über die Neigung des Flözes zu GA und über die Gefahr der Durchörterung aufkommen.

⁽¹⁾ Im Anschluß an Entspannungsbohrungen haben sich drei GA ereignet, weil der Bohrabstand in der gestörten Zone eines Strebs zu gering war. Sowohl im Streb als auch in der Strecke ist eine zu große Zahl von Bohrungen mit zu kurzen Bohrabständen unbedingt zu vermeiden.

Ein Schutzriegel von 3 m Stärke senkrecht zur Lagerung gemessen ist ausreichend. Ein Schutzschild braucht nur angelegt zu werden, wenn bei der Durchörterung des Flözes ein Auslaufen der Kohle aus der Firste zu befürchten ist.

Das Unterwaschen ist mit dem Bohrgerät, einer Pumpe und einfachem Zubehör leicht durchzuführen. Es kann ohne Schwierigkeit auf die gesamte Mächtigkeit des Flözes ausgedehnt werden. Die Bildung einer zu großen Aushöhlung muß jedoch vermieden werden. Um die Stöße und die Ecken der Strecke zu entspannen, ist zu empfehlen, viele sorgfältig auf den gesamten Querschnitt verteilte Unterwaschlöcher zu bohren und durch jedes der Löcher eine mäßige Unterwaschung vorzunehmen. Beim ersten Versuch waren 20 m³ aus dem Flöz entfernt worden, bevor es freigelegt wurde. Diese Menge war unbedingt zu groß.

Aus dem zweiten Versuch (Durchörterung von Flöz 6) sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen (s. Abb. 9) :

Die Vorunterwaschung hat es ermöglicht, ein sehr stark zu GA neigendes Flöz zu durchörtern.

Der Versuch scheint zu bestätigen, daß es genügt, 1 bis 2 m³ Kohle je Meter Flözmächtigkeit zu entfernen, um eine ausreichende Entspannung zu erreichen. Die Unterwaschlöcher müssen so auf den Querschnitt verteilt und so ausgerichtet werden, daß sie eine weitgehende Entspannung der Stöße und der Ecken der künftigen Strecke gewährleisten.

Die Arbeiten nehmen nicht so lange Zeit in Anspruch, daß sie die praktische Anwendung des Verfahrens ausschließen (9 Schichten). Sie dauern auf jeden Fall weniger lange als die für die Wiederherstellung eines Betriebspunktes, an dem ein GA gewütet hat, erforderlichen Arbeiten. Das Verfahren ist auch nicht kostspielig.

5. UNTERSUCHUNG DER BEI GA EINE ROLLE SPIELENDEN EINFLUSSGRÖSSEN

5.0 Allgemeines

Die Untersuchungen der GA begünstigenden Einflußgrößen wurden durchgeführt, um den Vorgang des Ausbruchs besser zu verstehen und um langfristige und kurzfristige Verhütungsmaßnahmen (Bestimmung der Neigung der Flöze zu GA, Ermittlung eines Warnzeichens sowie Messungen zur Wirksamkeitskontrolle der Verhütungsverfahren) zu entwickeln.

Die GA werden unter bestimmten Bedingungen ausgelöst, die mit der Struktur der Kohle, mit der Anwesenheit von Gas und mit den Gebirgsspannungen zusammenhängen.

Die Struktur der Kohle wurde untersucht mit Hilfe von :

- Messung der Rißbildung,
- Messungen zur Ermittlung der ΔP -Indexwerte für die Desorptionsgeschwindigkeit, die im übrigen zum Teil von der Rißbildung abhängen.

Die Anwesenheit und das Ausströmen von Grubengas wurden untersucht mit Hilfe von :

- Desorptionmessungen (Kurven und V_1 -Indexwerte),
- Grubengas-Meßreihen
- und in jüngster Zeit Messungen zur Bestimmung des Grubengasgehalts der Kohle.

Der Einfluß der Gebirgsspannungen wurde indirekt durch seismische Messungen festgestellt.

Auch der Gesamtindex, der die Reaktion des Flözes auf das Einbringen von Entspannungsbohrungen zum Ausdruck bringt, wurde ermittelt.

In diesem Zusammenhang ist auf die Tatsache hinzuweisen, daß mindestens zwei möglichst völlig voneinander unabhängige Einflußgrößen gleichzeitig bekannt sein müssen, wenn die Neigung eines Flözes zu GA in zuverlässiger Weise festgestellt werden soll.

5.1 Struktur der Kohle

5.11 MESSUNG DER RISSBILDUNG

GA ereignen sich häufig, wenn die Kohle plötzlich entweder natürlicherweise oder infolge bergmännischer Arbeit eine stärkere Rißbildung aufweist. Diese Zunahme der Rißbildung erleichtert und beschleunigt das Freiwerden von Grubengas im Augenblick der Entspannung des Gebirges. Bevor sich das Gebirge entspannt, verhindert die starke Kompression trotz der vielen Risse wegen der Undurchlässigkeit der zu GA neigenden Flöze das Ausströmen des Gases.

Es ist also von vornherein anzunehmen, daß bereits die Struktur der Kohle als Anzeichen für die Neigung zu GA gelten kann.

Die Rißbildungsmessungen an Kohlenproben wurden auf die Weise vorgenommen, daß die auf einer glatten Probefläche erscheinenden offenen oder geschlossenen Risse unter dem Mikroskop ausgezählt wurden. Die Kohlen wurden nach der Zahl der Risse je cm in fünf Gruppen eingeteilt. Zu Beginn wurden die Gruppen IV und V mit starker Rißbildung als für die Gefahr des GA besonders kennzeichnend angesehen. Damit ein Gebiet als gefährlich galt, genügte es sogar, wenn nur die Kohle einer einzigen Schicht des Flözes in die Gruppe IV oder V eingestuft wurde. Wir haben andererseits aber bemerkt, daß bestimmte, stark zu GA neigende Flöze der belgischen Vorkommen selbst in der Nähe von manchen GA im allgemeinen nur eine Rißbildung der Gruppe III aufwiesen.

Meßergebnisse

Es wurde die Rißbildung von 454, zumeist aus zu GA neigenden Flözen stammenden Kohlenproben, gemessen. Teilergebnisse wurden bereits in den in Literatur 3, 6, 11 und 13 erwähnten Artikeln mitgeteilt.

Tabelle II zeigt uns für einzelne Flöze die Zahl der zu den verschiedenen Gruppen gehörenden Proben. Die Gruppe III wurde nach der Häufigkeit der Risse in zwei Untergruppen eingeteilt. Die erste Untergruppe hatte 20 bis 50 Risse je cm und die zweite Untergruppe 50 bis 71,4 Risse je cm. Um eine Probe genau zu kennzeichnen, wurde die durchschnittlich oder stellenweise erreichte maximale Rißbildung angegeben. Auf diese Weise könnte manchmal eine Überbewertung der Rißbildung gegenüber der durchschnittlichen Rißbildung vorgekommen sein.

Eine Rißbildung der Gruppe I wurde nur ein einziges Mal bei Kohle aus einem nicht zu GA neigenden Flöz festgestellt.

Rißbildungen der Gruppe II wurden in 36 Fällen festgestellt, davon 3 in nicht zu GA neigenden Flözen und 33 in dem zu GA neigenden Flöz 6. Selbst in zu GA neigenden Flözen können stellenweise sehr geringe Rißbildungen angetroffen werden.

Tabelle II : Zusammenstellung der Ritßbildungsmessungen

Bergwerk	Schachtanlage	Flöz	Sohle	Zahl der Messungen	Gr. I 0 - 6,25 Risse/ cm	Gr. II 6,25 - 20 Risse/ cm	Gr. IIIa 20 - 50 Risse/ cm	%	Gr. IIIb 50 - 71,4 Risse/ cm	%	Gr. IV 71,4-200 Risse/ cm	%	Gr. V 200-1225 Risse/ cm	Bemerkungen	
Borinage	Héribus	Famenne et Jouguelleresse Torioire Alias Flöz 1	501	2	1	1	1	—	1	—	1	—	—	Nicht zu GA neigend	
				5	3	3	—	1	—	1	—	—	—	?	
				1	1	1	—	1	—	1	—	—	—	?	
				51	0	12	24	18	35	18	35	6	3	6	Zu GA neigend
				87	0	31	36	25	29	26	30	5	5	5	Zu GA neigend
				170	0	86	51	25	15	47	28	3	3	2	Zu GA neigend
				100	0	63	63	13	13	1	1	0	0	0	Zu GA neigend
				10	0	0	0	0	0	9	90	1	1	10	Zu GA neigend
				18	0	4	23	2	11	8	44	3	3	22	In den Auswürfen eines GA
				1	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Anderlues	St-Arthur	La Hestre	1002	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	In den Auswürfen eines GA	
				2	—	—	—	2	—	—	—	—	—	In den Auswürfen eines GA	
Monceau-F.	Nr. 24	5 Paumes	930	3	—	1	—	—	—	—	2	—	—	Zu GA neigend	
				1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?
Boubier	Nr. 3	11 Paumes	800	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	
Tamines	Ste-Eugénie Ste-Barbe	Bossu Gayet	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	Nicht zu GA neigend	
				1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht zu GA neigend
Insgesamt				454	1	36	202	44	86	19	114	25	15	3	

Bei den meisten Messungen wurde die Gruppe III festgestellt (202 + 86 = 288). Einmal wurde die Gruppe IIIa bei Kohle aus einem nicht zu GA neigenden Flöz festgestellt — 5 Messungen ergaben die Gruppe IIIa und 2 Messungen die Gruppe IIIb bei Kohlen aus Flözen, in denen sich bisher nur schwächere GA ereignet hatten. Die 280 anderen Messungen, die zur Einstufung in die Gruppe III führten, wurden an Kohlen aus ganz offensichtlich zu GA neigenden Flözen durchgeführt. Hierbei wurde 196mal die Gruppe IIIa und 84mal die Gruppe IIIb festgestellt. In den belgischen Kohlevorkommen weisen die zu GA neigenden Flöze also sehr häufig eine Rißbildung der Gruppe III und sogar der Gruppe IIIa (196 Fälle von 280) auf. Die Unterteilung der Gruppe III hatte den Zweck festzustellen, ob die Gefahr eines GA tatsächlich erst von einer Rißbildung von etwa 50 Rissen je cm an besteht. Dies war aber nicht der Fall.

Die 114 Proben der Gruppe IV (abgesehen von einem zweifelhaften Fall) und die 15 Proben der Gruppe V stammten alle aus zu GA neigenden Flözen. Eine Rißbildung der Gruppe IV wurde auch an acht aus einem GA stammenden Proben (Auswürfe und Aushöhlung) und an etwa 50 Proben aus gestörten Zonen von zu GA neigenden Flözen festgestellt ⁽¹⁾.

Eine Rißbildung der Gruppe V wurde ferner an einer Probe aus einem GA und an etwa 10 Proben aus gestörten Zonen von zu GA neigenden Flözen gemessen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß in den zu GA neigenden Flözen der belgischen Kohlevorkommen eine Rißbildung der Gruppe III häufig vorkommt, was gewisse Zweifel hinsichtlich der unmittelbaren Gefahr aufkommen läßt. Aber diese Gefahr kann um so größer werden, je höhere Spannungen die Kohle infolge der bergmännischen Arbeit aushalten muß und je stärker sie reißt, bis daß sie schließlich eine höhere Rißbildungsgruppe erreicht. Rißbildungen der Gruppe IV oder V hängen zwar auch mit der Neigung des Flözes zu GA zusammen, man trifft sie aber vorzugsweise bei der bei einem GA ausgeworfenen Kohle oder in den gestörten Zonen der zu GA neigenden Flöze.

Bei 14 GA wurde als maximale Rißbildung an der beim GA ausgeworfenen Kohle festgestellt :

- 3mal eine Rißbildung der Gruppe IIIa,
- 3mal eine Rißbildung der Gruppe IIIb,
- 7mal eine Rißbildung der Gruppe IV,
- 1mal eine Rißbildung der Gruppe V.

Wie dem auch sei, der Rißbildungsindex allein genügt zur Feststellung der Gefahr nicht. Auch zwei weitere Bedingungen, nämlich die Anwesenheit von Grubengas und die Gebirgsdrücke, müssen in Betracht gezogen werden. Ein schwerer Nachteil der Rißbildungsmessungen im Laboratorium ist im übrigen ihre Langsamkeit und die Schwierigkeit der Durchführung, so daß die Messung der Rißbildung als Warnzeichen für einen GA nicht in Betracht kommen kann.

Die Rißbildungsmessungen sollen auch nicht systematisch fortgesetzt werden, da die mit viel zu großer Verzögerung eintreffenden Ergebnisse für die praktische GA-Verhütung nicht von Nutzen sind. Nur Proben, die in besonders interessanten Fällen genommen werden, sollen noch analysiert werden.

5.12 DIE ΔP -INDEXWERTE

(kennzeichnend für die Fähigkeit der Kohle, schnell ihr Grubengas freizusetzen)

5.121 Meßprinzip

Der Grubengasinhalt einer Kohle kennzeichnet allein nicht die Gefahr eines GA. Der GA hängt vor allem mit der anfänglichen Desorptionsgeschwindigkeit des Gases zusammen, die wiederum in der Hauptsache durch die Rißbildung bestimmt wird.

⁽¹⁾ Eine besonders starke Rißbildung läßt sich gelegentlich durch die Nähe eines Sprunges oder durch den gestörten Verlauf des Flözes erklären.

Der ΔP -Indexwert kennzeichnet diese anfängliche Desorptionsgeschwindigkeit. Er wird an vorher entgasten und dann unter bestimmten Bedingungen mit Gas gesättigten Kohlenproben gemessen. Dieser Index für das potentielle Risiko hängt zum Teil auch von den Arbeitsbedingungen ab.

Gemessen wird mit einem aus der russischen Ettinger-Vorrichtung abgeleiteten Gerät, das vom Cerchar weiterentwickelt worden ist (Literatur 10 und Abb. 10). Es werden drei aufeinanderfolgende Druckmessungen in der Vakuumstufe des Gerätes vorgenommen. Die erste Messung (p_1) erfolgt nach Sättigung der Kohlenproben mit Helium und ist gleich der durch die Heliumentspannung in der Vakuumstufe bewirkten Druckerhöhung. Die beiden anderen Messungen erfolgen nach Sättigung der Probe mit Methan bei atmosphärischem Druck. Der Druck p_2 ist gleich der durch die Desorption des Methans in den ersten zehn Sekunden des Versuches bewirkten Druckerhöhung. Der Druck p_3 wird nach Ablauf von 60 Sekunden abgelesen.

Von diesen 3 Drücken ausgehend, werden die Indexwerte berechnet :

$$\Delta P 10 - 60 = p_3 - p_2 \quad (\text{mm/WS})$$

$$\Delta P 0 - 60 = p_3 - p_1 \quad (\text{mm/WS}).$$

Zu Beginn wurde vom Index $\Delta P 10 - 60$, der bei der ursprünglichen Ettingermethode allein gemessen wurde, ausgegangen. Die Kohlen wurden nach dem Index $\Delta P 10 - 60$ in ungefährliche oder kaum verdächtige ($\Delta P < 15$), verdächtige ($15 < \Delta P < 20$), gefährliche ($20 < \Delta P < 25$) oder sehr gefährliche Kohlen ($\Delta P > 25$) eingeteilt. Die Obergrenzen der Indizes $\Delta P 10 - 60$ liegen bei 40.

Da die Wechselbeziehung zwischen dem Teilindex $\Delta P 10 - 60$ und dem Gesamtindex $\Delta P 0 - 60$ ermittelt werden konnte, wurde später der Index $\Delta P 0 - 60$ verwendet, der selbstverständlich genauer ist, weil er die sehr schnelle Anfangsphase und die nachfolgende, bereits verlangsamte Phase der Ausgasung berücksichtigt. Die Obergrenzen der Indizes $\Delta P 0 - 60$ liegen bei 100.

5.122 Ergebnisse der Messungen

Die ΔP -Indizes wurden an 6000 zumeist aus zu GA neigenden Flözen stammenden Proben gemessen. Der Großteil der Proben wurde an vom Inichar kontrollierten Betriebspunkten genommen. In den beiden letzten Jahren wurden aber auf Wunsch der Schachtanlagen auch zahlreiche Messungen an Kohlen vorgenommen, die aus anderen Betriebspunkten stammten.

A - Ergebnisse der Messungen des Index $\Delta P 10 - 60$

Die erste Feststellung war, daß die über 15 liegenden Indexwerte $\Delta P 10 - 60$ häufig für durch GA, durch starke Schüsse oder durch geologische Störungen beeinträchtigte Zonen charakteristisch waren. In Bereichen, in denen Bohrungen Reaktionen im Flöz auslösten, wurden gleichfalls häufig ΔP -Indexwerte über 15 festgestellt. Es ist zu erwähnen, daß im Anschluß an diese Feststellung sehr viele Proben in der Nähe der Störungen, also an von vornherein als gefährlich geltenden Stellen, genommen wurden.

Bei den ersten 2800 Messungen haben die zu GA neigenden Flöze ergeben, dass 6,4 % der ΔP -Indexwerte zwischen 15 und 20 und 2,9 % über 20 lagen, gegenüber 1 % und 0,5 % bei den nicht zu GA neigenden Flözen. ΔP -Indexwerte über 15 scheinen für die Gefahr von GA kennzeichnend zu sein.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die ΔP -Indexwerte keineswegs in allen zu GA neigenden Flözen gleich hoch sind. Es gibt innerhalb dieser Flöze Bereiche (Nester), in denen die ΔP -Indexwerte hoch liegen. Diese Bereiche müssen unbedingt ermittelt werden. Man weiß aber bereits, daß die Nähe von Störungen das Steigen der ΔP -Indizes begünstigt. Es wurde auch entlang der gleichen Störung ein weiteres Ansteigen der Indexwerte beobachtet, sobald man in die Nähe der Stelle gelangte, wo die Störung ihren Verlauf oder ihre Richtung änderte.

Zur Häufigkeit der am meisten gemessenen Werte (2800 erste Messungen) ist festzustellen, daß fast 75 % der Indizes von Proben aus zu GA neigenden Flözen zwischen 7 und 12,5 und fast 75 % der Indizes von Proben aus nicht zu GA neigenden Flözen zwischen 6 und 10,5 lagen. Selbst wenn die Indexwerte insgesamt verhältnismäßig niedrig liegen, so sind sie doch in den zu GA neigenden Flözen immer etwas höher.

In einem Streb wurde entlang einer Störung eine Änderung des Index beobachtet (s. Abb. 11). Es wurde vor einem GA und vor einem starken Schuß eine Erhöhung festgestellt. Der Index blieb anschließend entlang dieser Störung (Verdrückung, kombiniert mit einer Verwerfung ins Hangende) sehr hoch, und dort ereigneten sich im Anschluß an das Bohren auch 3 GA. Im gleichen Streb wurde entlang einer anderen Störung gleichfalls vor einem GA ein Ansteigen des Index festgestellt. Dagegen waren die Indexwerte entlang einer dritten Störung, an der sich kein GA ereignet hatte, nicht so hoch und änderten sich auch weniger. An diesem Betriebspunkt waren also die ΔP -Indexwerte ein Warnzeichen für den unmittelbar bevorstehenden GA.

Was die nicht zu GA neigenden Flöze betrifft, so möchten wir daran erinnern, daß im Anschluß an einen Ausbruch in einem nicht eingestuften Flöz die Indexwerte ΔP 10 — 60 von 24 Proben gemessen wurden. Keiner überstieg 7. Der Ausbruch wurde nicht als GA bewertet. Seine Ursachen dürften dynamische Auswirkungen des Gebirgsdruckes, insbesondere der Schwerkraft, sein (stark geneigtes Flöz).

B - Ergebnisse der Messungen des Index ΔP 0 — 60

Die Untersuchung der Beziehung zwischen den beiden Indexwerten ΔP 10 — 60 und ΔP 0 — 60 hat dazu geführt, daß für die belgischen, zu Methanausbrüchen neigenden Kohlevorkommen folgende Einstufung vorgeschlagen werden kann :

ΔP 10 — 60	ΔP 0 — 60	Neigung zu GA:
0 — 10	0 — 15	Ungefährliche Kohle
10 — 15	15 — 30	Verdächtige Kohle
15 — 20	30 — 45	Gefährliche Kohle
> 20	> 45	Sehr gefährliche Kohle

Aus Sicherheitsgründen ist jedoch wegen der Streuung auf dem die Beziehungen zwischen den beiden Indizes darstellenden Diagramm ein Wert von ΔP 0 — 60 = 20 als untere Grenze für die Gefahr von GA anzusehen (im Revier Cévennes scheint diese Grenze bereits bei ΔP 0 — 60 = 14 erreicht zu sein).

In Tabelle III sind 6000 Messungen des Indexwertes ΔP 0 — 60 zusammengestellt. Wir haben hier auch die anerkannte Einstufung der Betriebspunkte in bezug auf die GA vermerkt. Übersteigt die Zahl der Indexwerte ΔP 0 — 60 \geq 20 15 %, dann handelt es sich um ein zu GA neigendes Flöz (das jedoch im übrigen nicht unbedingt stark reagieren muß). Liegt die Zahl unter 15 %, dann handelt es sich um ein ungefährliches Flöz. Wir können allerdings nicht behaupten, daß die Gefahr um so größer ist, je höher der Prozentsatz der $\Delta P \geq 20$ ist. Dies stünde im übrigen mit unseren Beobachtungen an verschiedenen Betriebspunkten im Widerspruch.

Für die Gesamtheit der 6000 Messungen wurde festgestellt, daß annähernd 74 % der Indexwerte unter 20, 18 % zwischen 20 und 30 und 8 % über 30 lagen. Im allgemeinen bestand hierbei ein direkter Zusammenhang mit der Erscheinung des GA oder mit Störungen.

Tabelle III : Zusammenstellung von 6000 Messungen des Indexwertes $\Delta P 0 - 60$

Schachtanlage	Betriebspunkt	Zahl der Messungen	Zahl d. Messungen in Störungen	$\Delta P < 20$		$\Delta P 0 - 60$				Neigung zu GA	
				Zahl	%	$20 \leq \Delta P < 30$		$30 \leq \Delta P < 45$		$\Delta P \geq 45$	
				Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
Ste-Marguerite	Flöz 1 West 775 m	824	71	60,8	215	26,1	61	7,4	47	5,7	Zu GA neigendes Flöz
	Flöz 1 Ost, 775 m	256	136	47,3	91	35,5	32	12,5	12	4,7	Zu GA neigendes Flöz
	Flöz 3 West, 872 m	382	107	91,4	31	8,1	2	0,5	0	0	Nicht zu GA neigendes Flöz
	Flöz 5 P.N., West	1245	?	89,2	121	9,7	10	0,8	3	0,3	Leicht zu GA neigendes Flöz
	872 m u. darunter										
	Flöz 5 P.M., West,	158	0	79,7	31	19,6	1	0,7	0	0	Leicht zu GA neigendes Flöz
	872 m										
	Flöz 6, 2. P.N., West,	5	0	60,0	2	40,0	0	0	0	0	Zu GA neigendes Flöz, Zahl der Messungen unzureichend
	704 m										
	Flöz 6 P.N., West,	1815	749	82,3	237	13,1	73	4,0	12	0,6	Stark zu GA neigendes Flöz
	872 m										
	Flöz 6 P.M., West,	614	?	62,7	186	30,3	31	5,0	12	2,0	Stark zu GA neigendes Flöz
	872 m										
Flöz 7 West, 750 m	62	0	54,9	17	27,4	9	14,5	2	3,2	Zahl der Messungen unzureichend	
Flöz 8, 675 m	12	0	0	1	8,3	9	75,0	2	16,7	Zahl der Messungen unzureichend	
Nördl. Vorkommen,											
1025 m	58	8	79,3	8	13,8	3	5,2	1	1,7	Zahl der Messungen unzureichend	
Flöz N, 1025 m	455	—	43,1	139	30,6	88	19,3	32	7,0	In gestörter Zone zu GA neigendes Flöz	
St-Albert	Flöz 6, Placard, 710 m	46	46	6,5	15	32,6	12	26,1	16	34,8	Zahl der Messungen unzureichend (gestörtes Flöz)
St-Aldegonde	Flöz N, 985 m	30	0	96,7	1	3,3	0	0	0	0	Nicht zu GA neigendes Flöz
Verschiedenes	Nicht zu GA neigende Flöze	38	0	100	0	0	0	0	0	0	Nicht zu GA neigendes Flöz
Insgesamt		6000	—	73,9	1095	18,2	331	5,5	139	2,4	

Flöz 6 neigt sehr stark zu GA: Im Plat Nord wurde festgestellt, daß 17,7 % der Indexwerte über 20 lagen. Im Plat Midi lagen 37,3 % der Indexwerte über 20.

Flöz 1 neigt gleichfalls zu GA: Im Weststreb wurde festgestellt, dass 39,2 % der Indexwerte über 20 lagen, im Oststreb lagen 52,7 % über 20. Die sehr hohen ΔP -Indizes des Flözes 1 wurden allerdings bei verhältnismäßig wenig gerissener Kohle festgestellt. Der Cerchar-Ingenieur, Herr Gunther, hat diese Anomalie durch den sehr viel höheren Diffusionskoeffizienten dieser Kohle erklärt.

Flöz N auf der Schachanlage Ste-Marguerite hat sich aufgrund seines ΔP -Index (56,9 % lagen bei oder über 20) als zu GA neigend erwiesen. Allerdings wurden viele Proben aus gestörten Zonen genommen. Eine zuverlässige Einstufung würde noch viele weitere Messungen erfordern, und zwar sowohl in ungestörten als auch in gestörten Bereichen. Es wurde nämlich festgestellt, daß das gleiche Flöz N auf der Schachanlage Algedonde unbedingt als ein nicht zu GA neigendes Flöz angesehen werden muß (96,7 % der Indizes lagen unter 20).

Flöz 5 neigt nur wenig zu GA : Im Plat Nord lagen nur 10,8 % der Werte und im Plat Midi 20,3 % der Werte bei oder über 20.

Flöz 3 neigt nicht zu GA : 8,6 % der Werte lagen bei oder über 20.

Es wurden 38 Messungen an Proben aus verschiedenen, offensichtlich nicht zu GA neigenden Flözen vorgenommen. 100 % der Werte lagen unter 20.

C - Wechselbeziehung zwischen Rißbildung und ΔP 0 — 60

Die Rißbildungsmessung an Kohlenproben, die absichtlich aus Proben mit hohem ΔP ausgewählt wurden, hat häufig eine hohe Rißbildungsgruppe ergeben. Es besteht jedoch keine feste Beziehung zwischen der Gesamtrißbildung und dem Indexwert ΔP 0 — 60. 95 % der Punkte des Diagramms „Rißbildung — ΔP -Index“ liegen zwischen zwei Grenzkurven. Grob überschlagen, wurde folgende Übereinstimmung beobachtet :

- $\Delta P < 15$: Gruppe II und III unterer Teil,
- $15 < \Delta P < 30$: Gruppe III und IV unterer Teil,
- $30 < \Delta P < 45$: Gruppe III und IV,
- $45 < \Delta P < 60$: Gruppe III oberer Teil und IV,
- $\Delta P < 60$: Gruppe IV und V.

Es wurde auch ein Unterschied zwischen dem Verhalten der Kohle aus verschiedenen Flözen festgestellt. So ergaben die Proben aus Flöz 1 — obgleich es weniger zu GA neigt als Flöz 6 — sehr hohe ΔP -Indexwerte, d.h. höhere als die Probe aus Flöz 6, während sie nur eine Rißbildung der Gruppe III aufwiesen. Andere Einflußgrößen als die Rißbildung dürften die sehr hohen ΔP -Indexwerte (70 — 100) von Flöz 1 erklären, und zwar insbesondere der hohe Diffusionskoeffizient.

An mehreren Betriebspunkten wurde ein Ansteigen der ΔP -Indexwerte beobachtet, als der Strebstoß senkrecht unter der Abbaugrenze eines überlagernden Flözes verlief oder als sich der Stoß einer Strecke der Widerlagerzone des Druckgewölbes eines alten Abbaubetriebs näherte. In diesem Fall haben sich im Flöz wahrscheinlich stellenweise infolge des mehr oder weniger langen Ansteigens der Spannungen im Gebirge übermäßig viele Risse gebildet.

D - Schlußfolgerungen aus den ΔP -Indexwerten

Der ΔP -Index, der den Strukturzustand der Kohle kennzeichnet und in der Hauptsache von ihrer Rißbildung abhängt, ist als indirekte Messung der anfänglichen Desorptionsgeschwindigkeit des in der Kohle enthaltenen Gases anzusehen. Er zeigt die potentielle Gefahr an, die z.T. von den Arbeitsbedingungen abhängt.

Mißt man diesen Index an einer ausreichenden Zahl von Proben (mindestens 100), die an den verschiedensten Stellen des Betriebspunktes genommen wurden, so kann die Neigung des Grubenfeldes zu plötzlichen GA ziemlich genau beurteilt werden. Er kann also als Einstufungsmittel verwendet werden.

Innerhalb des gleichen Grubenfeldes kann es vor allem in der Nähe von Störungen Zonen mit sehr hohen ΔP -Indexwerten geben. In manchen Fällen geht den GA stellenweise ein Ansteigen der ΔP -Werte voraus. Der ΔP -Index kann also in doppelter Hinsicht als direktes Warnzeichen angesehen werden. Dies trifft allerdings nicht immer zu, und im allgemeinen liefert der ΔP -Index keine Auskunft über das Bestehen eines GA.

Der ΔP -Index kann infolge der Abbauspannungen steigen, vor allem wenn die Spannungen länger anhalten. Er ermöglicht daher manchmal die Feststellung der Bereiche, in denen eine starke Spannung bestanden hat oder noch besteht.

Der ΔP -Index kann nicht dazu dienen, die Wirkung der Verhütungsmaßnahmen zu kontrollieren.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es sich hier in erster Linie um einen Einstufungstest handelt. Aber wie die Rißbildung, von der er abhängt, kann er allein nicht dazu dienen, die Gefahr völlig zu klären. Es muß auch der Gasinhalt des Flözes und der Spannungszustand des Gebirges berücksichtigt werden. Da diese Messungen aber im Labor vorgenommen werden, kann eine Kohle tatsächlich einen hohen ΔP -Index aufweisen, obgleich die Gefahr des GA tatsächlich nicht mehr besteht, weil das Flöz infolge eines Schutzbaus oder einer Entgasung durch Entspannungsbohrungen bereits kein Grubengas mehr enthält. Der ΔP -Index ändert sich nicht mit dem Grubengasinhalt des Flözes, und es ist ganz sicher, daß die Gefahr behoben ist, wenn der Gasinhalt stark zurückgegangen ist.

5.2 Vorkommen und Freiwerden von Grubengas

5.21 DESORPTIONSMESSUNGEN

Die anfängliche Desorptionsgeschwindigkeit des Grubengases von aus der Tiefe des Gebirges genommenen Kohlenproben konnte direkt unter Tage mit Hilfe eines Gerätes gemessen werden, das als tragbares Desorbometer bezeichnet wird (s. Abb. 12). Dieses Gerät hat den Vorteil, daß es sehr handlich ist und daß die Kohlenproben sofort nach der Probenahme unter Bedingungen untersucht werden können, die ihrem natürlichen Zustand im anstehenden Gebirge entsprechen (Literatur 3, 7 und 10).

Als wir das Desorbometer zuerst benutzten (1960-1963), haben wir die Kohlen nach dem Verlauf der Desorptionskurven eingestuft. Die Kurven lassen den Einfluß von in der Nähe liegenden alten Abbaubetrieben klar erkennen (s. Abb. 13). In einem Fall haben diese Kurven es ermöglicht, die Grenzen von überlagernden alten Abbaubetrieben, die man nicht mehr genau kannte, neu einzuzeichnen. In den entspannten Bereichen sind die Desorptionskurven sehr flach. In den durch alte Abbaubetriebe nicht beeinflussten Bereichen steigen die Kurven an. Es konnte festgestellt werden, daß der Gasinhalt der Kohle entsprechend der Stärke der Entspannung abgenommen hatte und daß ihre Durchlässigkeit größer geworden war.

Wir haben die Desorptionskurven im allgemeinen in 3 (und manchmal in 4) Netze eingeteilt. Netz I kennzeichnet die ungefährlichen Kohlen, Netz II die verdächtigen Kohlen, Netz III die gefährlichen Kohlen und Netz IV die sehr gefährlichen Kohlen. Die Bereiche der Flöze, in denen die Kennlinien der anfänglichen Desorption darauf schließen lassen, ob eine Gefahr besteht oder nicht, stimmen mit denen überein, in denen bei Bohrungen keine oder nur geringe Reaktionen oder aber heftige Reaktionen festgestellt wurden. Es scheint hier eine Übereinstimmung zwischen der Reaktionsstärke der Bohrungen und der anfänglichen Desorptionsgeschwindigkeit zu bestehen.

In Bereichen, die zum Teil durch benachbarte Abbaubetriebe entgast wurden, besteht nur in gestörten Zonen eine Gefahr. Senkrecht unter alten Abbaugrenzen deuten die Messungen auf eine große Gefahr hin. In unverritzten Bereichen zeigen sie an, ob das Flöz natürlicherweise verdächtig oder gefährlich ist.

Das Zeichnen der Desorptionskurven erfordert eine gewisse Zeit und kann normalerweise nicht unter Tage geschehen. Das Desorbometer liefert jedoch einen an Ort und Stelle unmittelbar verwendbaren Index, nämlich den vom Cerchar definierten V_1 -Index. Dieser Index, der gleichzeitig eine Funktion des Gasinhalts der Kohle ⁽¹⁾ und der Desorptionsgeschwindigkeit ist, zeigt an, welche Grubengasmenge je 10 g Kohle in der Zeit zwischen der 35. und 70. Sekunde nach der Probenahme in 3 m oder in 5 m Tiefe eines Bohrloches frei wird.

Die Versuche haben gezeigt, daß die Gefahr eines GA besteht, wenn $V_1 \geq 1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ und daß die Gefahr sehr groß ist, wenn $V_1 \geq 2 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$.

Seit Ende 1963 nehmen wir für die Einstufung der Kohle den V_1 -Index. Tabelle IV zeigt die Einstufung der verschiedenen Betriebspunkte nach den letzten 1349 V_1 -Indexmessungen (bis zum 11.8.1965).

Von den im Streb von Flöz 5 P.N. unterhalb 872 m Teufe gemessenen 356 Indizes lagen 149 zwischen 1 und 2 und 139 über 2. Es müssen hier allerdings Unterscheidungen gemacht werden. Im ersten Stadium wurde der Streb nämlich in einer entspannten Zone betrieben, die zum Teil durch überlagernde Abbaubetriebe entgast war :

35 % der Messungen ergaben	$V_1 < 1$
40 % der Messungen ergaben	$1 \leq V_1 < 2$
25 % der Messungen ergaben	$V_1 \geq 2$

Im zweiten Stadium wurde der Streb im unverritzten Gebirge betrieben :

7 % der Messungen ergaben	$V_1 < 1$
41 % der Messungen ergaben	$1 \leq V_1 < 2$
52 % der Messungen ergaben	$V_1 \geq 2$

Die Schwankung des Prozentsatzes der Indizes dieser drei Gruppen läßt klar erkennen, daß das Flöz im unverritzten Bereich mehr Grubengas enthielt oder, genauer gesagt, daß es in dem von einem überlagernden Abbau beeinflussten Bereich zum Teil bereits entgast war.

In diesem Streb lagen die ΔP -Indizes im allgemeinen unter 20. Eine Ausnahme machte eine Stelle senkrecht unter der Grenze eines überlagernden alten Abbaubetriebs, wo hohe Werte festgestellt wurden. Aufgrund des ΔP -Index allein hätte angenommen werden können, daß das Flöz nicht zu GA neigt. Fast alle Entspannungsbohrungen führten jedoch zu Auswürfen, und es ereigneten sich in Gebieten mit starker Spannung auch zwei GA (hier waren die ΔP -Indizes im übrigen etwas höher als üblich : 20 — 30).

Abschließend ist festzustellen, daß das Flöz im unverritzten Bereich einen ziemlich beträchtlichen Grubengasinhalt aufzuweisen scheint. Andererseits kann man annehmen, daß die Gefahr eines GA größer wird, wenn die Rißbildung stellenweise zunimmt. Dieses Beispiel zeigt, daß die beiden sich ergänzenden Indexwerte ΔP und V_1 unbedingt gleichzeitig berücksichtigt werden müssen, wenn man die Gefahr des GA richtig beurteilen will.

Von den 114 Messungen in den Vorrichtungsbetrieben von Flöz N auf der Schachanlage Ste-Marguerite ergaben fünfzehn $V_1 < 1$, 59 ergaben $1 \leq V_1 < 2$ und vierzig ergaben $V_1 \geq 2$. Diese Verteilung würde bedeuten, daß das Flöz zu GA neigt. Aber die höchsten Index-Werte wurden nur in den gestörten Bereichen des Flözes gemessen. Zahlreiche Indizes zwischen 1 und 2 wurden in ungestörten Zonen gemessen, wo die ΔP -Indexwerte unter 20 lagen. Man könnte sich denken, daß die Kohle hier zwar verhältnismäßig wenig gerissen ist, aber viel Grubengas enthält.

⁽¹⁾ Die Desorptionsmessungen gestatten es nicht, den Gasinhalt des Flözes zu berechnen. Die gefundenen Werte sind fast immer zu niedrig.

Tabelle IV : Zusammenstellung der Desorptionmessungen (nach dem V_1 -Index)

Charbonnages du Centre Schachtlage	Flöz	Betriebspunkt	Zahl der Mes- sungen	$V_1 < 1$	$V_1 \geq 1$ und < 2	%	$V_1 \geq 2$	%	Bemerkungen
Ste-Marguerite	Flöz 1, P.N.	Streb West, 775 m	410	13	65	15,9	332	81,0	Zu GA neigendes Flöz Zu GA neigendes Flöz Leicht zu GA neigendes Flöz (vgl. Kom- mentare) } im teilweise entgasten Bereich Zu GA neigendes Flöz, aber viele Mes- sungen und Bohrungen Nicht zu GA neigendes Flöz, aber gestörte Zone Nicht zu GA neigendes Flöz entlang von alten Bauen Nicht zu GA neigendes Flöz Neues noch zu untersuchendes Vorkommen (vgl. Kommentare) Neues noch zu untersuchendes Vorkommen (vgl. Kommentare)
	Flöz 1, P.N.	Streb Ost, 775 m	292	0	26	9,6	264	90,4	
	Flöz 5, P.N.	Streb West, 872 m	356	68	149	41,9	139	39,0	
	Flöz 5, P.M.	Streb West, 872 m	13	8	3	23,1	2	15,4	
	Flöz 5, P.M.	Streb Ost, 872 m	43	32	7	16,7	4	9,5	
	Flöz 6, P.M.	Vorrichtungsbetrieb, 872 m	73	40	11	15,0	22	30,0	
St-Albert	Flöz 6, Placard	Aufhauen, 710 m	11	2	5	45,5	4	36,4	
Ste-Marguerite	Flöz 7	Grundstrecke, 750 m	4	4	0	0	0	0	
	Flöz 8	Aufhauen 750 m	3	3	0	0	0	0	
	Flöz N	Abhauen 1, unterhalb 940 m	30	1	16	53,3	13	43,3	
	Flöz N	Flözstreckenvortrieb 940 m	6	0	3	50,0	3	50,0	
	Flöz N	Abhauen 2, unter 940 m	9	0	5	55,6	4	44,4	
	Flöz N	Flözstreckenvortrieb 940 m	23	0	13	56,5	10	43,5	
	Flöz N	Aufhauen 1025 m	46	14	22	47,8	10	21,7	
	Flöz N	Streb Ost 985 m	30	2	19	63,3	9	30,0	
Ingesamt			1349	187	346	25,6	816	60,6	

Die an einem Betriebspunkt des gleichen Flözes N auf der Schachanlage Ste-Aldegonde durchgeführten Messungen haben gezeigt, daß zwei Drittel der Indexwerte zwischen 1 und 2 lagen, die übrigen aber über 2. Dieses, nicht als zu GA neigend betrachtete Grubenfeld ist gekennzeichnet durch einen hohen Gasinhalt und durch eine verhältnismäßig geringe Rißbildung.

Wir haben bisher auf der Tatsache beharrt, daß die Desorptionsmessungen den Grubengasinhalt des anstehenden Flözes und die Ausgasungswirkungen eines Schutzbaues gut erkennen lassen. Die Methode der Desorptionsmessungen kann daher dazu benutzt werden, um nichtbeeinflusste oder gefährliche Bereiche festzustellen, sie kann aber auch Angaben über die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen (insbesondere der Entspannungsbohrungen) liefern.

Um die nicht entgasten oder gefährlichen Zonen erkennen und um das Hauptgewicht der durchzuführenden Verhütungsmaßnahmen auf zuverlässige Messungen stützen zu können, vergleicht man die Desorptionskurven oder die Werte der anfänglichen Desorptionsgeschwindigkeiten in verschiedenen Bereichen und beim Fortschritt des Strebs.

Um die Wirkung der Entspannungsbohrungen beurteilen zu können, wird im Augenblick des Einbringens der Entspannungsbohrungen eine Messung durchgeführt. Weitere Messungen folgen nach einer gewissen Zeit an aus den Kontrollbohrungen genommenen Proben (s. Abb. 14). Eine statistische Untersuchung der Ergebnisse dürfte es vielleicht ermöglichen, gewisse Wirksamkeitskriterien für die Bohrungen festzulegen.

In einem Streb wurde festgestellt, daß die Entspannungsbohrungen den V_1 -Index bis etwa 10 m vor dem Stoß um 50 — 70 % reduzierten.

Bei einer Flözdurchörterung und in einem Ausrichtungsbetrieb haben es die Desorptionsmessungen (zusammen mit anderen Messungen) mehr oder weniger ermöglicht, eine örtliche Zunahme der Gefahr, d.h. einen drohenden Ausbruch vorzusehen: Höhere V_1 -Indizes in einem durch die Unterwaschung nicht beeinflussten Bereich und vor dem Auslaufen der Kohle.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die V_1 -Indizes die von den ΔP -Indizes für die Einstufung eines Grubenfeldes gelieferten Auskünfte ergänzen können, obgleich der V_1 -Index zum Teil vom ΔP -Index abhängt. Sie unterrichten besser über die drohende Gefahr, da sie das tatsächlich im Flöz vorhandene Grubengas, den derzeitigen Gasinhalt des Flözes, berücksichtigen. Sie ermöglichen es, die Entgasungswirkung der Verhütungsmaßnahmen zu beurteilen.

5.22 GRUBENGASMESSUNGEN

5.220 Allgemeines (Literatur 9)

Ein großer Teil der Forschungsarbeit entfiel auf die Grubengasmessungen. Dieser Teil der Forschung deckt sich in vielen Punkten mit der Forschung über „Vorkommen und Freiwerden von Grubengas“. Sieben Meßreihen wurden in Streben von zu GA neigenden Flözen und zwei weitere in Ausrichtungsbetrieben durchgeführt.

Die Messung des Grubengasgehalts der Wetter und vor allem die Registrierungen sind außerordentlich nützlich, wenn die Ausgasung in Zusammenhang mit dem Problem der GA untersucht werden soll. Sie ermöglichen eine genaue Kontrolle des Grubenklimas und eine eingehende Untersuchung der hiermit zusammenhängenden Erscheinungen.

Abgesehen von den Anomalien, die speziell auf ausbruchartige Erscheinungen zurückzuführen sind oder sich bei der Durchführung von Verhütungsmaßnahmen ergeben (s. Abb. 15 u. 16), unterscheidet sich die Ausgasung eines zu GA neigenden Betriebspunktes nicht wesentlich von der normalen Ausgasung anderer Flöze. Es gelten im allgemeinen die gleichen Gesetzmäßigkeiten.

Die Messungen haben es gestattet, den Einfluß der Erschütterungsschüsse auf den Grubengasgehalt der Wetter und auf die Verdünnung der durch diese Schüsse gebildeten Grubengaswolken sowie den Einfluß der Entspannungsbohrungen auf die zeitliche Verteilung der Ausgasung und auf die Gleichmäßigkeit des Gasgehalts zu untersuchen. Es konnte auch ein günstiger Einfluß auf die Gleichmäßigkeit der Entgasung an einem zu GA neigenden Betriebspunkt beobachtet werden, sobald die Erschütterungsschüsse durch Entspannungsbohrungen und Hobelarbeit abgelöst wurden.

Es wurden etwa 15 GA registriert; hierdurch war es möglich, die durch die GA verursachte Ausgasung zu berechnen und den Verlauf der Entgasung während der GA zu beurteilen.

Die Registrierung des CH₄-Gehalts bietet den weiteren Vorteil, daß auf diese Weise die Ausgasung nach dem Erschütterungsschuß berechnet werden kann. Diese Ausgasung ist sowohl ein Kriterium für die Beurteilung, ob Bohrungen notwendig oder dringend erforderlich sind, als auch für die Kontrolle ihrer Wirkung.

5.221 Meßgeräte

Wir können hier nicht alle Geräte aufzählen, die für die Kontrolle der Ausgasung in den Wetterstrom und für die Grubengasabsaugung in Betracht kommen. Wir möchten uns hier auf die Grubengasmesser beschränken. (Was die anderen Meßgeräte betrifft, so verweisen wir auf Literatur 2 und 9).

a) Tragbare Grubengasanzeiger

Zeiss-Grubengasinterferometer	0 — 5 und 0 — 100 %
Grubengasanzeiger Verneuil V 54	0 — 3 %
Auer-Grubengasanzeiger	0 — 2 und 0 — 5 %
Grubengasanzeiger G 70	0 — 2 und 0 — 5 %

b) Grubengasfernanzeiger

Grubengasfernmessgerät Verneuil V T 60 A 0 — 8 %

c) Grubengasschreibgeräte

Mono-Maihak-Methanometer	}	0 — 5 %
Infrarot-Grubengasmeßgeräte		0 — 3 %
Onera 80		0 — 10 %
		0 — 100 %

d) Eine Grubengasfernmesszentrale

Cerchar CTT 63/40 wurde Ende Dezember 1965 geliefert. Sie soll bei künftigen Forschungsarbeiten eingesetzt werden.

5.222 Grubengas-Meßreihen

Folgende Grubengas-Meßreihen wurden durchgeführt :

A - Strebe (SA des Charbonnages du Centre)

- Schachanlage Ste-Aldegonde. Drei Bänke West, unter 870 m Teufe, November 1959 bis März 1960
Fertigentwicklung der Meßgeräte.
- Schachanlage Ste-Marguerite. Flöz 6, P.N., West, unterhalb 835 m Teufe, Mai 1960 bis April 1961.
Spezifische Ausgasung : 48 m³/t in einer durch überlagernde Abbaubetriebe teilweise entgasten Zone (Literatur 4).

3. Schachtanlage Ste-Marguerite. Flöz 6, 2. P.N., West, 704 m Teufe, Juni 1961 bis Mai 1962.
Spezifische Ausgasung : 25 — 30 m³/t.
4. Schachtanlage St-Albert. Flöz 6, West, 680 m Teufe, Juni 1961 bis August 1961.
Spezifische Ausgasung : 120 m³/t im unverritzten Bereich.
5. Schachtanlage Ste-Marguerite. Flöz 6, P.N., West, 872 m Teufe, Dezember 1961 bis Mai 1963.
Spezifische Ausgasung : 30 bis 50 m³/t in einer durch naheliegende alte Baue zum Teil entgasten Zone und 100 bis 120 m³/t im unverritzten Bereich. Die Ergebnisse dieser Meßreihe wurden zum Teil in den Bulletins Techniques Mines Nr. 93 und Nr. 94 von Juli bzw. September 1964 erläutert.
6. Schachtanlage Ste-Marguerite. Flöz 3, P.N., West, 872 m Teufe, Juni 1963 bis Januar 1964 (s. Abb. 17).
Spezifische Ausgasung : 41 m³/t in einer durch überlagernde Abbaubetriebe zum Teil entgasten Zone.
7. Schachtanlage Ste-Marguerite. Flöz 5, P.N., West, 872 m Teufe, Februar 1964 bis Oktober 1965.
Spezifische Ausgasung : 20 bis 40 m³/t in einer zum Teil durch naheliegende alte Baue entgasten Zone und 80 bis 100 m³/t im unverritzten Bereich.

B - Vorrichtungsbetriebe (SA des Charbonnages du Centre, Schachtanlage Ste-Marguerite)

1. Flöz 6, P.M., 872 m Teufe (Literatur 11).
2. Flöz N, 1025 m Teufe.

5.23 MESSUNG DES GASINHALTS DER KOHLEN

1965 wurde mit der Untersuchung des Gasinhalts der Kohlen im Rahmen der beiden Forschungen „Vorkommen und Freiwerden von Grubengas“ und „Plötzliche Grubengasausbrüche“ begonnen. Hierbei wurden zwei Methoden angewandt : Zeichnung der Adsorptionsisothermen und direkte Schnellmessung des Gasinhalts.

Die direkte Schnellbestimmung umfaßt die Messung des Grubengasverlustes bei der Probenahme — die Messung der Ausgasung während des Transports der Probe nach über Tage in einem dichten Behälter — und die Messung der Restausgasung nach dem Brechen.

Die an zu GA neigenden Kohlen festgestellten Gasinhalte (325 Messungen) weisen im gleichen Flöz eine sehr starke Streuung auf und sind oft zu niedrig bewertet. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die zu GA neigenden Kohlen ihr Grubengas leicht freisetzen und daß im Innern des gleichen zu GA neigenden Flözes verschiedene Durchlässigkeitsgrade vorkommen.

In einem unverritzten Flöz wurden Gasinhalte von etwa 6 — 8 m³/t festgestellt, wenn man die Proben aus den Entspannungsbohrungen in 10 oder 15 m Tiefe entnahm. Bei Proben, die beim Strebfortschritt aus Bohrlöchern an den durch Entspannungsbohrungen behandelten Stellen genommen wurden, ging der Gasinhalt auf 2 — 3 m³/t zurück. Dieser Rückgang des Gasinhalts ist zum Teil auf die Vorentgasung durch die Entspannungsbohrungen zurückzuführen. Man kann also diese Messungen durchführen, um die Wirkung der Entspannungsbohrungen, wenn auch nur teilweise, zu ermitteln.

5.3 Spannungszustand des Gebirges

Nicht nur die Einflußgrößen „Kohle“ und „Grubengas“ spielen bei der Auslösung und beim Verlauf der GA eine Rolle. Die Ermittlung dieser beiden Einflußgrößen ist für die Beurteilung der Gefahr zwar notwendig, dürfte aber nicht ausreichend sein. Es muß noch eine dritte Einflußgröße, nämlich der bei der Auslösung des Vorgangs eine ausschlaggebende Rolle spielende Spannungszustand des Gebirges berücksichtigt werden. Der Spannungszustand hängt von der Beschaffenheit des Flözes und seines Nebengesteins ab.

Wir haben die Forschungen auf diesem Gebiet so durchgeführt, daß wir ein auf seismischen Messungen beruhendes Verfahren anwandten, das indirekt Auskünfte über den Spannungszustand des Gebirges liefert. Das Verfahren besteht darin, daß die durch die Erschütterung der Schüsse im Gebirge erzeugten Schwingungen registriert werden (manchmal auch während des Einbringens der Entspannungsbohrungen oder während der Schicht; es handelt sich um ein mikroseismisches Verfahren).

Die seismische Apparatur (s. Abb. 18) entspricht einer der französischen Apparaturen von CERCHAR. Die Registrierungen werden häufig durch Nebengeräusche beeinträchtigt, die nicht als Eigengeräusche des Gebirges anzusehen sind. Unter Tage aufgestellte Vorverstärker werden es wahrscheinlich ermöglichen, diese Nebengeräusche auszuschalten. Wir hoffen, daß wir dann die systematischen und korrekten Messungen nach der seismischen Methode wieder aufnehmen können.

Eine Anwendung dieser Methode in einem Ausrichtungsbetrieb ist im Bezugsdokument 11 des Literaturnachweises beschrieben. In diesem Fall war die sehr schwache oder völlig ausbleibende seismische Erschütterung nach dem Schuß auf die Tatsache zurückzuführen, daß das Gebirge durch die Verhütungsmaßnahmen entspannt worden war. Das in einigen Fällen beobachtete Nachbeben hat gezeigt, wie stark die Ausgasung nach dem Schießen war und daß ein Eingreifen dringend geboten war. Die seismischen Messungen haben demnach dazu beigetragen, daß die Dringlichkeit einer Vorbeugungsmaßnahme erkannt und ihre Wirksamkeit kontrolliert wird. Wäre nur mit Erschütterungsschießen gearbeitet worden, dann hätten die Registrierungen wahrscheinlich ganz anders ausgesehen. Sehr starke Erschütterungen hätten bestätigt, daß das Gebirge zu GA neigt.

Bei einem anderen Versuch (Vorrichtungsbetrieb im Flöz N) wurden dreißig Erschütterungsschüsse registriert. Auf die Schüsse im Vorrichtungsbetrieb in 1025 m Teufe (gestörtes Flöz) folgte zuweilen ein schwaches seismisches Beben, während nach den Schüssen im Abhauen des Flözes unterhalb 940 m (regelmäßig verlaufendes Flöz) meistens völlige Ruhe herrschte. Für diese Vorrichtungsbetriebe konnte aufgrund des Unterschiedes zwischen den ΔP - und V_1 -Indizes, aufgrund des maximalen CH_4 -Gehalts der Wetter nach dem Schuß und aufgrund der seismischen Erschütterungen nach dem Schießen festgestellt werden, daß der Vorrichtungsbetrieb in 1025 m Teufe gefährlicher war als das Abhauen unterhalb 940 m. Dies wurde im übrigen auch durch die Reaktionen auf die Entspannungsbohrungen (Gesamtindex für die GA-Gefahr) und auf einige starke Schüsse in den Vorrichtungsbetrieben bestätigt.

6. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG DER BEI GA EINE ROLLE SPIELENDEN EINFLUSSGRÖSSEN

Durch Untersuchung der bei GA eine Rolle spielenden Einflußgrößen können gewisse Aspekte der Entwicklung und des Verlaufs von GA besser verständlich gemacht werden. In praktischer Hinsicht hat dies zur Entwicklung der ersten Verfahren für die Einstufung der Flöze, für die Voraussage der Gefahr und für die Kontrolle der Wirksamkeit von Verhütungsmaßnahmen geführt. Leider sind diese Meßverfahren bisher weder genau noch schnell genug und auch noch nicht völlig sicher. Die meisten Verfahren sind immer noch langwierig und kostspielig, und eine allgemeine Einführung dieser

Verfahren dürfte nicht leicht sein. Im allgemeinen müssen bei der Vorausschätzung und bei der Kontrolle gleichzeitig zwei Einflußgrößen ermittelt werden. Die eine hängt von der Fähigkeit der Kohle, ihr Grubengas schnell freizusetzen, und vom Gasinhalt des Flözes ab, die andere wird vom Spannungszustand des Gebirges bestimmt. Die ideale Lösung bestünde darin, daß eine einfache Formel gefunden wird, in der diese beiden Einflußgrößen vorkommen, so daß sie einen Gesamtindex für die GA-Gefahr liefert.

Beim derzeitigen Stand der Forschungen gestattet die Messung der Rißbildung, des ΔP , der Desorption, des Gasinhalts der Kohle und der seismischen Erschütterung, Flöze oder einzelne Flözabschnitte nach ihrer Neigung zu GA einzustufen. Zumindest zwei voneinander unabhängige Kriterien müssen unbedingt gleichzeitig bekannt sein, wenn ein Flöz in zuverlässiger Weise gekennzeichnet werden soll.

Die Messung der Desorption, der Ausgasung nach dem Schießen und der seismischen Erschütterungen ermöglichen es mehr oder weniger, die drohende Gefahr eines GA zu lokalisieren oder vorauszusehen und für Abhilfe zu sorgen.

Diese Messungen und die Gasinhaltsmessungen lassen bis zu einem gewissen Grad auch die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen erkennen.

6.1 Einstufung der Flöze

Starke Rißbildungen sind kennzeichnend für die zu GA neigenden Flöze. In den belgischen Kohlevorkommen wird häufig eine mittlere Rißbildung der Gruppe III festgestellt, die gewisse Zweifel aufkommen läßt.

Liegt ein hoher Prozentsatz der Indizes ΔP 0 — 60 über 20, dann ist das Flöz unbedingt als gefährlich zu betrachten. Nun können allerdings innerhalb eines Flözes die hohen ΔP -Indizes nur in bestimmten Bereichen in der Nähe von Störungen konzentriert sein. Andererseits bringt der ΔP -Index nur eine potentielle Gefahr zum Ausdruck und berücksichtigt den Gasinhalt des Flözes nicht.

Die Desorptionsmessungen bringen einen zusätzlichen Faktor ins Spiel, da sie außer der Rißbildung der Kohle auch ihren natürlichen Gasinhalt berücksichtigen.

Die Gasinhaltsmessungen zeigen an, ob das Gebirge vor dem Strebstoß Grubengas führt, berücksichtigen aber die Fähigkeit der Kohle, ihr Grubengas leicht freizusetzen, nicht.

Die seismische Erschütterung nach dem Schießen ist ein Zeichen für die Neigung des Gebirges zu GA wenn keine Vorentspannung stattgefunden hat.

Ein Gesamtindex für die Neigung des Flözes zu GA wird geliefert durch die Reaktion des Gebirges auf das Einbringen von Entspannungsbohrungen. Die Beurteilung ist jedoch sehr subjektiv. Wir haben die Reaktionsstärke einer Bohrung wie folgt definiert (Literatur 3) :

$$X = \frac{\iota_1 + 2\iota_2 + 3\iota_3}{L}$$

Hierbei ist ι_1 = Länge des Bohrlochstücks mit schwachen Auswürfen,

ι_2 = Länge des Bohrlochstücks mit mäßigen Auswürfen,

ι_3 = Länge des Bohrlochstücks mit starken Auswürfen,

L = Gesamtlänge der Bohrung.

Starke Reaktionen sind ein Zeichen für gefährliche Bereiche. Schwache Reaktionen entsprechen ruhigen oder ungefährlichen Bereichen. Die Berechnung der Reaktionsstärke dürfte ggf. im Zuge eines Vergleichs die Möglichkeit bieten, daß man sich über die Gefahr eines Flözabschnitts klar wird, wenn man die Gefahrenschwelle x kennt.

In Tabelle V haben wir für einige Betriebspunkte die Ergebnisse der Rißbildungsmessungen, der ΔP -Messungen und der Desorptionsmessungen zusammengestellt.

Die Übereinstimmung zwischen den Meßergebnissen und den tatsächlich verzeichneten GA ist zufriedenstellend.

Flöz 1

Stark gerissene Kohle — starker Prozentsatz an hohen ΔP -Indizes — stark grubengasführendes Flöz. Es haben sich GA ereignet.

Flöz 3

Schwacher Prozentsatz an hohen ΔP -Indizes. Beim Abbau des Flözes im entspannten Bereich waren keine GA zu verzeichnen.

Flöz 5, P.N.

Verhältnismäßig schwacher Prozentsatz an hohen ΔP -Indizes — stark schlagwetterführendes Flöz im vorher nicht beeinflussten Bereich. Zwei GA ereigneten sich in unter starker Spannung stehenden Zonen.

Flöz 5, P.M.

Verhältnismäßig starker Prozentsatz an hohen ΔP -Indizes — ein GA war nicht zu verzeichnen.

Flöz 6, P.N.

Stark gerissene Kohle — verhältnismäßig starker Prozentsatz an hohen ΔP -Indizes. Es haben sich GA ereignet.

Flöz 6, P.M.

dito

Flöz N

Auf der Schachanlage Ste-Marguerite mußte das Flöz nach den ΔP - und V_1 -Indizes als zu GA neigend eingestuft werden. Es wurden allerdings zahlreiche Messungen im gestörten Bereich durchgeführt. Vor der endgültigen Einstufung müßten noch weitere Messungen im ungestörten Bereich durchgeführt werden. Auf der Schachanlage Ste-Aldegonde neigt das gleiche Flöz nämlich nicht zu GA.

Die verschiedenen nicht zu GA neigenden Flöze wiesen eine schwächere Rißbildung auf, und kein ΔP -Index hat hier den Wert 20 erreicht.

6.2 Voraussage von GA

Während die ΔP -Messungen ziemlich selten einen drohenden GA erkennen lassen, zeigt ein Ansteigen der V_1 -Indizes in einer gewissen Tiefe des Gebirges die Gefahr unmittelbar an. Das Ansteigen der Ausgasung nach in regelmäßigen Zeitabständen abgetanen Schüssen und die Zunahme der seismischen Erschütterung haben in manchen Fällen starke Auswürfe oder ein Auslaufen von Kohlen vorher angekündigt. Die systematische Durchführung derartiger Messungen ist jedoch nicht leicht und dürfte wohl nicht allgemein eingeführt werden können. Es scheint, daß künftig versucht werden muß, die kurzfristige

Tabelle V : Indizes für die Einstufung der Flöze

Schachtlage	Floz	Rißbildung		ΔP 0 — 60		V ₁ -Indizes			Bemerkungen
		% Messungen Gruppen III-IV V	% Messungen Gruppen IIIb-IV V	% Indizes ≥ 20	% Indizes ≥ 30	% Indizes ≥ 1 und < 2	% Indizes ≥ 2	% Indizes ≥ 1	
Ste-Marguerite	Flöz 1	100	76	42,4	14,1	13,2	84,9	98,1	Zu GA neigendes Flöz Nicht zu GA neigendes Flöz Leicht zu GA neigendes Floz Leicht zu GA neigendes Flöz (teilweise entspannt) Stark zu GA neigendes Flöz Stark zu GA neigendes Flöz Noch nicht eingestuftes Flöz, aber wahrscheinlich zu GA neigend Nicht zu GA neigendes Flöz Nicht zu GA neigendes Floz
	Flöz 3	—	—	8,6	0,5	40,0	—	—	
	Flöz 5 P.N.	—	—	10,8	1,1	—	25,0	65,0	
	Flöz 5 P.M.	—	—	—	0,7	41,0	52,0	93,0	
	Flöz 6 P.N.	96	45	17,7	4,6	—	—	—	
	Flöz 6 P.M.	77	14	37,3	7,0	15,0	30,0	45,0	
Flöz N	—	—	56,9	26,3	51,8	35,1	86,9		
Ste-Aldegonde	Flöz N	—	—	3,3	0	—	—	—	
	Verschiedene nicht zu GA neigende Floze	20	0	0	0	—	—	—	

Voraussgae von GA auf seismische Verfahren und auf das mikroseismische Abhören der Gebirgsgeräusche zu stützen. Die Entwicklung einer geeigneten und ausreichend genauen Apparatur ist jedoch schwierig und kann noch lange Zeit in Anspruch nehmen.

6.3 Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen

Die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen äußert sich durch den Rückgang des Gasinhalts der Kohlen und der V_1 -Indizes durch die Ausgasung nach dem Schießen und durch die seismische Erschütterung. Ein Beispiel für die Anwendung der verschiedenen Verfahren ist in einem unter Ziff. 11 des Literatur-nachweises erwähnten Artikel beschrieben. Eine weitere Vervollkommnung aller dieser Verfahren ist jedoch unerlässlich.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND GEPLANTE FORSCHUNGSVORHABEN

7.1 Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse

7.11 VERHÜTUNG VON GA

Vor 1959 war das Erschütterungsschießen das für die Bekämpfung der GA am weitesten verbreitete Verfahren. Es waren allerdings auch schon bei der Durchörterung von Flözen und zur Verhütung von GA in Flözstrecken versuchsweise Entspannungsbohrungen geringerer Durchmesser zur Anwendung gekommen.

Die in der Folge durchgeführten Forschungen ermöglichten es, dieses letztere Verfahren in horizontalen und geneigten Flözstrecken allgemein zur Anwendung zu bringen. Darüber hinaus wurde die Einführung der Entspannungsbohrungen auch am Strebstoß ins Auge gefaßt. So wurde dieses Verfahren schließlich in sieben Streben eingeführt, von denen einige sogar mechanisiert werden konnten! Die Entspannungsbohrungen haben zweifellos die Sicherheit erhöht und die Wirtschaftlichkeit von zu GA neigenden Flözen verbessert.

Was den Durchmesser und die Zahl der Bohrungen und den Schutz der Bohrarbeiter in gestörten Bereichen mit sehr weicher und sehr gebräucher Kohle betrifft, wo beim Bohren unversehens anormal große Hohlräume geschaffen werden können, so sind allerdings noch einige Probleme zu lösen. Diese Probleme hängen im übrigen eng mit dem Problem der Fernanzeige von Störungen zusammen, das durch geophysikalische Verfahren gelöst werden soll.

Im Hinblick auf die Durchörterung von Flözen wurden auch zwei Versuche mit der Methode der Vorunterwaschung gemacht, die bessere Garantien zu bieten scheint als alle bisher angewandten Methoden.

7.12 EINSTUFUNG DER FLÖZE

Vor 1959 gab es hinsichtlich ihrer Neigung zu GA noch kein bestimmtes Verfahren für die Einstufung der Flöze. Ein Flöz wurde durchweg als zu GA neigend eingestuft, sobald sich ein eindeutiger GA ereignet hatte. Die durchgeführten Forschungen haben zu den ersten Einstufungsversuchen geführt. Hierbei werden unter anderen bestimmt: die ΔP -Indizes, die V_1 -Indizes und die seismische Erschütterung nach dem Schießen im unverritzten Bereich.

7.13 VORAUSSAGE VON GA

Vor 1959 konnte ein drohender GA nur an den häufig mit großer Verzögerung wahrnehmbaren Vorzeichen, wie Knistern des Flözes, Schläge im Nebengestein usw., erkannt werden. Die Forschung hat gezeigt, daß bestimmte Messungen (V_1 -Indizes, Ausgasung nach dem Schießen, seismische Erschütterungen nach dem Schießen) den bevorstehenden GA manchmal auch einige Stunden vorher anzeigen. Allerdings sind die meisten Methoden noch unvollkommen und nicht leicht durchzuführen. Das Problem muß weiter erforscht werden. In diesem Zusammenhang müßte u.a. das Geräusch im Gebirge ständig abgehört werden, sofern ein hierfür geeignetes Meßgerät zur Verfügung stünde.

7.14 KONTROLLE DER WIRKSAMKEIT VON VERHÜTUNGSMASSNAHMEN

Auch hier wurden im Verlaufe der durchgeführten Forschungen einige Verfahren für die zahlenmäßige Beurteilung der Wirksamkeit von Entspannungsbohrungen entwickelt: Gasinhalt der Kohlen, Ausgasung nach dem Schießen, seismische Erschütterung. Diese Meßverfahren sind zwar nützlich, aber noch nicht zur Betriebsreife entwickelt.

7.2 Schlußfolgerungen und künftige Forschungsvorhaben

Aufgrund der durchgeführten Forschungen wurden bereits große Erfolge in der Bekämpfung von GA erzielt. Sämtliche vorstehend beschriebenen Arbeiten und entwickelten Verfahren sind auf das einzige Ziel, die Erhöhung der Sicherheit der bergmännischen Arbeit, ausgerichtet. Alle diese Verfahren zur Bekämpfung bzw. Verhütung von GA müssen jedoch noch verbessert werden; demzufolge müssen auch mit den GA zusammenhängende Forschungsarbeiten weitergeführt und zu einem befriedigenden Abschluß gebracht werden.

Die Behandlung von Störungsbereichen nach ihrer Erkennung durch Fernmessungen muß gelöst werden. Im übrigen müssen auch Verfahren erprobt werden, bei denen die GA gegebenenfalls mit Druckwasser bekämpft werden.

Auch die Verfahren zur Einstufung der Flöze müssen verbessert werden. Das frühzeitige Erkennen eines drohenden GA und die zuverlässige und einfache Kontrolle der Wirksamkeit von Verhütungsmaßnahmen sind weiterhin Probleme, die gelöst werden müssen.

LITERATUR

(Liste der im Laufe der Forschung veröffentlichten Artikel)

I. Bulletin technique des mines - INICHAR

- 1—Nr.73, Juli 1960 : Entspannungsbohrungen als Vorbeugungsmaßnahme gegen GA in Flözstrecken. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 2—Nr.75, September 1960 : Meßgeräte, die zur Aufstellung der Gasbilanz eines Abbaubetriebspunktes verwendet wurden. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 3—Nr.84, Oktober 1961 : Entspannungsbohrungen als Vorbeugungsmaßnahme gegen GA in einem Streb der Schachanlage Ste-Marguerite der Charbonnages du Centre. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 4—Nr.85, Dezember 1961 : Die Ausgasung in einem gasreichen Streb, der zu GA neigt : Flöz 6 unterhalb der 835-m-Sohle auf der Schachanlage Ste-Marguerite der Charbonnages du Centre. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 5—Nr.87, April 1962 : Überblick über neue Verfahren, die bei der Ausrichtung mittels Querschlägen von zu GA neigenden Flözen angewandt werden. R. Vandeloise.
- 6—Nr.88, Mai 1962 : Vorbeugung von GA durch vorangehende Unterwaschung eines Flözes bei seiner Durchörterung mittels Querschlags auf der Schachanlage Ste-Marguerite der S.A. des Charbonnages du Centre. P. Stassen und R. Vandeloise.

II. Annales des mines de Belgique

- 7—Oktober 1963, S. 1095/1120 : Der Kampf gegen die GA im Steinkohlenbergbau der EGKS. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 8—Januar 1964, S. 77/111 : Bericht über eine Reise nach Ungarn : Maßnahmen zur Beherrschung der Normalausgasung und der plötzlichen Gasausbrüche in den Steinkohlenbergwerken von Pécs. P. Stassen und R. Vandeloise.
- 9—Februar 1965, S. 151/196 : Praktische Schlußfolgerungen, die aus den letzten Grubengasmeßreihen, die INICHAR durchführte, gezogen werden können. P. Stassen.
- 10—Februar 1965, S. 197/231 : Überblick über die neuesten Lösungen und Erkenntnisse, die zum Fragenkomplex plötzliche Gasausbrüche erarbeitet wurden. R. Vandeloise.
- 11—Februar 1965, S. 233/273 : Anwendung der neuen Bekämpfungsmaßnahmen von GA anlässlich der Aus- und Vorrichtung eines neuen Flözes. R. Vandeloise.

III. Internationaler Bergbaukongreß, Salzburg 1963

- 12—Die Beherrschung der normalen Ausgasung mittels Grubengasabsaugung und der GA mittels Entspannungsbohrungen. R. Vandeloise.

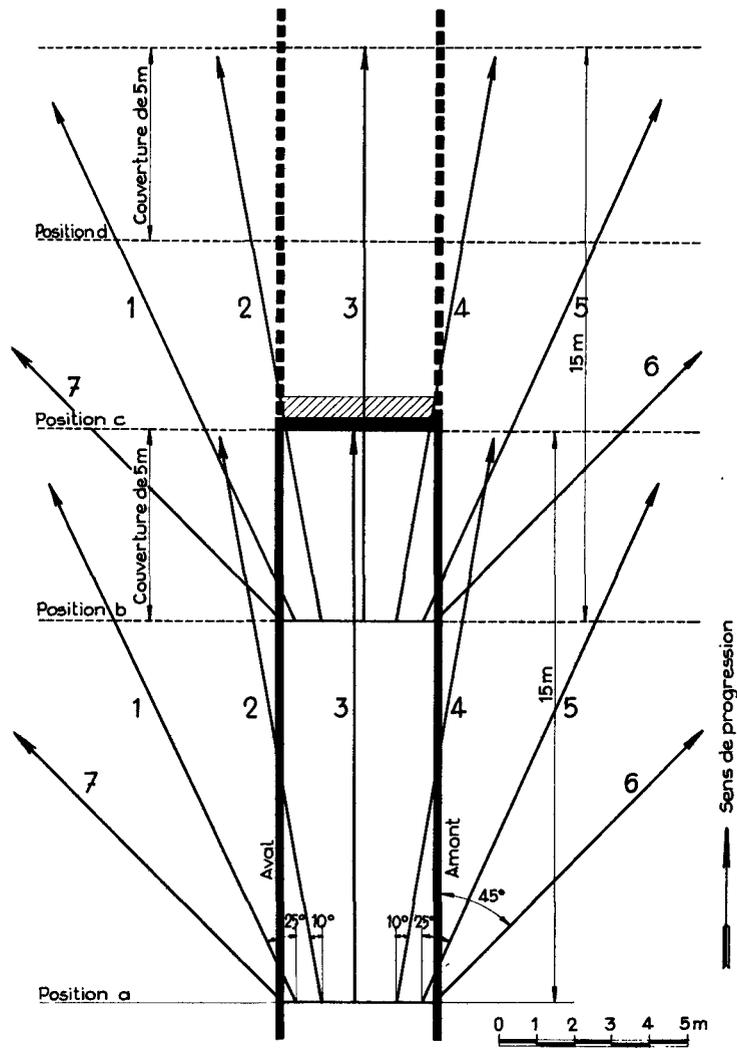
Wirtschaftskommission für Europa, Genf, Kohleausschuß — Unterausschuß Bergbauprobleme Symposium von Nîmes, 24. bis 27. November 1964

- 13—Überblick über die neuesten Lösungen, die in Belgien hinsichtlich des Problems der GA gefunden worden sind. R. Vandeloise.

ANLAGE

Verzeichnis der Abbildungen

- 1 — Entspannungsbohrungen in Flözstrecken
- 2 — Schwächung des Schutzpfeilers durch eine zu große Anzahl von Bohrungen
- 3 — Entwicklung der Vorbeugungsmaßnahmen gegen „plötzliche“ Gasausbrüche im Streb in den verschiedenen Stufen
- 4 — Ausschnitt aus dem Plan eines Strebs mit der Anordnung der Entspannungsbohrungen (der obere Strebteil war durch einen älteren Abbau bereits entspannt)
- 5 — Ausschnitt aus einem Strebplan mit Anordnung der Entspannungsbohrungen (in unverritzter Lagerstätte)
- 6 — Auswaschung eines Flözes beim Auffahren eines Querschlags
- 7 — Verminderung der Anzahl der Gasausbrüche in einer Flözstrecke dank der Entspannungsbohrungen
- 8 — Auswaschung eines gasführenden Flözes
- 9 — Vorbeugendes Auswaschen von Flöz 9 bei seiner Durchörterung
- 10 — Ettinger-Gerät (Schema)
- 11 — ΔP -Kurve in einem gestörten Lagerstättenbereich
- 12 — Das tragbare Desorbometer
- 13 — Desorptionskurven
- 14 — Desorptionskurven, gemessen an Kohlenproben, die während der querschlägigen Durchörterung eines Flözes genommen wurden
- 15 — Auswirkung des Erschütterungsschießens auf den CH_4 -Gehalt vor Ort
- 16 — Einfluß der Entspannungsbohrungen auf die CH_4 -Führung vor Ort
- 17 — Gesamtansicht einer Grubengasmeßstation
- 18 — Seismisches Meßgerät



Couverture	Schutzpfeiler (Deckung)
Sens de progression	Vortriebsrichtung
Aval	Abfallend
Amont	Ansteigend

Abb. 1 : Entspannungsbohrungen in Flözstrecken

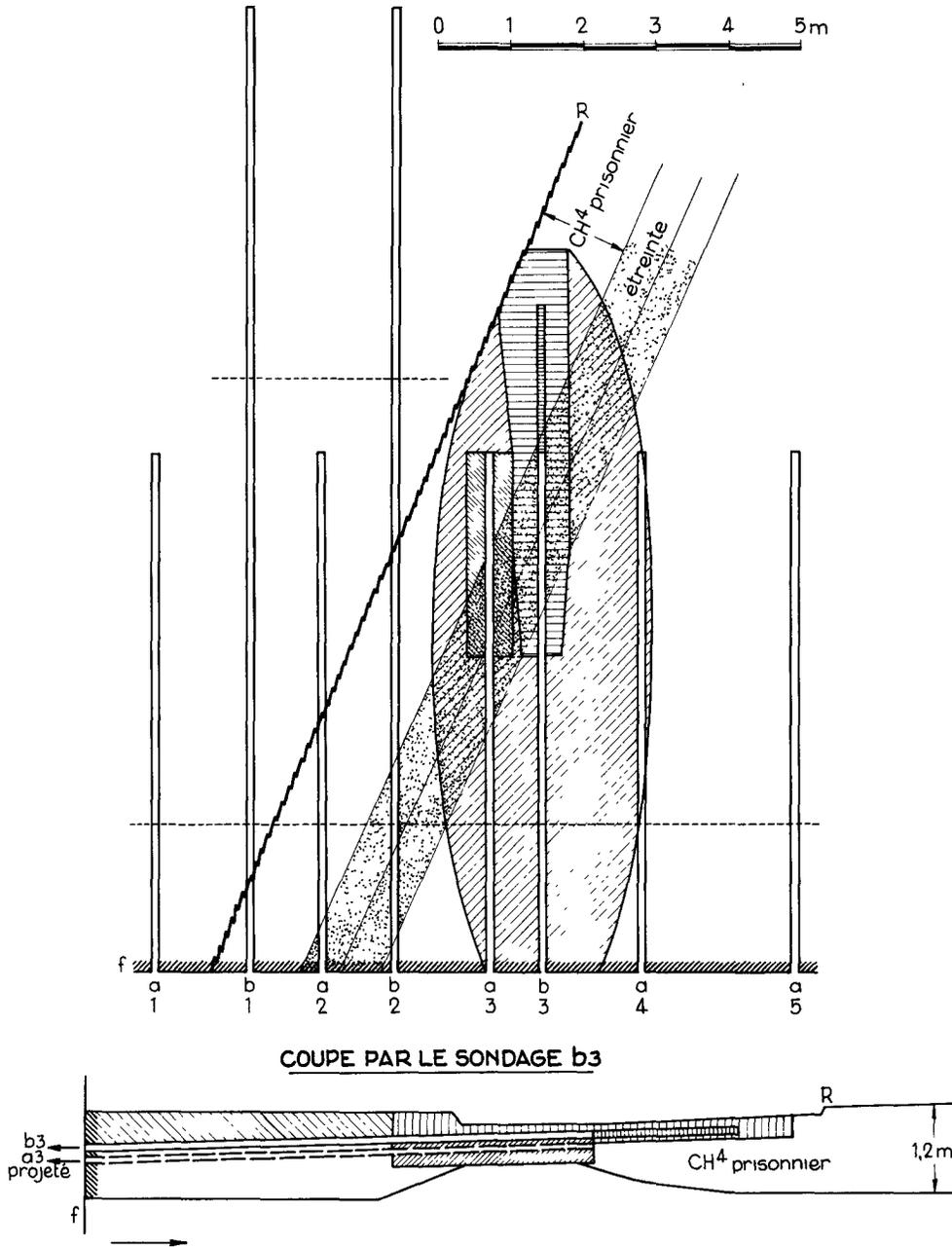


Abb. 2 : Schwächung des Schutzfeilers durch eine zu große Anzahl von Bohrungen

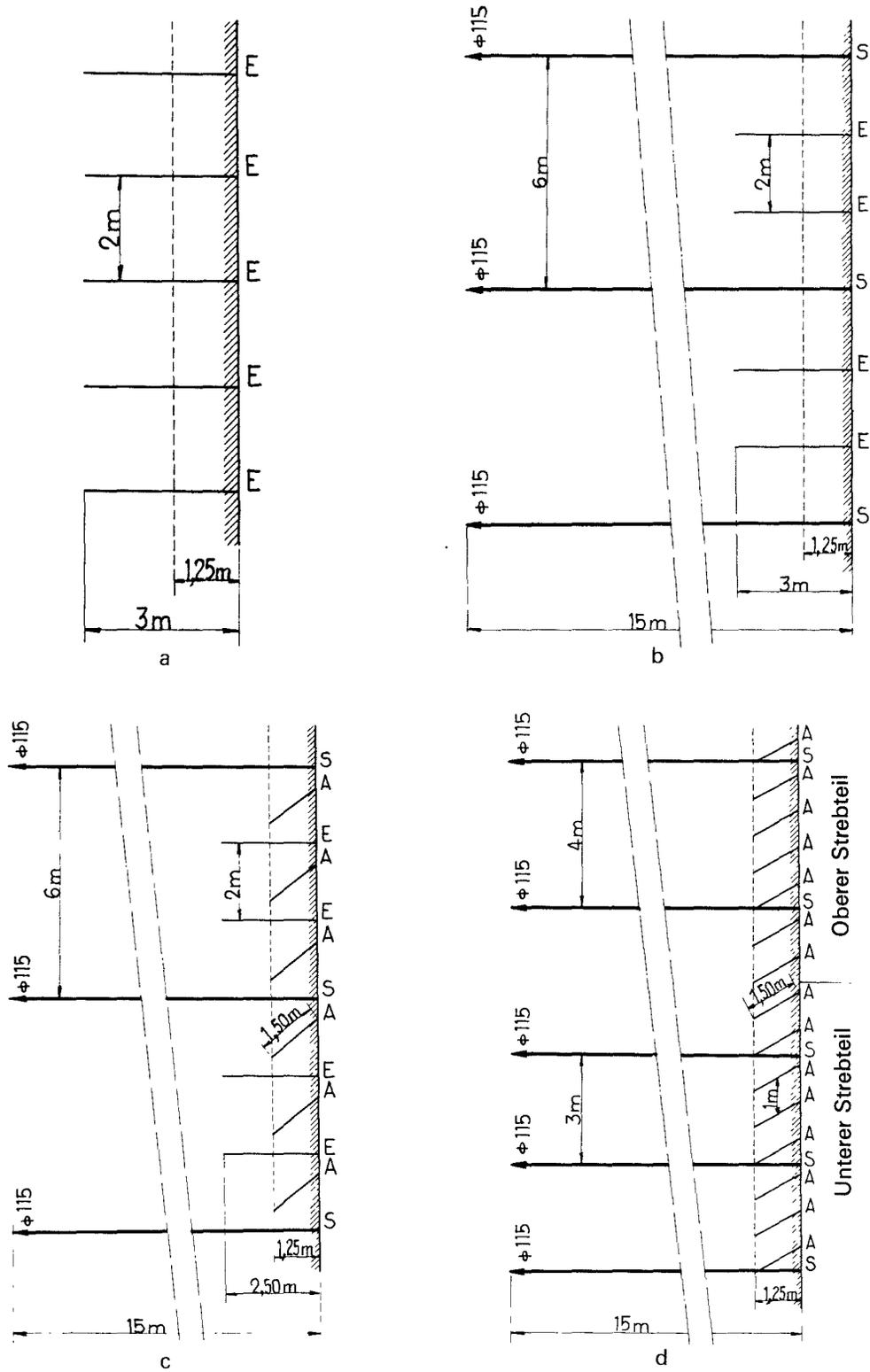


Abb. 3 : Entwicklung der Vorbeugungsmaßnahmen gegen „plötzliche“ Gasausbrüche im Streb in den verschiedenen Stufen

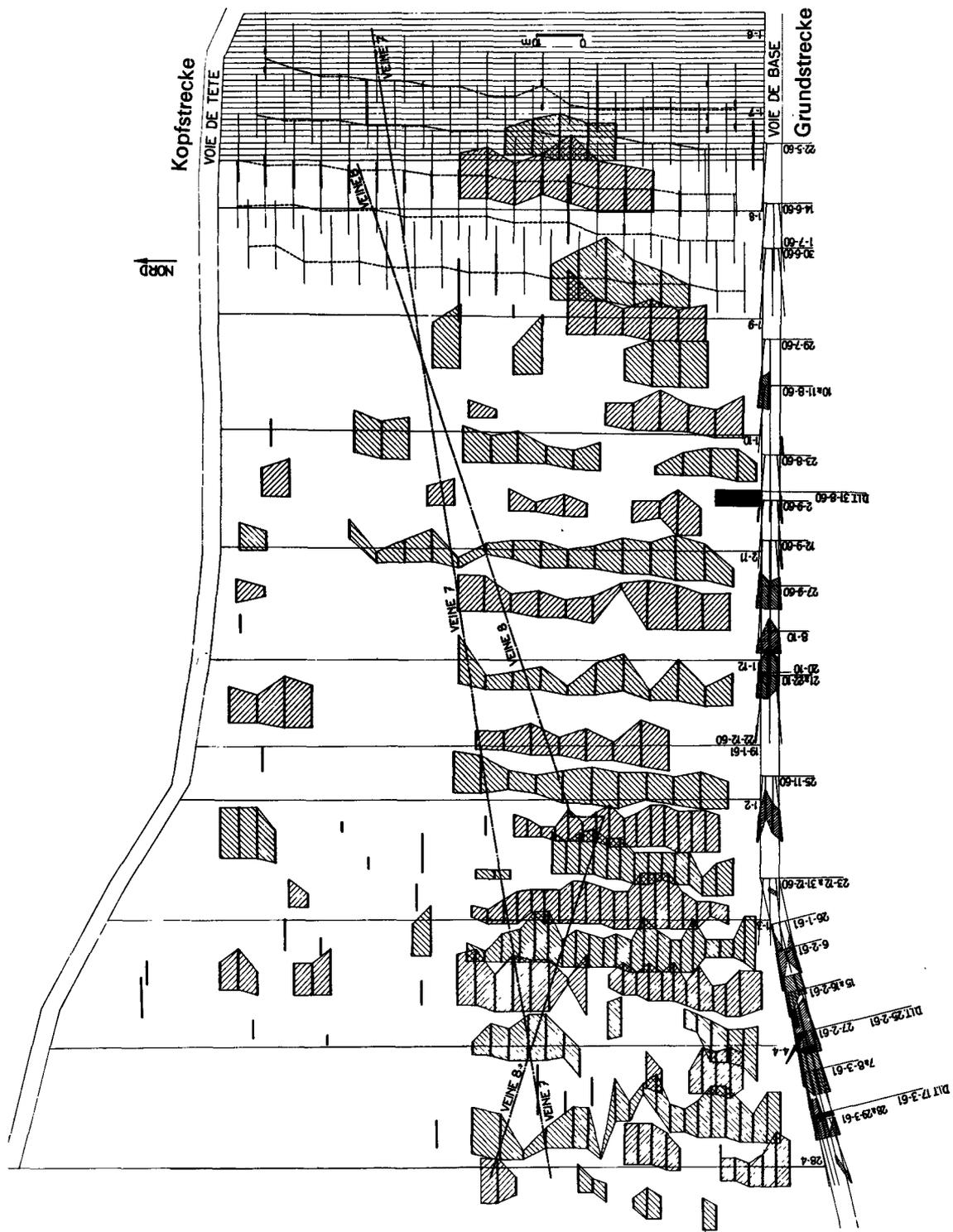


Abb. 4 : Ausschnitt aus dem Plan eines Strebs mit der Anordnung der Entspannungsböhrungen (der obere Streiteil war durch einen älteren Abbau bereits entspannt)

Voie de tête	Kopfstrecke
Fort tir	Starke Schüsse
Renforcement	Verstärkung
Relais de toit	Geringe Verwerfung
Voie de base	Grundstrecke

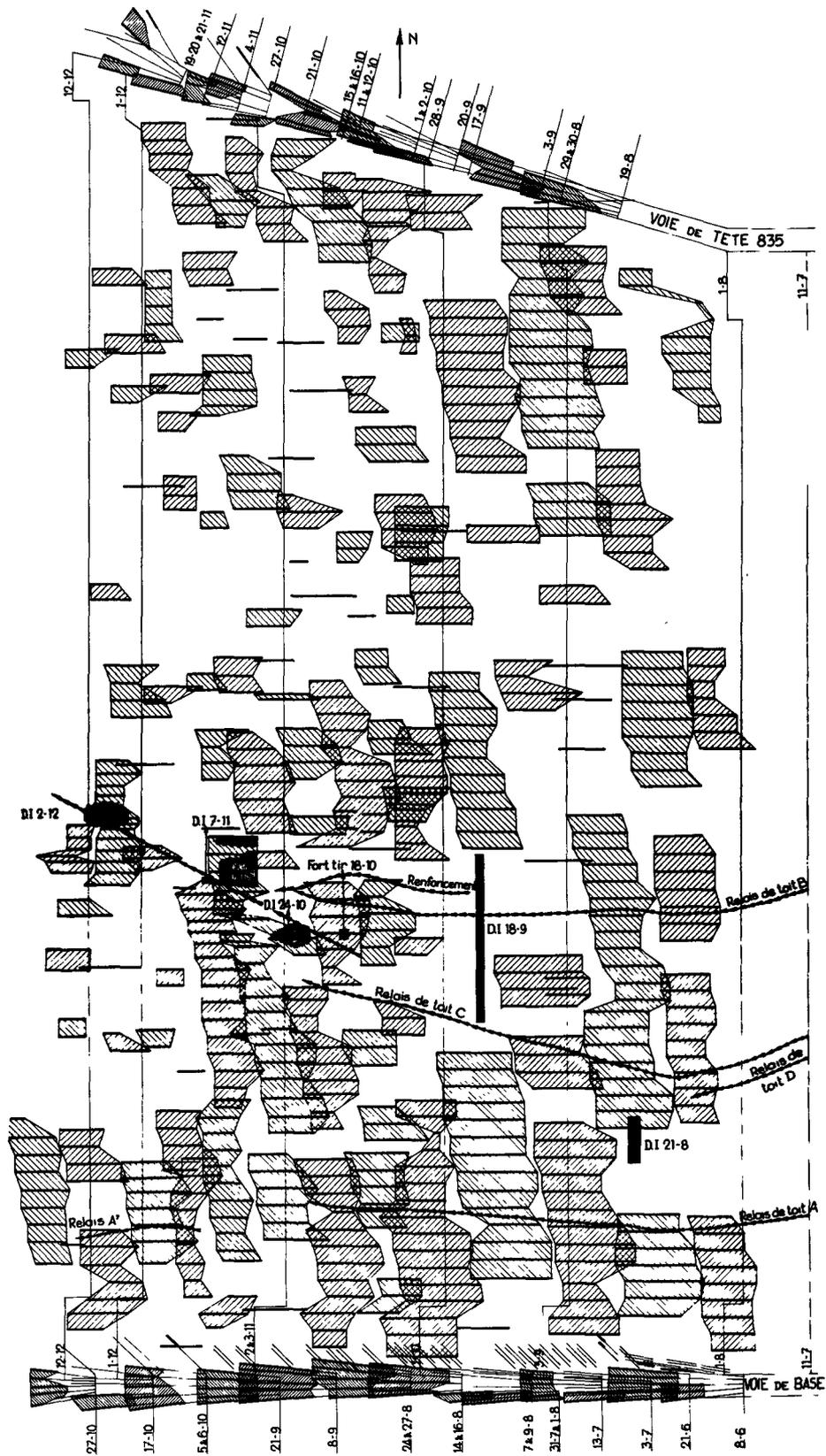
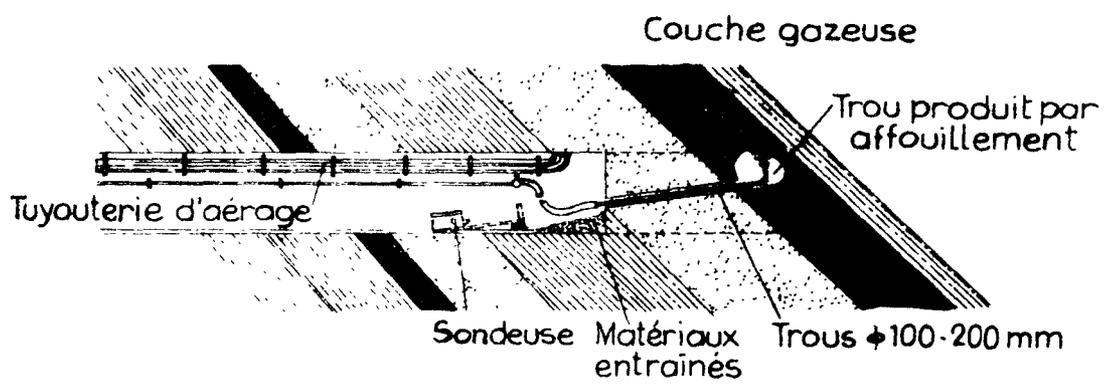


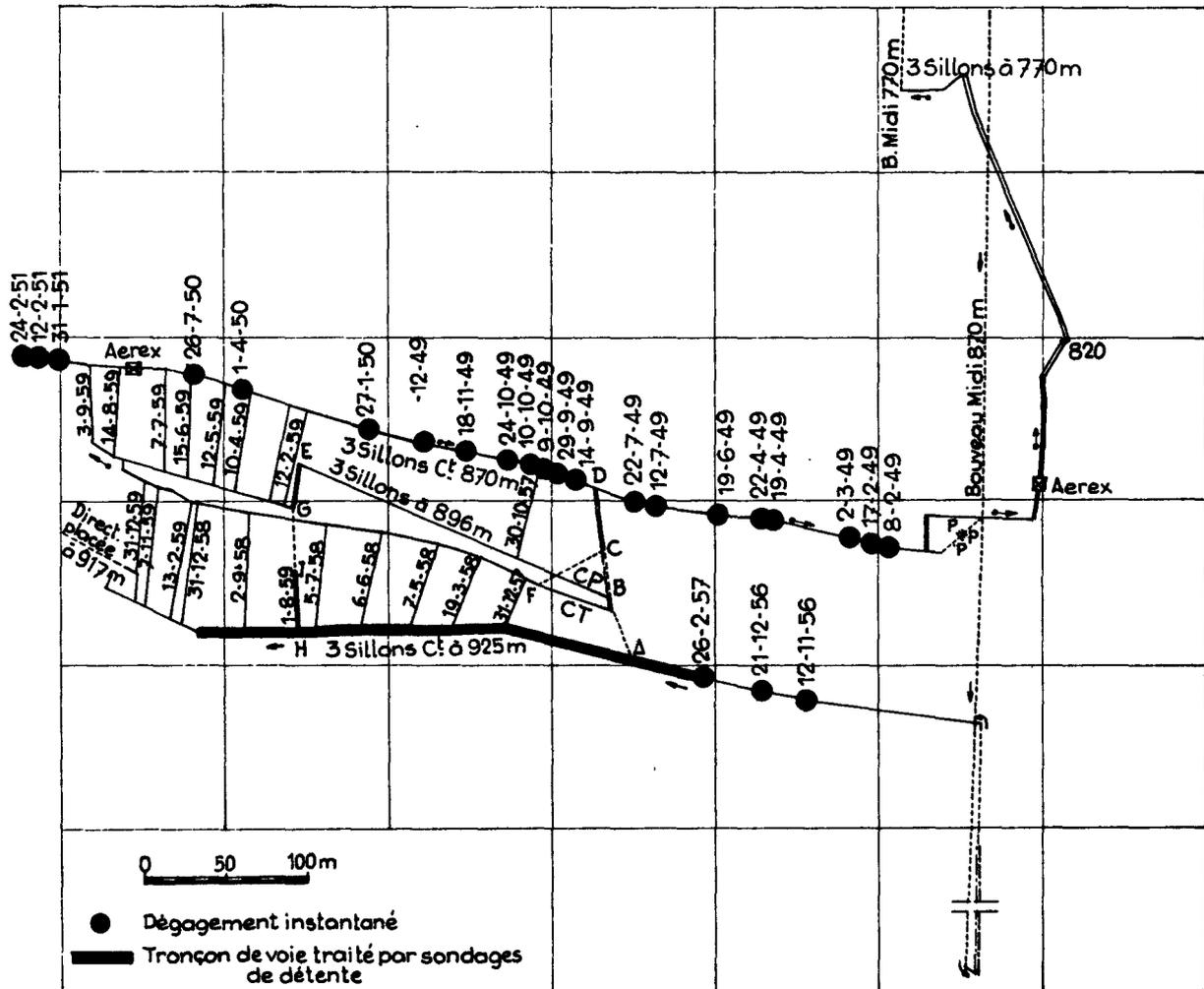
Abb. 5 : Ausschnitt aus einem Strebplan mit Anordnung der Entspannungsbohrungen (in unverritzter Lagerstätte)



Tuyauterie d'aérage
 Sondeuse
 Matériaux entraînés
 Trou
 Trou produit par affouillement
 Couche gazeuse

Wetterlутten
 Bohrgerät
 Ausgewaschenes Material
 Bohrung
 Ausgewaschener Hohlraum
 Gasführendes Flöz

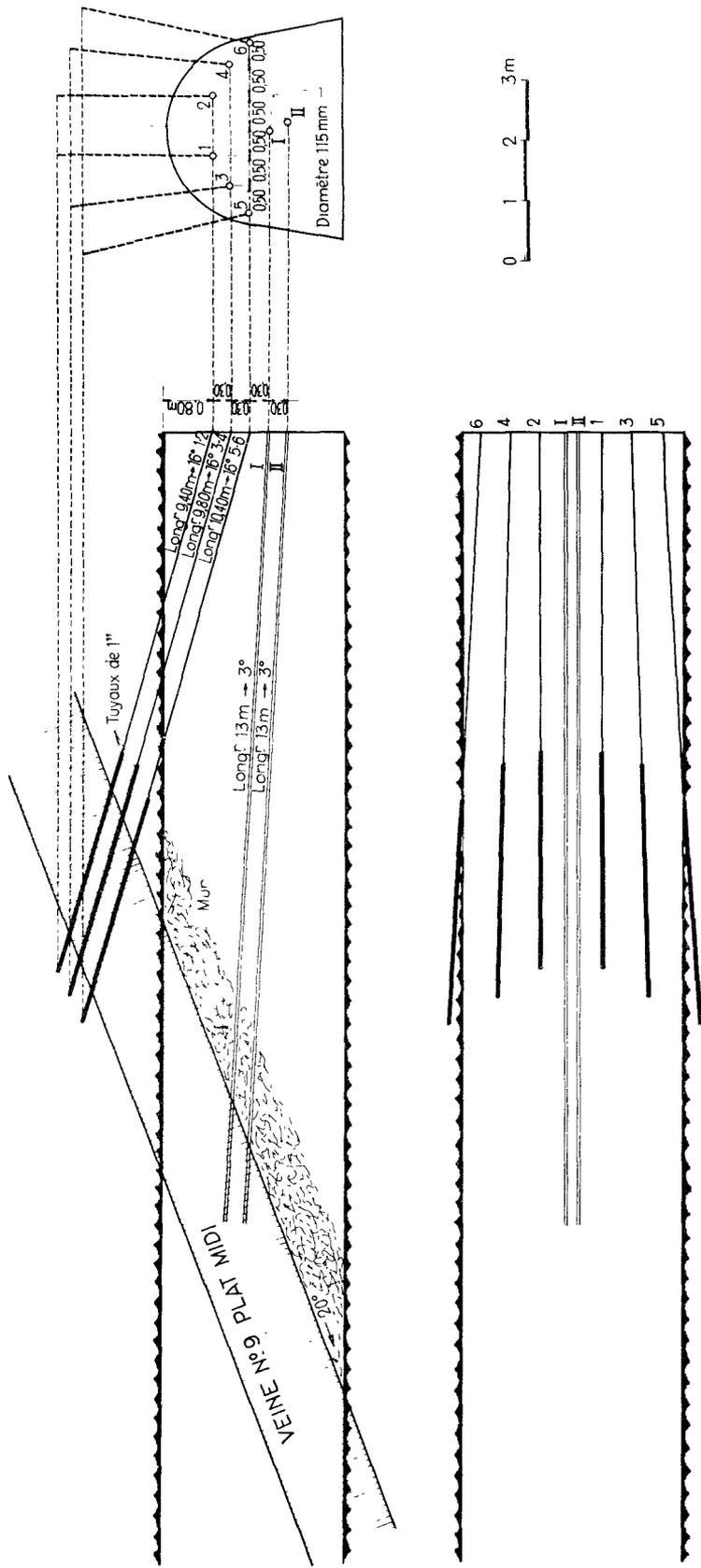
Abb. 6 : Auswaschung eines Flözes beim Auffahren eines Querschlags



● Dégagement instantané
 — Tronçon de voie traité par sondages de détente

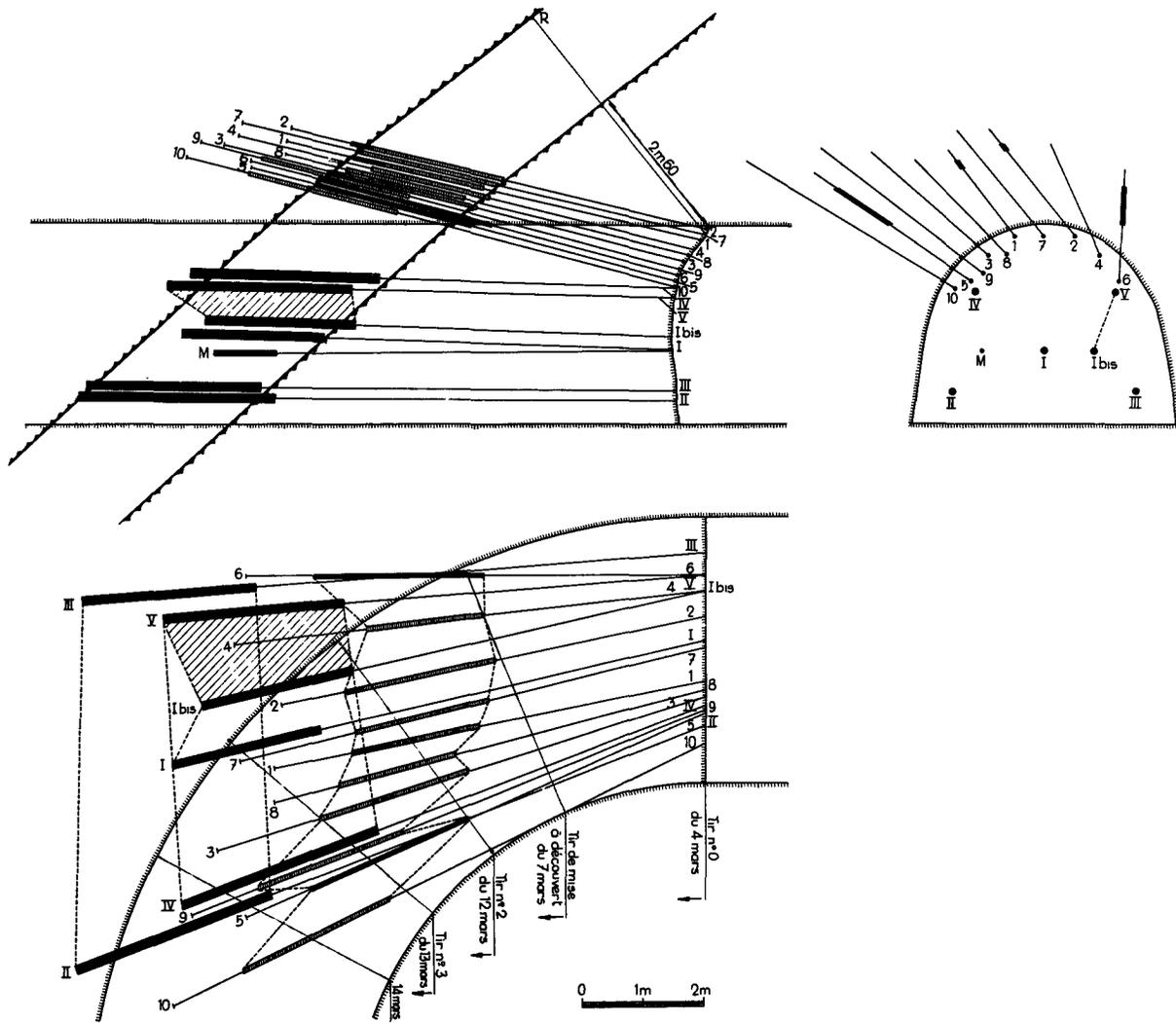
Plötzlicher Gasausbruch
 Streckenabschnitt durch Entspannungsbohrungen behandelt

Abb. 7 : Verminderung der Anzahl der Gasausbrüche in einer Flözstrecke dank der Entspannungsbohrungen



Veine n° 9 plat midi	Flöz 9 flach nach Süden
Tuyau	Rohr
Longueur	Länge
Diamètre	Durchmesser

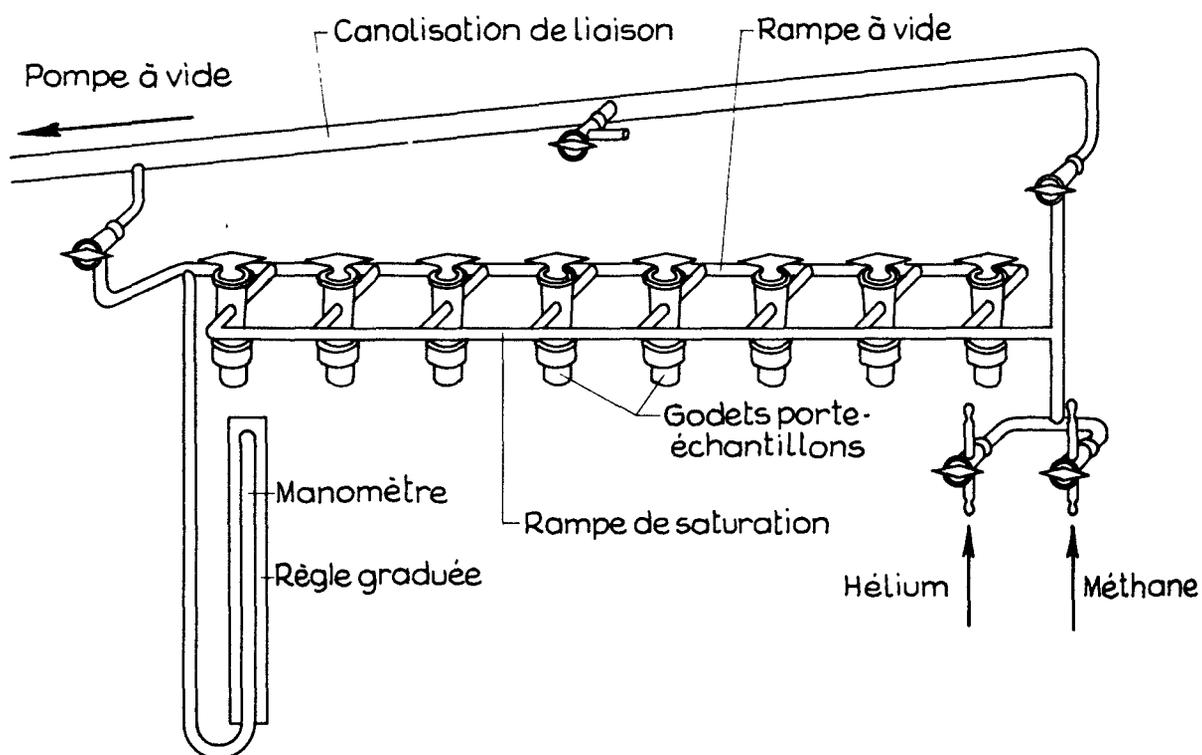
Abb. 8 : Auswaschung eines gasführenden Flözes



Tir
Tir de mise à découvert du 7 mars

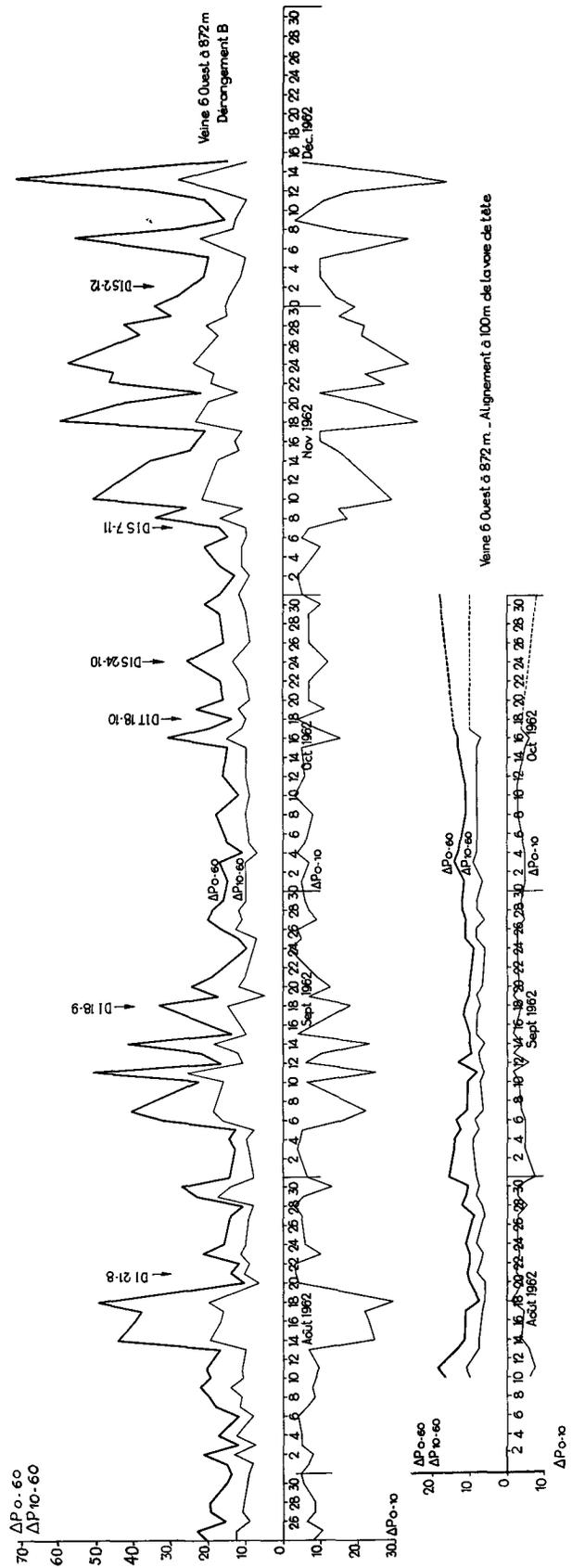
Schießen
Schießen am 7. März, bei dem das Flöz
freigelegt wurde

Abb. 9 : Vorbeugendes Auswaschen von Flöz 9 bei seiner Durchörterung



Pompe à vide	Vakuumpumpe
Canalisation de liaison	Verbindungsleitung
Rampe à vide	Vakuumstrang
Manomètre	Druckmesser
Règle graduée	Gradierung
Rampe de saturation	Sättigungsrampe
Godets porte-échantillons	Meßprobenträger

Abb. 10 : Ettinger-Gerät (Schema)



Veine 6 Ouest
Dérangement B
 Alignement à 100 m de la voie de tête

Flöz 6 nach Westen
Störung B
 Verlauf der ΔP -Kurve bei einem Abstand von 100 m von der Kopfstrecke

Abb. 11 : ΔP -Kurve in einem gestörten Lagerstättenbereich

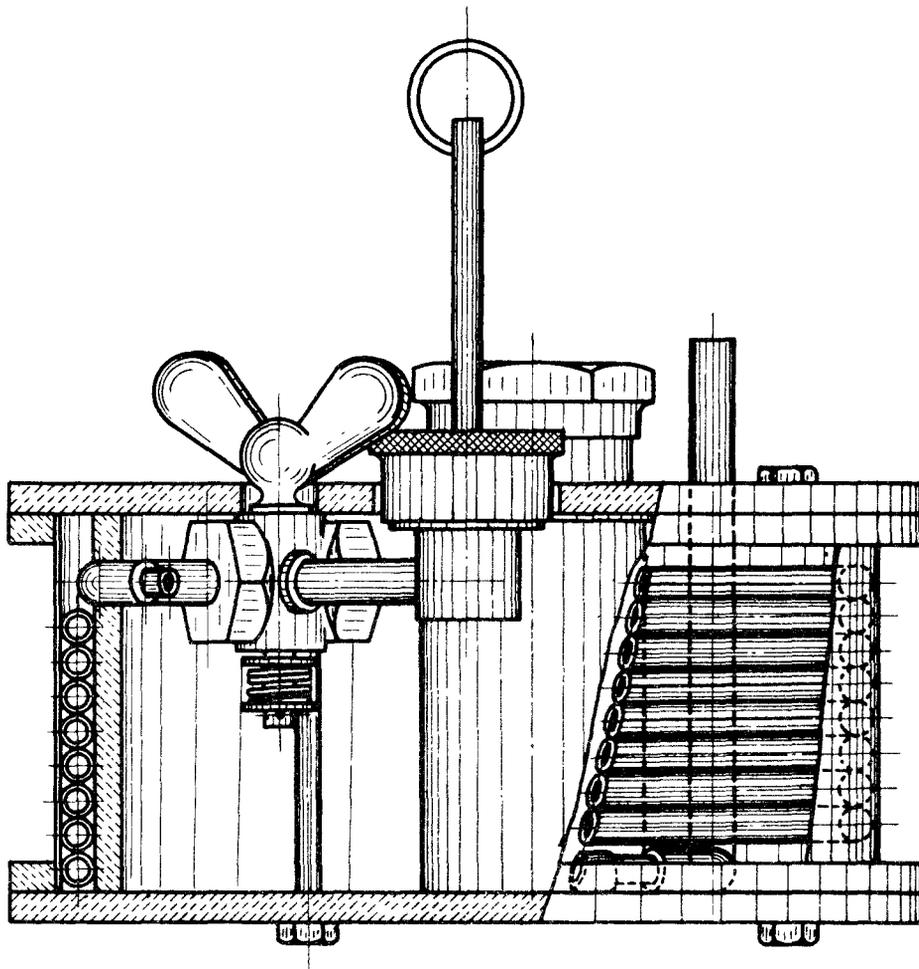
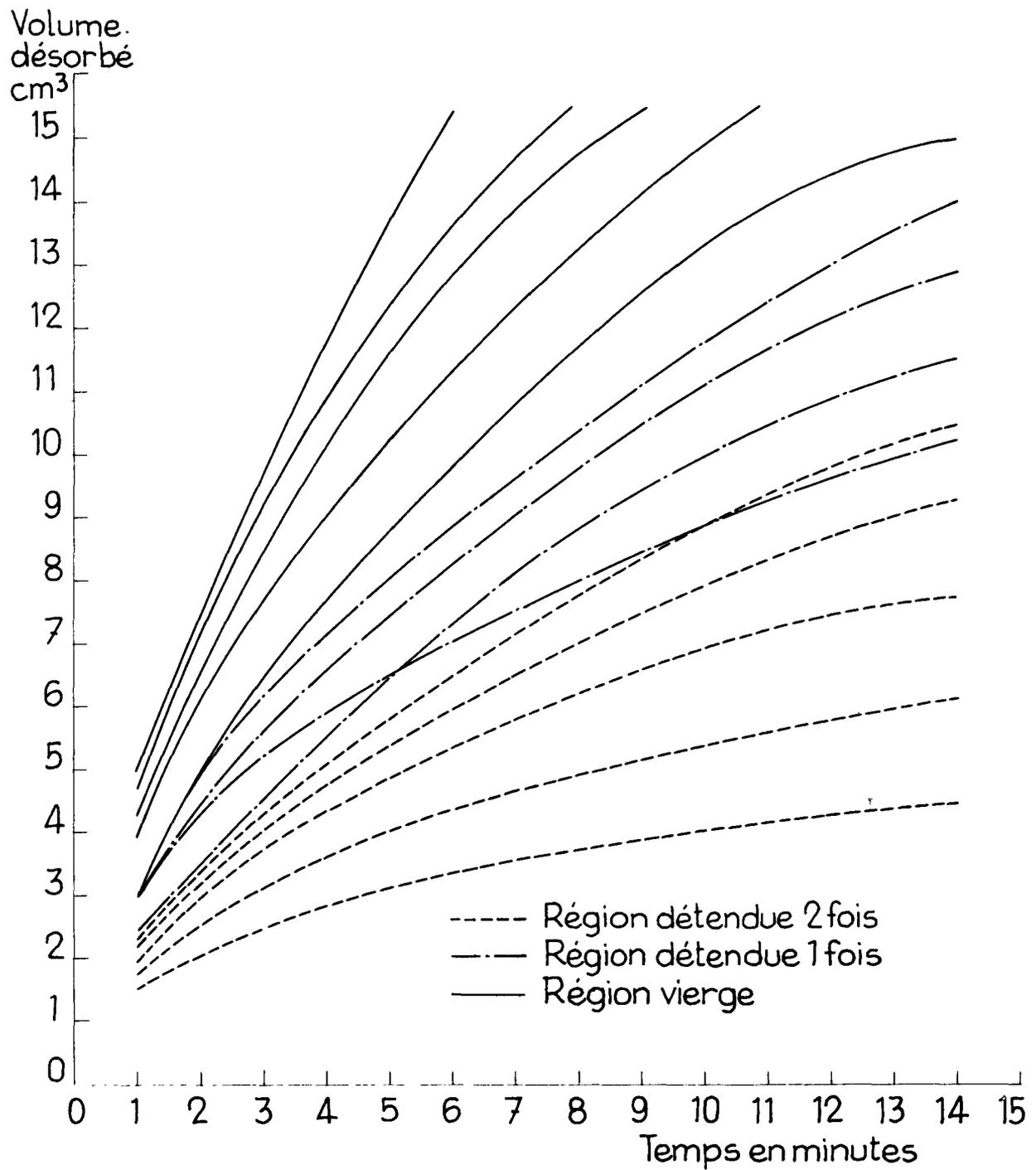


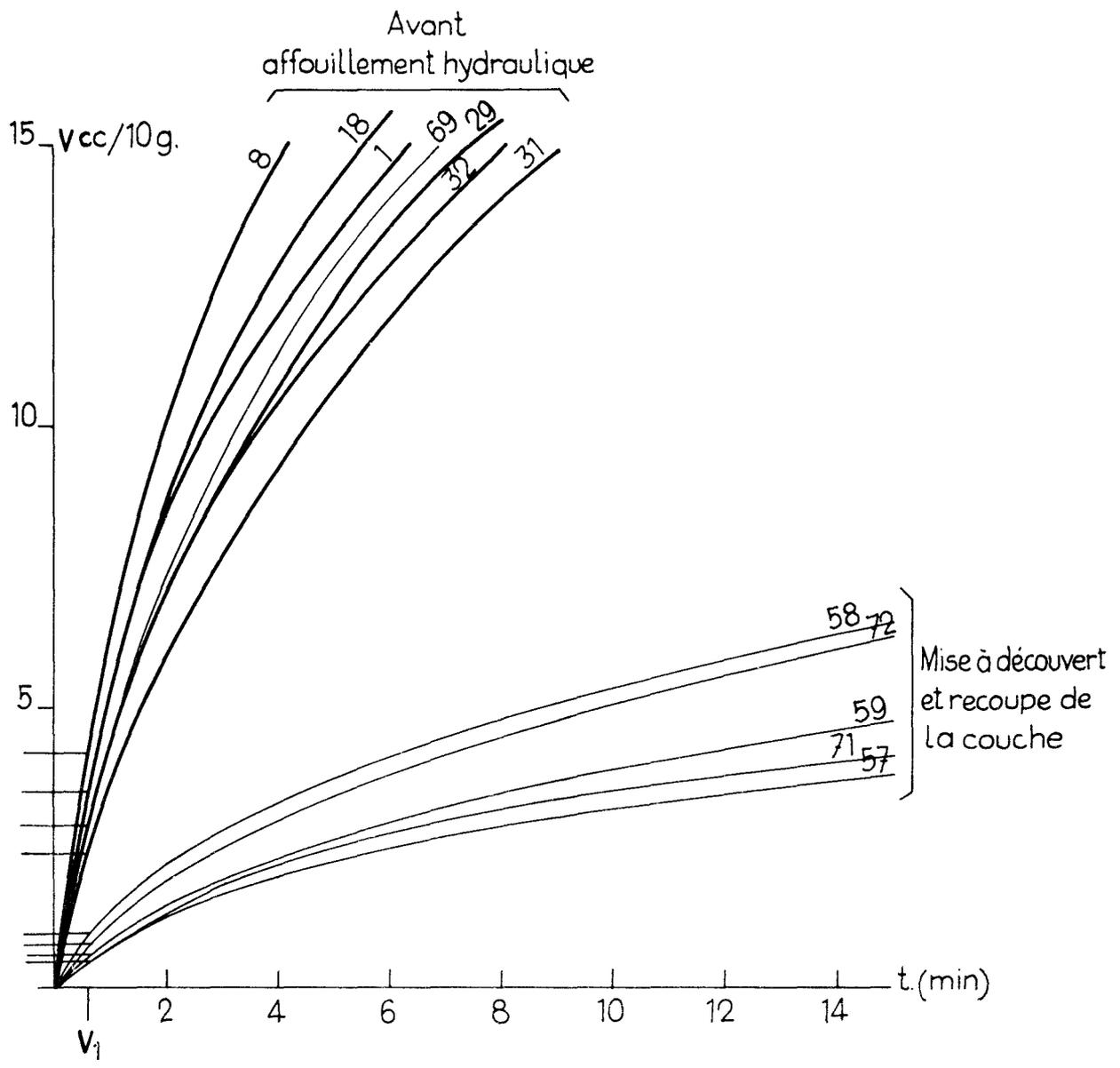
Abb. 12 : Das tragbare Desorbometer



Région détendue 2 fois
 Région détendue 1 fois
 Région vierge

Zweimal entspannter Bereich
 Einmal entspannter Bereich
 Unverritzter Bereich

Abb. 13 : Desorptionskurven



Avant affouillement hydraulique
Mise à découvert et recoupe de la couche

Vor dem Auswaschen des Flozes
Werte, die beim Freilegen und Durchhörtern
des Flozes gemessen wurden

Abb. 14 : Desorptionskurven, gemessen an Kohlenproben, die während der querschlägigen Durchhörterung eines Flözes genommen wurden

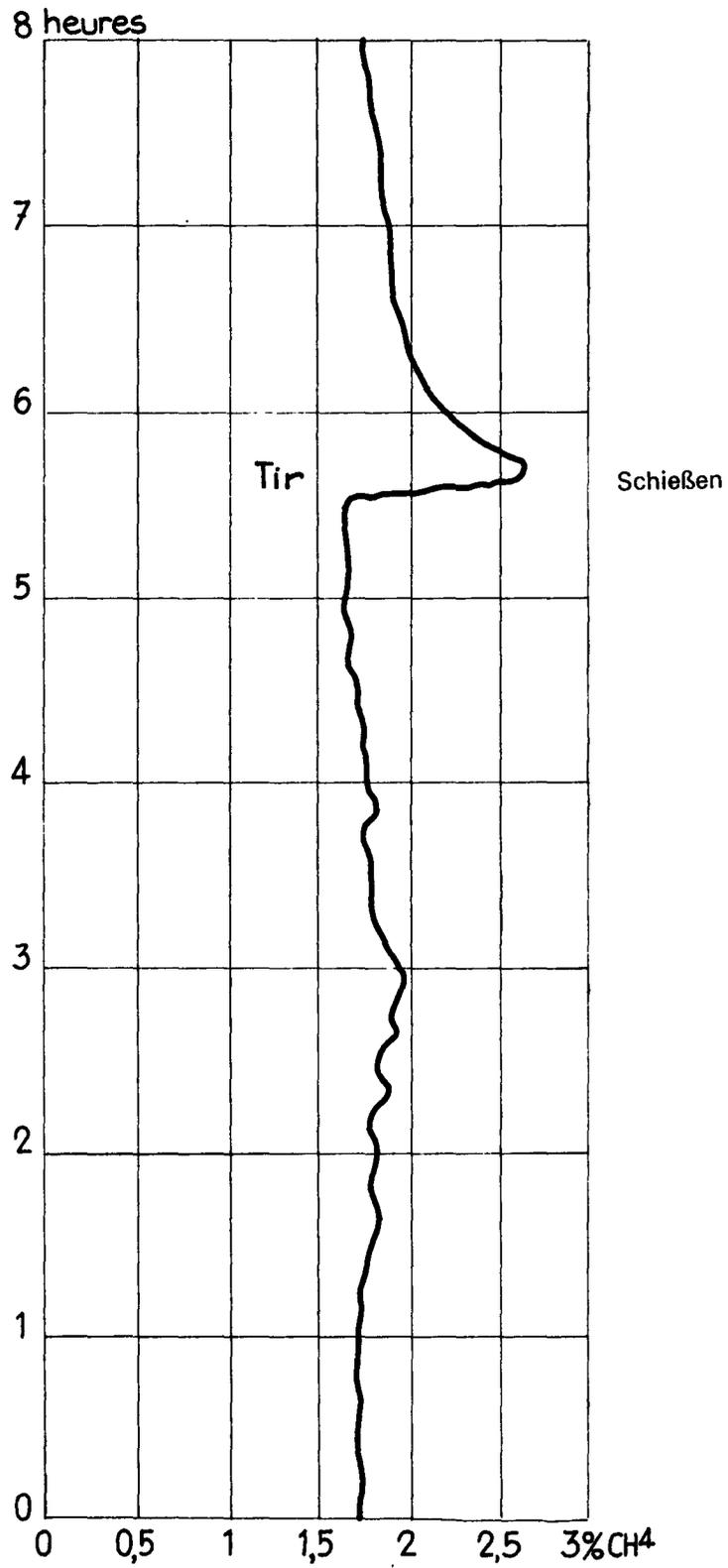


Abb. 15 : Auswirkung des Erschütterungsschießens auf den CH₄-Gehalt vor Ort

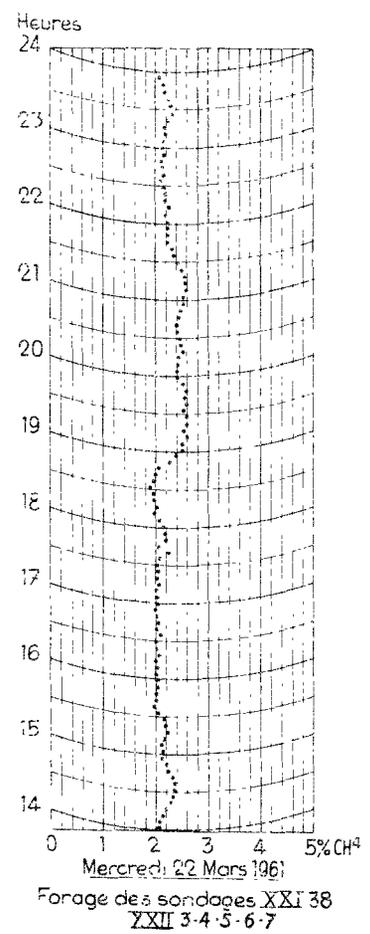
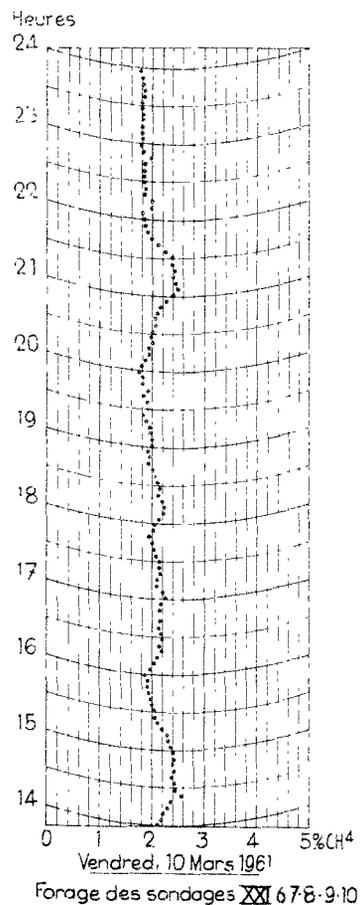
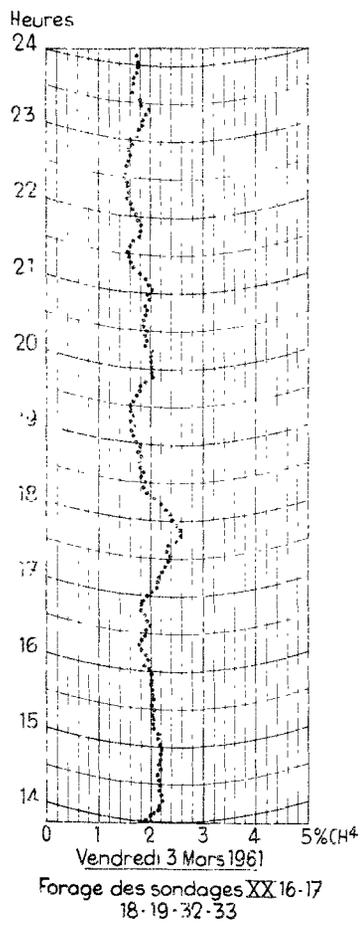


Abb. 16 : Einfluß der Entspannungsbohrungen auf die CH₄-Führung vor Ort



Abb. 17 : Gesamtansicht einer Grubengasmeßstation

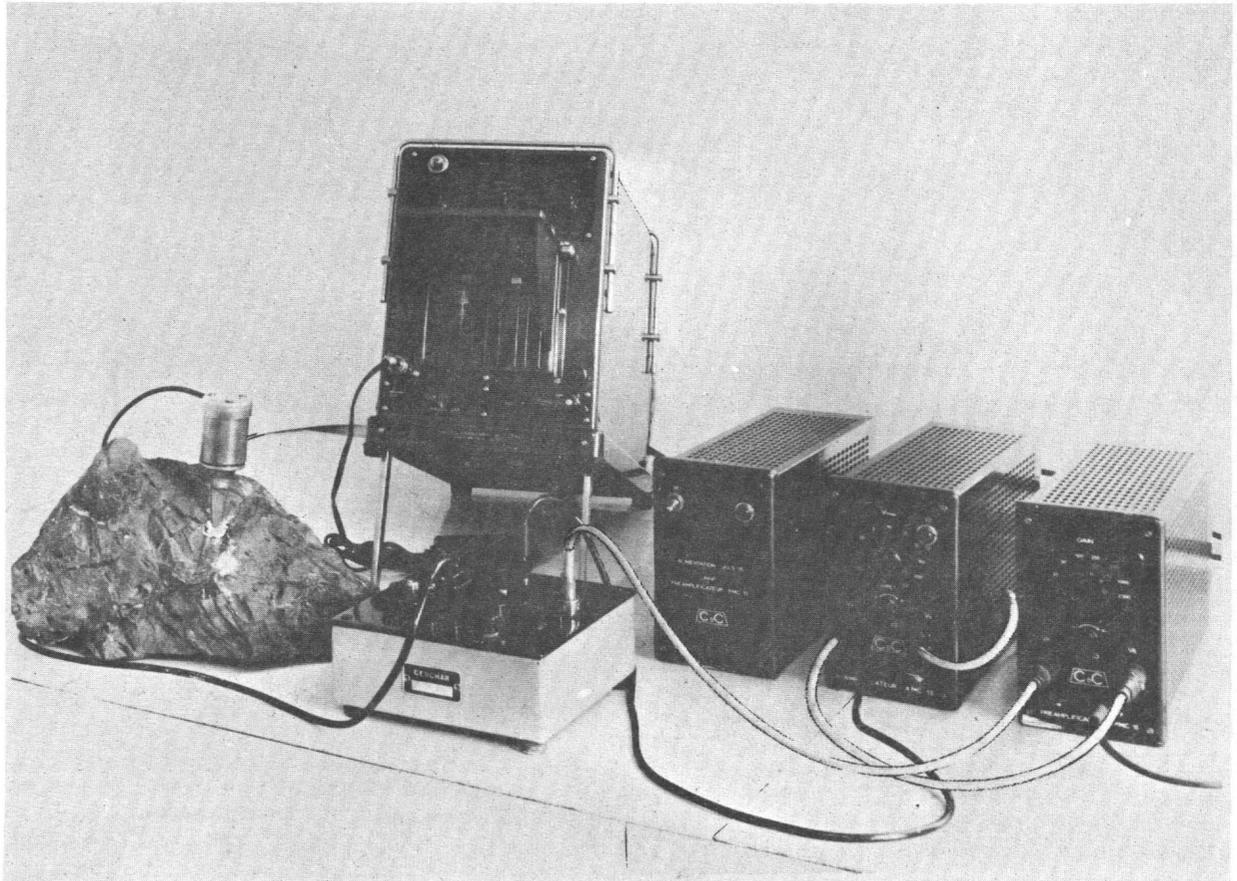


Abb. 18 : Seismisches Meßgerät

**Bisherige technisch-wirtschaftliche Veröffentlichungen
der Generaldirektion „Kohle“ der Hohen Behörde**

Dok. Nr.	Titel	Jahr	Sprachen	Preis in EWA-RE
9591/1/59/1	Schnelles Auffahren von Strecken im Gestein und in der Kohle	1959	d	2,50
6740/1/60/1	Rationalisierungsmaßnahmen im Steinkohlenbergbau	1960	d, f	2,50
11848/2/66/1	Modernisierung und Rationalisierung im Saarbergbau und im lothringischen Revier	1966	d, f	3,00
Forschungshefte Kohle				
11466/1/65/1	1 — Beschickung von Koksöfen mit vorerhitzter Kohle	1966	d, f, i, n	1,50
11734/1/66/1	2 — Verbrennung von Kohle	1966	d, f, i, n	1,50
11735/1/66/1	3 — Zündung und Verbrennung von Fettkohlen auf Rosten	1966	d, f, i, n	1,50
12546/1/66/1	4 — Mechanisierung der Auffahrung von Gesteinsstrecken - Streckenvortriebsmaschine SVM 40	1966	d, f	1,50
12633/1/66/1	5 — Kompakt-Wasserrohrkessel mit Schüttelrosten	1966	d, f	1,50
12634/1/66/1	6 — Kompakt-Wasserrohrkessel mit Kohlenstaubfeuerung	1966	d, f	1,50
3934	7 — Plötzliche Gasausbrüche I - CERCHAR	1966	d, f	1,50

Weitere Exemplare des vorliegenden Berichtes können ebenso wie die oben aufgeführten Veröffentlichungen bezogen werden beim

Zentralvertriebsbüro der Veröffentlichungen
der Europäischen Gemeinschaften

Luxemburg, Goethestraße 9

VERÖFFENTLICHUNGSDIENSTE DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

3935/1/67/1