

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT FÜR KOHLE UND STAHL — HOHE BEHÖRDE

FORSCHUNGSHEFTE KOHLE

**Plötzliche Grubengasausbrüche I
CERCHAR**

**Bergtechnik
Kohleveredlung
Feuerungstechnik**

Heft Nr.

7

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.

**UNTERSUCHUNG ÜBER DIE PLÖTZLICHEN GRUBENGASAUSTRÜCHE —
ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DIE VOM CENTRE D'ÉTUDES
ET RECHERCHES DES CHARBONNAGES DE FRANCE, PARIS, IN DEN
JAHREN 1959 BIS 1965 DURCHFÜHRTE FORSCHUNGEN ÜBER DIE
„PLÖTZLICHEN“ GRUBENGASAUSTRÜCHE**

von M. de Vergeron und J. Belin

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 Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Paris, auf dem Gebiet der Grubengasausbrüche berichtet.

K. M. Hettlage

Inhalt

	Seite
1. Einleitung - Ziele der Untersuchung	7
2. Die Einstufung der Grubenfelder abhängig von ihrer Neigung zu GA	7
2.1 Index für anormale Spannungen : Die seismische Erschütterung nach dem Schießen	8
2.2 Indizes für die Struktur der Kohle	9
2.2.1 Rißbildung der Kohle	9
2.2.2 Brüchigkeit der Kohlen	9
2.2.3 Δp -Index	10
2.3 Indizes für das Vorhandensein von Gas	10
2.3.1 Desorptionsindex V_1 ($\text{cm}^3/10 \text{ g}$)	10
2.3.2 Grubengasfernmessung nach dem Schießen : Index V_{30} (m^3/t)	11
2.3.3 Hohe Grubengasgehalte nach dem Schießen : Wetterprobenehmer	12
2.3.4 Gasinhalt der Kohle	12
2.3.5 Sonstige Messungen	13
2.4 Gesamtindex : Auswürfe beim Einbringen großer Entspannungsbohrungen	13
3. Die Fernanzeige von GA	13
3.1 Seismische Messungen nach dem Schießen	14
3.2 Grubengasfernmessung nach dem Schießen	14
4. Ermittlung von Warnzeichen für GA	14
5. Der zeitliche Eintritt des GA	15
6. Neue Verhütungsverfahren	16
7. Die Kontrolle der Wirksamkeit von Verhütungsmaßnahmen	17
7.1 Tests bei Schießarbeit	17
7.1.1 Seismische Erschütterung nach dem Schießen	17
7.1.2 Schlagwetterführung nach dem Schießen	17
7.2 Tests ohne Schießarbeit	17
7.2.1 Schlagwetterführung eines Betriebspunktes	17
7.2.2 Desorptionsindex V_1 und Gasinhalt	18
8. Material für die verstärkte Elektrifizierung von zu GA neigenden Gruben	18
8.1 Stromunterbrecher	19
8.2 Betriebsmittel für zu GA neigende Gruben	19
9. Schlußfolgerungen	19
Literatur	21
Anlage	21

1. EINLEITUNG

Mit den seit etwa dreißig Jahren geltenden bergpolizeilichen Vorschriften für die zu GA (¹) neigenden Gruben konnte ungefähr der gleiche Sicherheitsgrad erreicht werden, der in den gewöhnlichen schlagwetterführenden Gruben vorliegt. Diese Vorschriften enthalten schwerwiegende Auflagen, z.B. die sehr starken Einschränkungen bei der Verwendung von Elektrizität und beim Abtun von Erschütterungsschüssen, die die Betriebskosten stark belasten.

In dem Bemühen, sich von einigen dieser Auflagen bei Aufrechterhaltung der Sicherheit zumindest auf dem gleichen Stand wie bisher zu befreien, haben die Houillères du Bassin des Cévennes mit Zustimmung und Unterstützung der Bergbehörde und in Zusammenarbeit mit dem Cerchar die Erforschung des Vorgangs „Plötzlicher Grubengasausbruch“ in Angriff genommen und neue Betriebsverfahren erprobt. Für diese Untersuchungen hat die EGKS eine beträchtliche finanzielle Beihilfe geleistet. Der erste Forschungsvertrag galt für die drei Jahre 1959, 1960 und 1961. Es folgte ein zweiter Vertrag, der Ende 1964 auslief.

Im vorliegenden Bericht wird über die in den beiden Forschungszeiträumen erzielten Ergebnisse berichtet. Gegenstand der Forschung :

- Einstufung der zu GA neigenden Grubenfelder,
- Fernanzeige von drohenden GA,
- Ermittlung von Warnzeichen,
- zeitlicher Eintritt des GA,
- Entwicklung neuer Verhütungsverfahren,
- Kontrolle der Wirksamkeit von Verhütungsmaßnahmen,
- Entwicklung von Material, das die weitere Elektrifizierung der zu GA neigenden Gruben ermöglicht.

Wir erläutern im nachstehenden die praktischen Ergebnisse im Hinblick auf die einzelnen Ziele. Wir weisen darauf hin, daß außer den unter Tage durchgeführten Versuchen auch umfangreiche Laborarbeiten auf die Untersuchung des Zusammenhangs Gas-Kohle durchgeführt wurden (Literatur 1).

2. DIE EINSTUFUNG DER GRUBENFELDER ABHÄNGIG VON IHRER NEIGUNG ZU GA

Die Gefahr von GA in einem Grubenfeld muß vom Bergwerksbesitzer unbedingt klar beurteilt werden können, damit er seine Verhütungsmaßnahmen auf die Stärke der Gefahr abstimmen kann.

Im ersten Stadium haben wir die nicht zu GA neigenden Grubenfelder durch bestimmte, unabhängig voneinander untersuchte Indizes kennzeichnen können. Es ist uns aber nicht gelungen, den Grad der Neigung eines Grubenfeldes zu GA zahlenmäßig genau festzulegen. Dieser Begriff scheint uns jedoch durch die gleichzeitige Untersuchung der Indizes genauer ermittelt werden zu können, die die drei Einflußgrößen kennzeichnen, welche unseres Erachtens bei einem GA gleichzeitig wirksam sein müssen :

(¹) Im nachfolgenden Bericht werden folgende Abkürzungen verwendet :

% = Prozentsatz,
GB = große Entspannungsbohrlöcher,
GA = plötzliche Grubengasausbrüche.

- anormale Gebirgsdruckverhältnisse,
- die besondere Struktur der Kohle,
- das Vorhandensein einer ausreichenden Gasmenge.

2.1 Index für anormale Spannungen: Die seismische Erschütterung nach dem Schießen

Wird ein auf die Geschwindigkeit von Bodenbewegungen reagierendes Geophon in 100 bis 300 m Entfernung vom Betriebspunkt aufgestellt und registriert man die Signale nach dem Schießen, dann stellt man manchmal nach dem auf den Schuß zurückzuführenden Beben eine Folge von sekundären Erschütterungen fest, die als „seismische Erschütterungen“ bezeichnet werden. Als prozentuale seismische Erschütterung nach dem Schießen wird das mit 100 multiplizierte Verhältnis der Zahl der Schüsse, die zu einer — starken oder schwachen — seismischen Erschütterung geführt haben, zur Gesamtzahl der kontrollierten Schüsse bezeichnet.

Der SC-Seismograph, der vom physikalischen Laboratorium des **Cerchar** für die Aufnahme und Registrierung der auf einen Schuß folgenden Erschütterungen entwickelt wurde, ist in Abb. 1 dargestellt. Seine wesentlichen Bestandteile sind :

- ein dichtes elektrodynamisches Geophon vom Typ H S 20 oder EVS 2 mit einer beweglichen Spule im Magnetfeld eines mit dem Boden verbundenen Magneten,
- eine stabilisierte Stromversorgung,
- ein Verstärkerblock mit fünf parallel geschalteten Stromkreisen, Amplituden-Regelung und Kontrolle der Leitungsisolierung,
- ein ACB-Filmschreiber zur Direktablesung.

Ein gleichfalls beim **Cerchar** entwickelter eigensicherer Vorverstärker vom Typ PS 3 kann unter Tage in der Nähe des Geophons aufgestellt werden, um das empfangene Signal zu verstärken und hierdurch die Übertragung zu erleichtern.

Diese Vorrichtung gewährleistet, daß Frequenzen von 20 bis 500 Hertz konstant registriert werden können.

Ein GA nach dem Schießen wirkt sich wie eine sowohl in der Amplitude als auch in der Dauer außergewöhnlich starke sekundäre Erschütterung aus. Wir haben gute Gründe anzunehmen, daß diese sekundären Erschütterungen mit anormalen Gebirgsdruckverhältnissen zusammenhängen.

Die Kontrolle der seismischen Erschütterung nach dem Schießen in einigen Untertagebetrieben der Houillères du Bassin des Cévennes hat es ermöglicht, die Ergebnisse der früheren Untersuchungen zu vervollständigen und auf das gesamte Revier zu übertragen (Literatur 2 u. 3) :

- Die zu GA neigenden Bereiche sind durch eine hochprozentige seismische Erschütterung nach dem Schießen gekennzeichnet, die durchweg 15 oder 20 % übersteigt.
- In Grubenfeldern mit weniger als 4prozentiger seismischer Erschütterung nach dem Schießen besteht keine Gefahr von GA.
- Obgleich sich die GA in der Regel in Bereichen mit starker seismischer Erschütterung nach dem Schießen ereignen, gibt es auch nicht zu GA neigende Grubenfelder mit starker seismischer Erschütterung. Die prozentuale seismische Erschütterung allein gestattet also demnach nicht, die Neigung eines Grubenfeldes zu GA genau zu beurteilen.

2.2 Indizes für die Struktur der Kohle

2.2.1 RISSBILDUNG DER KOHLE

Die Rißbildung einer Kohle wird durch die Zahl der Risse je cm gekennzeichnet, die sich unter dem Mikroskop auf der glatten Fläche einer Probe entlang eines Kreuzprofils von 10 cm Gesamtlänge auszählen lassen. Diese Rißbildung ist bei den einzelnen Flözen sehr unterschiedlich. Abb. 2 zeigt einige charakteristische Kohlenproben mit zunehmender Rißbildung.

Im Kohlevorkommen des Reviers Cévennes und im Flöz Arago der Schachanlage 7 der Zechengruppe von Lens-Liévin haben wir festgestellt, daß die in der Nähe eines GA genommenen Kohlenproben im allgemeinen mehr als 20 Risse je cm aufwiesen, so daß sie in die von den russischen Autoren definierten Gruppen 3, 4 und 5 eingestuft werden müssen (Literatur 4).

Die Kennzeichnung der Rißbildung nach diesem Verfahren war jedoch zu langwierig, um den Test für die sehr zahlreichen Messungen, die für die Einstufung eines Grubenfeldes erforderlich sind, praktisch verwenden zu können. Es wurde daher versucht, das gleiche Ergebnis auf anderem Wege zu erzielen.

2.2.2 BRÜCHIGKEIT DER KOHLEN

Eine Kohlenprobe mit dem Gewicht P von etwa 1 kg wird in einer Drehtrommel von 50 cm \varnothing , die 4 Flügel aufweist, im Laufe von 5 Minuten durch 50 Umdrehungen zerkleinert. Sie wird anschließend mit Maschensieben, die eine Maschenweite von 4 und 0,5 mm aufweisen, in drei Fraktionen mit den Gewichten P_1 , P_2 und P_3 aufgeteilt.

Der Brüchigkeitsindex wird definiert durch :

$$F_3 = \frac{P_1 + 10 P_2 + 100 P_3}{P}$$

Hierin ist P_1 das Gewicht der Fraktion über 4 mm,

P_2 das Gewicht der Fraktion zwischen 0,5 und 4 mm,

P_3 das Gewicht der Fraktion unter 0,5 mm,

P das Gesamtgewicht der Probe.

F_3 ändert sich in gleicher Weise wie die spezifische Oberfläche der erhaltenen Körnungen.

Der Versuch hat gezeigt, daß der Rißbildungsindex mit der Rißbildung der Kohle zunimmt. Der Test wurde allerdings durchgeführt, um eine Trennung der durch die natürliche Rißbildung bestimmten Korngrößen zu ermöglichen, und nicht um die Kohle zu zerkleinern.

Dieser Index hängt aber nicht nur von der Zahl der Risse ab ; er wird auch von einer unter dem Mikroskop nicht festzustellenden Eigenschaft bestimmt, nämlich von der Spaltbarkeit. Daher ergibt eine Flammkohle bei der gleichen Zahl von Rissen einen niedrigeren F_3 -Index als eine Magerkohle. Diese Eigenschaft läßt vermuten, daß der Brüchigkeitsindex bei der Untersuchung der GA ein besserer Index für die Einstufung der Kohle sein könnte als die unter dem Mikroskop festgestellte Rißbildung.

Wir haben nicht versucht, diese Ansicht zu bestätigen, weil feuchte Kohlen sich schlecht sieben lassen und weil der Δp -Index eine leichtere Kennzeichnung der Struktur der Kohle ermöglichte.

2.2.3 Δp -INDEX

Eine 3 g schwere Kohlenprobe von bestimmter Korngröße wird zunächst im Vakuum während 1 ½ Stunden entgast und dann 1 ½ Stunden lang bei atmosphärischem Druck mit CH_4 gesättigt und mit einem vorher entleerten Behälter in Verbindung gebracht. In diesem Behälter entwickelt sich nun eine in mm Quecksilber ausgedrückte Gasdrucksteigerung Δp . Abb. 3 zeigt das Schema des verwendeten Geräts. Es besteht aus Glas.

Dieser Test wurde von dem Russen Ettinger entwickelt (Literatur 5). Wir haben die Arbeitsweise dadurch verbessert, daß wir einerseits den Δp -Index zwischen der 0. und der 60. Sekunde, andererseits aber auch den Index vom Beginn der Adsorptionsphase an bestimmten, wodurch die Arbeitsgänge beschleunigt werden.

Durch Laboruntersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß der Δp -Index bei Kohlen, deren CH_4 -Diffusionskoeffizienten in dem einheitlichen Stoff nur gering voneinander abweichen, ziemlich eng mit der Reißbildung der Probe zusammenhängt.

Angesichts der geringen Masse der untersuchten Probe ist festzustellen, daß die Einstufung eines Grubenfeldes nach diesem Index eine intensive über das gesamte Grubenfeld bestmöglich verteilte Probenahme erfordert.

Wir bezeichnen als ΔpS den Wert der Δp , den nur 5 % der Δp -Werte einer Probenreihe aus dem Grubenfeld übersteigen. Die systematische Untersuchung dieses Index im Revier Cévennes hat zu folgendem Ergebnis geführt: Die nicht zu GA neigenden Grubenfelder sind durch $\Delta pS < 16$ gekennzeichnet. Die zu GA neigenden Grubenfelder weisen ΔpS -Werte > 16 auf. Lediglich aufgrund des ΔpS kann jedoch nicht beurteilt werden, ob die Neigung des Grubenfeldes zu GA stärker oder schwächer ist.

Als wir nun aber an einigen Betriebspunkten, also nicht mehr in Grubenfeldern, die durch S % gekennzeichnete seismische Erschütterung nach dem Schießen und den durch ΔpS gekennzeichneten Δp -Index gleichzeitig untersuchten, konnten wir im Revier Cévennes folgendes feststellen: Je geringer ΔpS ist, um so stärker muß die seismische Erschütterung S sein, damit ein GA erfolgt. Umgekehrt gilt aber auch, daß auch eine schwache seismische Erschütterung (aber nichtsdestoweniger > 4 %), wenn Δp sehr hoch ist, einen GA auslösen kann.

Wie Abb. 4 zeigt, dürften die schlagwetterführenden und zu GA neigenden Betriebspunkte in den flach gelagerten Vorkommen dieses Reviers durch die nachstehende Näherungsformel gekennzeichnet sein: $(\Delta pS - 10)(S - 3) > 240$. Diese Feststellung gestattet es also, die Neigung des Gebirges zu GA örtlich genauer festzulegen.

2.3 Indizes für das Vorhandensein von Gas

Die Indizes, die wir nun untersuchen wollen, hängen mehr oder weniger unmittelbar mit der Menge des im Gebirge enthaltenen Gases zusammen. Jeder Index kennzeichnet einen anderen Aspekt der Desorption des enthaltenen Gases.

2.3.1 DESORPTIONSINDEX V_1 ($\text{cm}^3/10 \text{ g}$)

Eine 10 g schwere Kohlenprobe mit Korngrößen zwischen 0,5 und 0,8 mm wird t_0 Sekunden, nachdem sie aus dem Gebirge genommen wurde, in einen Behälter eingeschlossen. Bei atmosphärischem Druck setzt sie während einer weiteren Zeit von t_0 Sekunden eine Gasmenge von $V_1 \text{ cm}^3$ frei. Diese in cm^3 ausgedrückte Menge V_1 wird als Desorptionsindex bezeichnet.

Um ihn leichter messen zu können, hielt man es für besser, V_1 mit Hilfe der Drucksteigerung zu bestimmen, die sich bei der Desorption der Kohle in einem Behälter mit bestimmtem Fassungsvermögen ergab. Dieses Fassungsvermögen ist entweder gering, nämlich 20 cm^3 für die Messung von V_1 in einem CH_4 enthaltenden Vorkommen — das Meßgerät wird dann als Skalendesorbometer bezeichnet —, oder größer, nämlich 800 cm^3 für die Messung von V_1 in einem CO_2 enthaltenden Vorkommen — das Meßgerät wird dann als Beroff-Aptimeter bezeichnet.

Die Laboruntersuchungen (Literatur 1) haben gezeigt, daß der V_1 -Index für CH_4 mit dem Δp -Index und mit dem Inhalt an C-Gas durch folgende Beziehung zusammenhing :

$$V_1 = \frac{C \cdot \Delta p}{k} \quad (V_1 \text{ und } C \text{ in } \text{cm}^3/10 \text{ g})$$

Der Koeffizient k hängt hierbei von der Beschaffenheit der Kohle ab. Bei den Kohlen des Reviers Cévennes liegt er bei ungefähr 870.

Diese Beziehung gilt nur, wenn ein einheitlicher Gasinhalt der Kohle vorliegt, d.h. wenn der durchschnittliche C-Inhalt des Kornes mit dem Gasdruck p außerhalb des Kornes durch die Adsorptionsisotherme im Zusammenhang steht. Sie zeigt die theoretische Bedeutung von V_1 als Anzeichen für die GA-Gefahr, da eine solche Gefahr besteht, wenn gleichzeitig hohe Δp -Indizes und ein starker Gasinhalt vorhanden sind.

Der V_1 -Index läßt sich für die ständige Kontrolle eines Betriebspunktes leicht verwenden.

V_{1S} ist der Wert von V_1 , unterhalb dessen 95 % der gemessenen V_1 -Werte einer Probenreihe liegen.

Im Revier Cévennes konnten folgende Feststellungen gemacht werden, als eine Probe aus dem Bohrklein eines Bohrloches von 3 m Tiefe genommen wurde : Es war nicht möglich - wie für Δp - einen Wert von V_{1S} zu ermitteln, nach dem die Gesamtheit der zu GA neigenden Grubenfelder von der Gesamtheit der nicht verdächtigen Felder hätte unterschieden werden können.

Im Verlauf einer langwierigen Untersuchung im Flöz G von Rochebelle konnte allerdings festgestellt werden, daß sich die Teile dieses Flözes, in denen keine GA erfolgt waren, durch ihr $V_{1S} < 2 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ eindeutig von den Teilen mit GA unterschieden.

Die Gesamtheit der in diesem Revier durchgeführten Messungen zeigte, daß es berechtigt war, die Grubenfelder, deren $V_{1S} < 1 \text{ cm}^3$ war, als nicht zu GA neigend einzustufen. Diese Annahme wurde nicht durch Messungen im nicht entspannten Grubenfeld bestätigt, denn selbst wenn sie nicht zu GA neigen, liegt ihr V_{1S} selten unter 1 cm^3 , sondern durch Messungen im durch Schutzflöz oder große Entspannungsbohrungen entspannten Feld, wo die GA-Gefahr ausgeschaltet worden war.

Die Wahl der Probenahmetiefe für die V_1 -Messung ist Erfahrungssache. Obgleich eine Tiefe von 3 m in vielen Fällen angebracht ist, so ist sie doch manchmal auch unzureichend. So wurde im dritten Flöz von Ricard z.B. eine Tiefe von 5 m für erforderlich gehalten. Nun ist aber eine Probenahme in dieser Tiefe nicht nur noch nicht ganz zuverlässig, sondern manchmal auch mit den gewöhnlich am Betriebspunkt vorhandenen Bohrmaschinen wegen des Quellens des Gebirges um das Bohrloch herum sogar völlig unmöglich.

2.3.2 GRUBENGASFERNMESSUNG NACH DEM SCHIESSEN: Index V_{30} (m^3/t)

Mit einem Grubengasfernanzeiger VT 60 A (Literatur 6) wird in einem Flözstreckenvortrieb die Zunahme des Grubengasgehalts nach dem Schießen 30 Minuten lang gemessen, und zwar wird in jeder Minute eine Messung durchgeführt. Die freigesetzte Grubengasmenge, geteilt durch die durch den Schuß ausgeworfene Kohlemenge, ergibt den V_{30} -Index, der in m^3/t ausgedrückt wird.

Die Untersuchung der Schlagwetterführung nach dem Schießen hat in zahlreichen Vorrichtungsbetrieben des Reviers Cévennes zu der Feststellung geführt, daß an Betriebspunkten oder in Grubenfeldern, in denen 95 % der V_{30} -Indizes unter $4 \text{ m}^3/\text{t}$ liegen, keine GA-Gefahr besteht und daß Betriebspunkte oder Grubenfelder zu GA neigen, in denen 95 % der V_{30} -Indizes über $4 \text{ m}^3/\text{t}$ liegen. Die Zahl der $V_{30} > 4 \text{ m}^3/\text{t}$ allein bietet allerdings nicht die Möglichkeit, die Größe der bestehenden Gefahr zu beurteilen.

Die Untersuchung der Schlagwetterführung nach dem Schießen hat an einigen Betriebspunkten der Zechengruppe Lens zu der Feststellung geführt, daß die Betriebspunkte, an denen bereits GA zu verzeichnen waren, gleichfalls V_{30} -Indizes $> 4 \text{ m}^3/\text{t}$ aufwiesen, daß aber einige schlagwetterführende Betriebspunkte, die nicht als zu GA neigend galten, ebenfalls V_{30} -Indizes $> 4 \text{ m}^3/\text{t}$ aufwiesen.

An einem Betriebspunkt wurde festgestellt, daß der V_{30} -Index zurückgeht, wenn der zeitliche Abstand des Schusses vom vorangegangenen Schuß größer wird. Diese Feststellung stimmt mit der im Bergbau gemachten Erfahrung überein, nach der ein GA vermieden werden kann, wenn die Vortriebsgeschwindigkeit vermindert wird.

An verschiedenen Betriebspunkten des Reviers Cévennes wurde ferner eine gute Übereinstimmung zwischen hohen V_{30} -Indizes und hohen ΔpS festgestellt. Die Übereinstimmung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die Betriebspunkte in Flözen lagen, deren Gasinhalte im unverritzten Bereich ziemlich ähnlich waren.

2.3.3 HOHE GRUBENGASGEHALTE NACH DEM SCHIESSEN: WETTERPROBENEHMER

Mit dem Wetterprobenehmer können in 30 Millisekunden 230 cm^3 Grubenluft abgesaugt werden. Die Probenahmen beginnen 5, 80, 505, 1005 oder 2005 Millisekunden nach dem Schießen.

An mehreren zu GA neigenden Betriebspunkten des Reviers Cévennes wurde festgestellt, daß - ungeachtet des Beginns der Probenahme, selbst wenn keine GA und keine Gebirgsschläge zu verzeichnen waren - Wetterproben mit sehr hohem Grubengasgehalt, manchmal bis zu 50 %, genommen werden konnten. Diese hohen Gehalte hängen mit dem Gehalt vor dem Schießen und mit der gesamten Schlagwetterführung des Betriebspunktes, die man mit Hilfe eines Grubengasfernanzeigers kontrollieren kann, nicht zusammen.

Diese Erscheinung ist kennzeichnend für die zu GA neigenden Vorkommen, denn einerseits tritt die Erscheinung in gleichen zu GA neigenden Vorkommen um so häufiger auf, je stärker die Neigung des Betriebspunktes zu GA ist, und andererseits ist sie bei den Meßreihen, die in den nicht zu GA neigenden Vorkommen der Reviere Nord-Pas-de-Calais und Lorraine zur Untersuchung der Verwendungssicherheit von Millisekunden-Zündern durchgeführt wurden, niemals beobachtet worden. Der Einsatz von Wetterprobenehmern ist allerdings zu unbequem, als daß sie für die Einstufung der Grubenfelder hinsichtlich der GA-Gefahr laufend hätten verwendet werden können.

2.3.4 GASINHALT DER KOHLE

Der in m^3/t ausgedrückte Gasinhalt der Kohle ist die Gasmenge, die die Kohle an die Atmosphäre abgeben kann. Sie unterscheidet sich von der gesamten absorbierten Gasmenge, weil die zwischen dem atmosphärischen Druck und dem Vakuum desorbierbare Gasmenge hierbei nicht berücksichtigt wird.

Die Direktmessung des Gasinhalts wird so eingeleitet, daß eine Probe von 10 g auf eine Korngröße von weniger als 10μ zerkleinert wird. Laboruntersuchungen über die Desorptionskinetik (Literatur 1) haben

nämlich gezeigt, daß eine Kohle dieser Korngröße ihr Gas rasch desorbiert. Die Analyse des desorbierten Gases mit dem Grubengasinterferometer gestattet es, bei aus CO₂ und CH₄ bestehenden Gasgemischen den Inhalt des Flözes an CO₂ und an CH₄ getrennt zu messen.

Das Verfahren ist allerdings erst vor zu kurzer Zeit entwickelt worden, als daß wir schon aufschlußreiche Ergebnisse erzielt hätten, die für die Einstufung der Grubenfelder nach der GA-Gefahr verwertbar wären. Es ist jedoch jetzt schon sicher, daß sich das Verfahren durchsetzen wird.

2.3.5 SONSTIGE MESSUNGEN

Wir haben versucht, die aus einem in das Gebirge gebohrten Loch strömende Gasmenge und den Gasdruck zu messen, wenn man das Bohrloch versiegelt. Die Messung der Gasmenge wurde aufgegeben, da die Zahl der am gleichen Betriebspunkt ermittelten Indizes unbedingt eingeschränkt werden mußte. Es konnte in den Versuchsbetrieben des Flözes G von Rochebelle allerdings festgestellt werden, daß die nicht reaktionsstarken Teile des Vorkommens während 3 Minuten nach dem Einbringen eines Loches von 3 m Länge und 55 mm Durchmesser, bei dem die Dichtung in einer Tiefe von 1,50 m lag, eine Menge von < 12 l/min freisetzen. Die Messung der Gasmenge ist daher für die Kennzeichnung der Grubenfelder durchaus nützlich.

Die Druckmessungen wurden aufgegeben, da keine wirksame Dichtungsvorrichtung entwickelt werden konnte, die schnell hätte eingesetzt werden können und sich den unregelmäßigen Formen der in nicht-widerstandsfähiger Kohle gebohrten Löcher angepaßt hätte.

2.4 Gesamtindex : Auswürfe beim Einbringen großer Entspannungsbohrungen

Große Entspannungsbohrungen hatten ursprünglich nicht den Zweck, die Neigung der Vorkommen zu GA festzustellen, sondern sie sollten nur GA verhüten.

Bei vielen Bohrungen konnte jedoch festgestellt werden, daß die beim Einbringen der Bohrungen ausgeworfene Kohlenmenge im direkten Zusammenhang mit der Neigung der behandelten Grubenfelder zu GA stand.

Bei Löchern von 115 mm Durchmesser belief sich die ausgeworfene Menge in den stark zu GA neigenden Vorkommen des 3. Flözes Ricard und des Flözes IX ter von Molières auf 85 Liter Kohle je Meter Bohrloch.

Zur Zeit ist im Revier Cévennes anzunehmen, daß GB von 140 mm Durchmesser eine zuverlässige Beurteilung der Neigung eines Flözes zu GA ermöglichen. Dies ist zweifellos der Fall, weil die gleichzeitige Wechselwirkung der Spannungen, der Kohlenstruktur und der desorbierbaren Gasmenge durch das schnelle Eindringen des Bohrmeißels die gleichen Bedingungen schafft wie beim Fortschritt einer Streckenauffahrung im Flöz.

3. DIE FERNANZEIGE VON GA

Wird das Ergebnis eines Erschütterungsschusses auf Entfernung angezeigt, dann ist bei der Besichtigung des Betriebspunktes nach dem Schießen eine größere Sicherheit gewährleistet. Die Fernanzeige ermöglicht, daß ein von einem GA betroffener Sektor mit Vorrang kontrolliert wird, so daß auch die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen schnell getroffen werden können.

Der Kontakt zwischen dem kontrollierenden Beamten und über Tage wurde durch die Entwicklung einer eigensicheren Empfangs- und Sendeanlage, Erassi genannt, beträchtlich verbessert, die eine direkte Sprechverbindung ermöglicht.

3.1 Seismische Messungen nach dem Schießen

Die für die Kontrolle der seismischen Erschütterung nach dem Schießen benutzte Apparatur dient zur Fernanzeige von GA.

In den Revieren Cévennes und Dauphiné konnten unterschiedslos alle GA, Gebirgsschläge oder Einstürze, die durch einen Schuß ausgelöst wurden, dessen seismische Erschütterung kontrolliert worden war, in größerer Entfernung angezeigt werden.

Es wurden allerdings nicht angezeigt :

- einige Bläser — oder starke Ausgasungen nach dem Schießen ohne anormalen Auswurf von festen Stoffen ;
- einige verzögerte GA, da die seismische Erschütterung nach dem Schießen nicht länger als 60 Sekunden kontrolliert wird.

Die letzterwähnte Ausnahme wirft das Problem der ununterbrochenen seismischen Überwachung von Betriebspunkten auf, das wir weiter unten erörtern werden.

Um die Fernanzeige von GA und auch die Kontrolle der seismischen Erschütterung nach dem Schießen zu verbessern, haben wir mit Erfolg eine Kontrollkette für seismische Erschütterungen niederer Frequenz gebaut und ausprobiert. Hierbei werden Geophone für Resonanzfrequenzen von 1 und 4,5 Hz verwendet, während die derzeit üblichen Geophone eine Resonanzfrequenz von 20 Hz aufweisen. Unser Gerät ist auf Abb. 5 dargestellt.

3.2 Grubengasfernmessung nach dem Schießen

Die Kontrolle der Schlagwetterführung nach dem Schießen hat den Vorteil, daß selbst Bläser aus größerer Entfernung entdeckt werden können ; sie wird nur bei plötzlichen Methanausbrüchen angewandt. Die Tatsache, daß die Spürköpfe z.Z. bei hohen CH₄-Gehalten noch unzusammenhängende Angaben liefern können, macht die Fernanzeige von GA durch Grubengasfernmessung manchmal unzuverlässig. Sie ist jedoch eine so wichtige Ergänzung zur Fernanzeige durch Seismik, daß der Einsatz von Grubengasfernmeßzentralen mit angemessenem Meßintervall in den zu GA neigenden Gruben unbedingt zu empfehlen ist, um — abgesehen von der Kontrolle am Betriebspunkt — auch eine Kontrolle darüber zu gewährleisten, daß die sich bei einem GA entwickelnde Grubengaswolke auch tatsächlich abgeführt wird.

4. ERMITTLUNG VON WARNZEICHEN FÜR GA

In diesem Forschungsbereich haben die Ergebnisse am meisten enttäuscht. Wir haben noch kein zuverlässiges Warnzeichen für einen drohenden GA gefunden.

Was den Δp -Index und den V_1 -Index betrifft, so ist anzunehmen, daß der Mißerfolg z.T. auf die ungenügende Tiefe der Probenahmen zurückzuführen ist. Wir suchen noch eine Lösung für dieses Problem.

Das ständige Abhören der Gebirgsgeräusche ist z.Z. das einzige Verfahren, das eine Lösung bringen könnte.

Wir haben spezielle Abhörgeräte, die allerdings nicht eigensicher sind, konstruiert, die befriedigend funktionieren. Aber das Problem der Ausschaltung der Nebengeräusche der Betriebspunkte wurde noch nicht angegangen. Bekanntlich ist dies der springende Punkt.

Abgesehen von der Ermittlung eines Warnzeichens im strikten Sinne dürfte aber der Erforschung der örtlichen Tektonik auf kurze Entfernung für die genauere Lokalisierung der GA-Gefahr eine gewisse Bedeutung beigemessen werden müssen.

Nachstehende Einflußgrößen sind für die Lokalisierung der GA von Bedeutung :

- Erneute Zunahme der Flözmächtigkeit nach Verdrückungen,
- Vorrichtungsbetriebe in „Rosenkranzlagerung“,
- Durchhieb von Störungen oder Verwürfen,
- Unter- oder Überfahrung oder -bauung von Restkohlenpfeilern,
- plötzliche Zunahme des Einfallens.

Der Umfang dieses Problems geht weit über den Rahmen der Untersuchung der GA hinaus : unseres Wissens gibt es z.Z. noch kein befriedigendes Verfahren für die Lösung dieses Problems.

5. DER ZEITLICHE EINTRITT DES GA

Auf diesem Gebiet ist die Notwendigkeit, über eigensichere Meß- und Schnell-schreibgeräte zu verfügen, ein ernstes Hindernis für die Weiterführung der Untersuchung. Wir haben zwei eigene Geräte konstruiert, die auf der Weiterleitung des Meßsignals zum Zweck der Registrierung nach über Tage beruhen. Mit dem einen wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Grubengaswolke nach dem GA gemessen ; mit dem anderen wird die Konvergenz und die innere Ausdehnung des Gebirges in dem Augenblick untersucht, in dem sich die seismische Erschütterung nach dem Schießen äußert und gegebenenfalls unmittelbar vor dem verursachten GA.

Die zeitliche Folge der mit einem GA zusammenhängenden Vorgänge wurde jedoch in folgenden Punkten präzisiert :

1. Die Wetterprobenehmer haben gezeigt, daß die ersten Gasaustritte nach dem Schießen und die ersten Auswürfe eines GA von Kohle in einem zu GA neigenden Vorkommen, obgleich sie räumlich und zeitlich begrenzt waren, weniger als 50 Millisekunden nach dem Schuß bereits eine Entfernung von 10 Meter vom Stoß erreicht hatten. Das von den Geophonen in Form der seismischen Erschütterung nach dem Schießen aufgenommene Beben des Gebirges hängt damit zusammen, daß das Gebirge nach der Auslösung dieser Auswürfe und Ausbrüche wieder ins Gleichgewicht kommt. Der eigentliche GA ist dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorgänge sich viel stärker auswirken.

2. Durch die Anzeige mehrerer in unterschiedlichem Abstand vom Stoß aufgestellter Grubengasmesser konnten die Durchschnittsgeschwindigkeiten von Grubengaswolken mit Gehalten zwischen 2 und 3 % wie folgt ermittelt werden :

- 0,4 m/Sek. auf den ersten 120 Metern eines Aufhauens in einem Flöz von 0,80 Meter Mächtigkeit (GA von 15 t),

- 6,6 m/Sek. auf den ersten 230 Metern eines Abhauens von 10 m² Querschnitt in mächtigem Flöz (GA von 250 t),
- 1,80 m/Sek. auf den ersten 160 Metern wetterabwärts während eines GA von 70 bis 100 t im Streb eines Flözes von 0,80 Meter Mächtigkeit,
- 2,75 m/Sek. auf den ersten 280 Metern eines Abhauens von 8 m² Querschnitt in mächtigem Flöz (GA von 68 Tonnen).

Weitere Versuche, die Fortschrittsgeschwindigkeit mit einer eigens für unsere Untersuchungen konstruierten Vorrichtung, die auch ein eigensicheres Magnetophon umfaßt, zu messen, sind noch nicht zum Abschluß gebracht worden.

6. NEUE VERHÜTUNGSVERFAHREN

Folgende Forschungsziele wurden angestrebt :

- Einerseits die mechanische Gewinnung in den zu GA neigenden Streben zu ermöglichen und damit die Leistung und ebenfalls die Qualität der verkaufsfähigen Kohlen zu verbessern, wobei gleichzeitig auch die Organisation der Betriebspunkte elastischer gestaltet werden sollte.
- Andererseits den Fortschritt der Ausrichtungs- und Vorrichtungsarbeiten in Kohle und Gestein durch Vermeidung der durch das Drohen von GA verursachten Verzögerungen zu beschleunigen.
- Schließlich günstige Bedingungen für eine verstärkte Elektrifizierung zu schaffen.

Das Verfahren der großen Entspannungsbohrungen wurde im Revier Cévennes in größerem Maßstab eingeführt und hat zu ausgezeichneten Ergebnissen geführt :

- beim Vortrieb von Flözstrecken,
- im Streb,
- beim querschlägigen Durchhörtern von Flözen.

Nähere Einzelheiten sind aus den Veröffentlichungen des Leiters der Abteilung für GA der Houillères du Bassin des Cévennes, Herrn Brouat, zu entnehmen (Literatur 7). Zu den wichtigsten Punkten möchten wir folgendes feststellen :

- Die GB werden im Flöz etwa 20 Meter tief gebohrt, und zwar mit einem Durchmesser von 115 mm oder von 140 mm, je nachdem ob sie im Streb oder in der Vorrichtung eingebracht werden. Gleichzeitig mit dem Bohren wird im Streb Luft und Wasser eingepreßt und in allen anderen Fällen lediglich Wasser, so daß zu der eigentlichen Wirkung der GB noch ein gewisser Unterwaschungseffekt hinzukommt.
- Im Streb beträgt der Bohrabstand je nach der Mächtigkeit des Flözes und nach der Neigung des Vorkommens zu GA 2,50 Meter bis 4 Meter.
- In der Strecke geht ihr Einwirkungsbereich weit über den Querschnitt der Strecke hinaus.
- In der Strecke wie im Streb hat der bereits erwähnte entgaste „Schutzriegel“, der vor dem Stoß erhalten bleiben muß, eine Mindeststärke von 5 Meter.
- Im Streb ist der gleichzeitige Einsatz von zwei Bohrmaschinen am gleichen Betriebspunkt nur erlaubt, wenn eine Signalanlage vorhanden ist, die die wetteraufwärts arbeitende Kolonne mit der wetterabwärts eingesetzten Kolonne verbindet. Außerdem muß der Grubengasgehalt unterhalb der wetteraufwärts stehenden Bohrmaschine ständig durch Grubengasfernmessung kontrolliert werden und muß die Bedienung an der wetterabwärts stehenden Bohrmaschine mit sofort betriebsbereiten Atemgeräten vom Typ Fenzy 63 ausgerüstet sein, mit denen sich ein Arbeiter 25 Minuten schützen kann.

In einigen Grubenfeldern, in denen es sich nach der Anwendung des Verhütungsverfahrens mit GB und nach verschiedenen Kontrollen herausgestellt hat, daß die Gefahr von GA sehr gering war, konnten die GB durch große Kontrollbohrungen ersetzt werden. Diese werden zwar mit dem gleichen Durchmesser wie die GB, aber mit den größeren Bohrabständen von 12 Metern eingebracht. Wird gleichzeitig der Δp -Index am Bohrklein systematisch untersucht, kann man sich vergewissern, daß die anstehende Kohle vor dem Stoß nicht zu GA neigt und daß auch keine unvorhergesehene tektonische Störung vorliegt.

7. DIE KONTROLLE DER WIRKSAMKEIT VON VERHÜTUNGSMASSNAHMEN

Die Kontrolle einer Verhütungsmaßnahme ist gleichbedeutend mit der Feststellung, daß im Gebirge nach ihrer Anwendung die Gefahr von GA nicht mehr besteht. Wir haben daher bei diesen Kontrollen einige der Tests angewandt, die für die Einstufung der Grubenfelder nach der GA-Gefahr entwickelt wurden. Nachstehend einige im Revier Cévennes erzielte praktische Ergebnisse :

7.1 Tests bei Schießarbeit

Die Durchführung dieser Tests setzt voraus, daß das Schießen noch nach der Durchführung der Verhütungsmaßnahme abgetan wird. Nun ist aber die Abschaffung des Schießens im Streb ja gerade das beim Einbringen von GB angestrebte Ziel. Diese Tests werden also nicht allgemein angewandt. Sie kamen vor allem für Vorrichtungsbetriebe in Betracht.

7.1.1 SEISMISCHE ERSCHÜTTERUNG NACH DEM SCHIESSEN

Die Entspannung - ob durch Schutzflöz oder durch Entspannungsbohrungen oder sehr örtlich durch den GA bewirkt - verursacht eine beträchtliche Verminderung oder das Aufhören der seismischen Erschütterung. Wird die seismische Erschütterung geringer als 4 %, dann ist das Verhütungsverfahren als wirksam zu betrachten.

7.1.2 SCHLAGWETTERFÜHRUNG NACH DEM SCHIESSEN

Die Entspannung - ob durch Schutzflöz oder durch GB verursacht - führt zum Verschwinden der hohen V_{30} -Indizes. Sinken 95 % der V_{30} -Indizes unter $4 \text{ m}^3/\text{t}$ ab, dann ist das Verfahren als wirksam zu betrachten.

7.2 Tests ohne Schießarbeit

7.2.1 SCHLAGWETTERFÜHRUNG EINES BETRIEBSPUNKTES

Die Wirksamkeit einer Verhütungsmaßnahme im Streb kann sich global durch das Aufhören des anormalen Ansteigens des Gasgehaltes äußern, das gewöhnlich auf jeden „Zwischenfall“ folgt : GA-Gebirgsschlag (Abb. 6), und durch eine merkliche Änderung des täglichen Ausgasungszyklus, z.B. durch den Übergang eines Teiles der Ausgasung von der Abbauphase zur Phase des Einbringens von GB (Abb. 7). Sie kann durch Registrierung der Gasgehalte im Ausziehstrom eines Strebs in kurzen Zeitabständen kontrolliert werden. Obgleich diese Kontrolle nachträglich vorgenommen wird, ist sie doch von großer Bedeutung.

7.2.2 DESORPTIONSINDEX V_1 UND GASINHALT

Systematische Kontrollen des V_1 -Index, die in 3 m Tiefe in einem Streb mit 1 m Flözmächtigkeit, in dem große Entspannungsbohrungen von 140 mm Durchmesser eingebracht waren, vorgenommen wurden, berechtigten uns zu folgenden Feststellungen :

1. Um jeden Zwischenfall im reaktionsstärksten Teil des Strebs auszuschalten, mußte der zunächst auf 3,85 m festgesetzte Bohrabstand zwischen den GB auf 3 m und dann auf 2,50 m vermindert werden. Hieraus ergab sich ein gleichmäßiger Rückgang der V_1S ; als die Zwischenfälle aufhörten, ging dieser Wert auf unter $1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ zurück.

2. Der Wirkungsbereich eines GB von 140 mm Durchmesser lag zwischen 1,25 m und 1,60 m.

3. Wurde eine bestimmte Bohrlochtiefe überschritten, dann ging die Wirksamkeit der GB zurück. Bei der Festlegung der optimalen Länge von GB muß diese Tatsache also berücksichtigt werden.

Gleichzeitige Kontrollen des V_1 -Index und des Gasinhalts in 3 m Tiefe in einem Vorrichtungsbetrieb, die nacheinander mit und ohne GB durchgeführt wurden, berechtigten uns zu folgenden Feststellungen :

1. Die Entspannung durch GB bewirkte, daß der V_1 -Index schneller als der durchschnittliche Gasinhalt zurückging. Dies ist normal, da der periphere Gasinhalt der Körner, von dem V_1 abhängt, schneller zurückgeht als der durchschnittliche Inhalt.

2. Die Wirksamkeit der großen Bohrlöcher war gut, da der Wert V_1S in den normal behandelten Teilen unterhalb $1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ lag.

3. Der Wert V_1S überstieg $1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ nicht nur in den nichtbehandelten Teilen, sondern auch dann, wenn nach dem Einbringen der GB der Schutzriegel von 5 m nicht eingehalten wurde. Die GB waren dann zu weit voneinander entfernt. Durch Kontrolle der V_1 -Indizes und der Gasinhalte von Vorrichtungsbetrieben in 3 m Tiefe konnte die Wirkung der Entgasung durch den Abbau eines Schutzflözes in den drei folgenden Fällen ermittelt werden :

- Schutzflöz von 4,50 m Mächtigkeit, das vor $1 \frac{1}{2}$ Jahren 70 m tiefer abgebaut worden war ;
- Schutzflöz von 2,50 m Mächtigkeit, das vor $1 \frac{1}{2}$ Jahren 45 m höher abgebaut worden war ;
- Schutzflöz von 0,85 m Mächtigkeit, das vor mehr als 2 Jahren 25 m höher abgebaut worden war.

8. MATERIAL FÜR DIE VERSTÄRKTE ELEKTRIFIZIERUNG VON ZU GA NEIGENDEN GRUBEN

Zwei Ziele wurden verfolgt :

- Entwicklung von Stromunterbrechern für den Fall eines unvermuteten Ausbruchs von Grubengas im Anschluß an einen nicht absichtlich ausgelösten GA ;
- Entwicklung von Betriebsmitteln, die einerseits etwaige anormale mechanische Beanspruchungen bei GA aushalten können, andererseits aber bei unvermuteter Verschlechterung des Grubenklimas den Strom ohne Entzündungsgefahr abschalten können.

8.1 Stromunterbrecher

Ein einfaches Mittel, das sich beim Einsatz als sehr zweckmäßig erwiesen hat, ist die Aufstellung von Fallklappen in den Haupteinziehwegen, die normalerweise durch den Wetterstrom geneigt gehalten werden, aber senkrecht herunterfallen und den Strom im gesamten Untertagenetz unterbrechen, sobald ein starker GA einen Wetterstillstand oder eine Wetterumkehr bewirkt.

Beim Auffahren von Vorrichtungsbetrieben in zu GA neigenden Vorkommen wetteraufwärts einer teil-elektrifizierten Bauabteilung gelang es, das Hinströmen von Grubengas zu der unter Spannung stehenden elektrischen Anlage durch einen schnell auslösenden Wetteranalysator (Literatur 6) zu verhindern, dessen Ansprechzeit weniger als 2 Sekunden beträgt. Die Sicherheit dieses Gerätes im Untertageinsatz hat sich als ausgezeichnet erwiesen.

Um die Stromunterbrechung eines Netzes zu gewährleisten, in dem ein GA sehr schnell eine Panne auslösen könnte, wurde ein außerordentlich schnell arbeitender Stromunterbrecher, den wir als Detektor bezeichnen, entwickelt.

8.2 Betriebsmittel für zu GA neigende Gruben

Besonders widerstandsfähige elektrische Kabel, die gegen eine Folge von heftigen Schlägen durch doppelte Abschirmung geschützt sind, wurden unter Tage mit Erfolg erprobt.

Die Verbindung dieser Kabel mit den Betriebsmitteln wurde besonders genau untersucht.

Der parallelepipedische Käfigankermotor scheint wegen seiner außerordentlichen Robustheit die außergewöhnlichen Beanspruchungen aushalten zu können, die bei einem GA möglich sind.

9. SCHLUSSFOLGERUNGEN

In dem flachgelagerten, zu Methanausbrüchen neigenden Vorkommen des Reviers Cévennes kann die Einstufung der Grubenfelder nach der GA-Gefahr auf die Weise vorgenommen werden, daß die seismische Erschütterung nach dem Erschütterungsschießen registriert, der Δp -Index systematisch kontrolliert und örtlich genau festgelegt wird und daß beide Einflußgrößen gleichzeitig in Betracht gezogen werden.

Die Stärke der Auswürfe während des Einbringens von großen Bohrlöchern ist ein guter Gesamtindex, der aber voraussetzt, daß sogenannte Kontrollbohrungen eingebracht werden.

Andernfalls kann das Problem aber auch durch systematische Untersuchung des Desorptionsindex V_1 (vorausgesetzt, daß vorher die optimale Probenahmetiefe festgelegt werden kann) oder des die Schlagwetterführung nach dem Schießen in Vorrichtungsbetrieben kennzeichnenden V_{30} -Index in zweckdienlicher Weise gelöst werden.

Diese Ergebnisse konnten im stark geneigten Vorkommen noch nicht bestätigt werden, da auch die Schwerkraft anscheinend GA-ähnliche Vorgänge nach dem Schießen oder Kohlenauswürfe beim Einbringen von GB unter Bedingungen auslösen kann, die sich von denen unterscheiden, die beim Auftreten eines GA in flacher Lagerung vorliegen müssen. In diesem Fall scheint der Brüchigkeitsindex der Kohle untersucht werden zu müssen.

Die Fernanzeige von durch Schießarbeit ausgelösten GA wird in vollem Umfange gewährleistet durch die Registrierung der seismischen Erschütterung nach dem Schießen. Die Stärke des durch den GA ausgelösten Bebens ist der erste Anhaltspunkt für die Beurteilung der Stärke des GA selbst. Diese kann in zu Methanausbrüchen neigenden Vorkommen dadurch noch genauer ermittelt werden, daß auch die Grubengasgehalte der Wetter am Betriebspunkt und in den Ausziehwegen kontrolliert werden.

Die Durchführung von bei GA nach dem Schießen zu treffenden Vorsichtsmaßnahmen kann durch eine ständige Sprechverbindung zwischen dem die Betriebspunkte Inspizierenden und dem Tagesbetrieb sehr erleichtert werden.

Ein zuverlässiges und einfaches Warnzeichen für einen drohenden GA konnte bisher noch nicht ermittelt werden. Der Einfluß der örtlichen Tektonik, die häufig starke Streuung der verschiedenen Indizes, die Anpassungsunfähigkeit der Tiefen und der Probenahmeart sind die wahrscheinlichsten Gründe für diesen Mißerfolg. Allerdings ist das Problem vor allem deshalb schwierig zu lösen, weil es sich darum handelt, die „drohende Gefahr“ von GA vorauszusehen, die fast alle durch das Erschütterungsschießen ausgelöst werden.

Eine - allerdings nicht eigensichere - befriedigende Apparatur für das ständige Abhören des Gebirgsgeräusches ist zwar entwickelt worden, aber das Problem der Ausschaltung der Nebengeräusche des Betriebspunktes konnte bisher nur oberflächlich untersucht werden.

Das Absaugen von Wetterproben unmittelbar nach dem Schießen hat uns die Feststellung ermöglicht, daß die ersten Bläser in einem zu GA neigenden Vorkommen und die ersten, wenn auch geringen festen Auswürfe eines GA in einer Frist von weniger als 50 Millisekunden auftreten konnten. Sie gingen somit dem Beben voraus, das von den Geophonen als seismische Erschütterung nach dem Schießen oder als GA-Beben aufgenommen wurde.

Es wurden auch einige noch ungenaue Auskünfte über die Geschwindigkeit der nach dem GA in Vorrichtungsbetrieben und im Streb sich fortbewegenden Gaswolken gesammelt. Die Geschwindigkeit scheint sich auf einige Meter je Sekunde zu belaufen.

Ein neues Verhütungsverfahren wurde mit Erfolg auf die besonderen Bedingungen des Vorkommens von Cévennes sowohl im Streb als auch in Flözstrecken und bei der Durchörterung von Flözen abgestimmt. In den Revieren Dauphiné und Lothringen wurden erfolgversprechende Versuche durchgeführt. Das Verfahren besteht darin, daß Entspannungsbohrungen von 115 oder 140 mm Durchmesser nach einem auf die örtlichen Bedingungen abgestimmten Bohrraster eingebracht werden. Im Streb konnten die Erschütterungsschüsse abgeschafft und die Kohle mit Hobeln hereingewonnen werden. Hierdurch wurde sowohl die Leistung gesteigert als auch der Verkaufswert der geförderten Erzeugnisse erhöht. In Strecken und in Querschlägen konnten GA verhütet werden.

Eine Variante des Verfahrens, bei der große Kontrollbohrungen eingebracht werden, ermöglichte die Abschaffung des Erschütterungsschießens und die Einführung der Hobelarbeit auch in den leicht zu GA neigenden Bereichen bei vollster Gewährleistung der Grubensicherheit.

Auf diese Weise konnten 1964 im Revier Cévennes 80 % der Kohlenmenge, die früher in Streben erst nach der Durchführung des Erschütterungsschießens hereingewonnen wurde, ohne systematisches Erschütterungsschießen abgebaut werden.

Die Wirksamkeit der Verhütungsmaßnahmen ist an den Betriebspunkten mit Erschütterungsschießen durch den Rückgang der seismischen Erschütterung und des V_{30} -Index und an den anderen Betriebspunkten durch den Rückgang des V_1 -Index und des Gasinhalts der Kohle in Erscheinung getreten.

Die vorstehenden Schlußfolgerungen lassen den erzielten Fortschritt und die noch verbleibenden Lücken der Untersuchung erkennen. Sie zeigen demzufolge auch, was im Verlaufe der weiteren Forschungen noch zu tun bleibt.

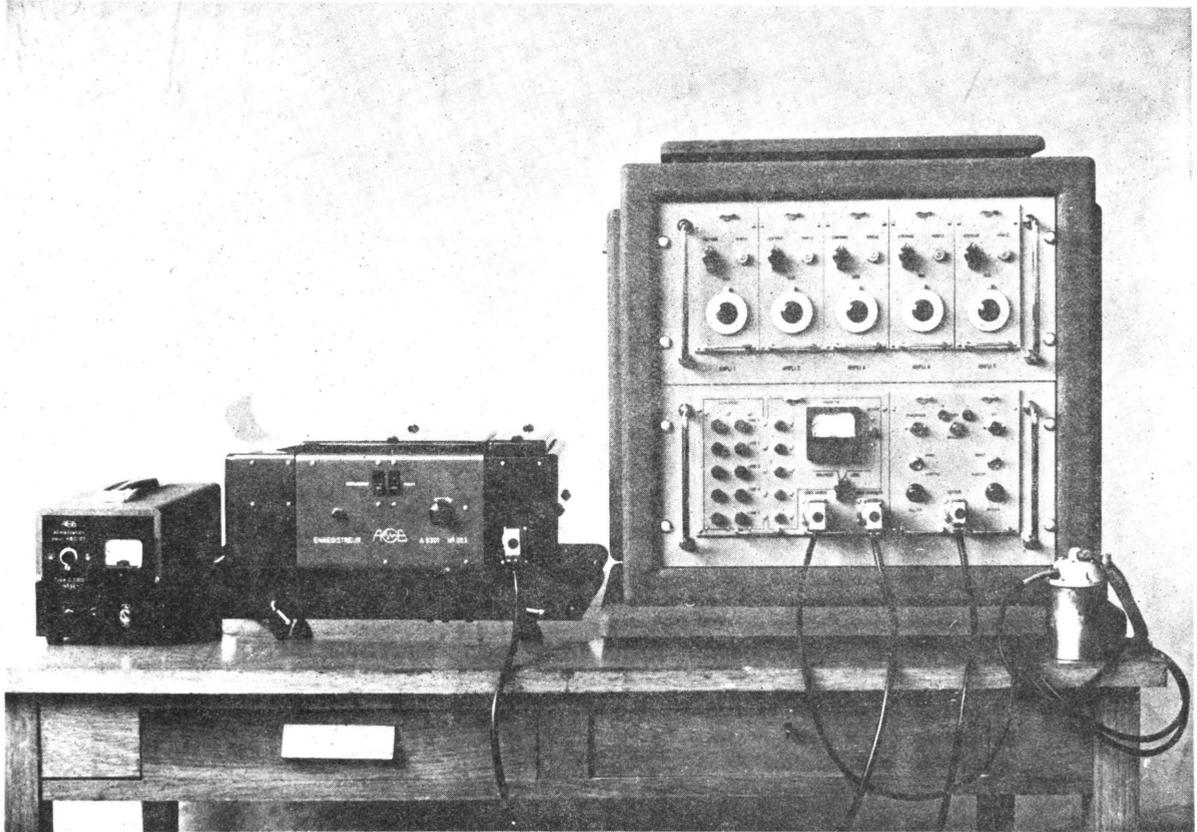
LITERATUR

- 1 — J. Gunther : Untersuchung über den Zusammenhang Gas-Kohle. *Revue de l'industrie minière*, Oktober 1965.
- 2 — M. Reinhard : Untersuchung über die Erschütterung des Gesteins beim Erschütterungsschießen und bei plötzlichen Gasausbrüchen mit Hilfe von geophysikalischen Methoden ; *Revue de l'industrie minière*, Februar 1955. — Die Verwendung von geophysikalischen Verfahren und der Grubengasfernmessertechnik zum Studium und Abbau einer Lagerstätte, die zu plötzlichen Gasausbrüchen neigt ; *Revue de l'industrie minière*, November 1956.
- 3 — M. Guglielmi : Die Verwendung eines geophysikalischen Verfahrens zur Untersuchung einer Kohlenlagerstätte, die zu plötzlichen Gasausbrüchen neigt, und zur Klärung des Risikos von allen Gasausbrüchen in der verdächtigen Lagerstätte ; *Revue de l'industrie minière*, November 1961.
- 4 — Primisler : Untersuchung der Feinrisse an Kohlen aus einem zu plötzlichen Gasausbrüchen neigenden Flöz ; *Problemi Roudnitchnoi Aérologi*, Moskau 1959.
- 5 — I.L. Ettinger, E.S. Joupakhina, L.E. Chterenberi : Verfahren zur Erkennung von zu plötzlichen Gasausbrüchen neigenden Zonen eines Steinkohlenflözes ; Zentralaussschuß zur Bekämpfung der plötzlichen Gasausbrüche, Moskau 1958.
- 6 — A. Monomakhoff : Grubengasmeßtechnik ; *Revue de l'industrie minière*, April 1962.
P. Belugou, M. de Vergeron, A. Monomakhoff : Beitrag zum Studium der Grubengasmeßtechnik ; *Revue de l'industrie minière*, Januar 1964.
- 7 — R. Brouat : Maßnahmen zur Verhütung von plötzlichen Gasausbrüchen beim Durchörtern von Flözen ; *Revue de l'industrie minière*, Mai 1963. — Die Verhütung von plötzlichen Gasausbrüchen mittels Entspannungsbohrungen großen Durchmessers. Die Durchörterung eines 10 m mächtigen Kohlenflözes aus dem Flözbündel von Fontaines (CO₂) ; *Revue de l'industrie minière*, März 1962. — Die Verhütung von plötzlichen Grubengasausbrüchen bei den Houillères du Bassin des Cévennes durch das Einbringen von Entspannungsbohrflöchern ; *Revue de l'industrie minière*, Dezember 1963.

ANLAGE

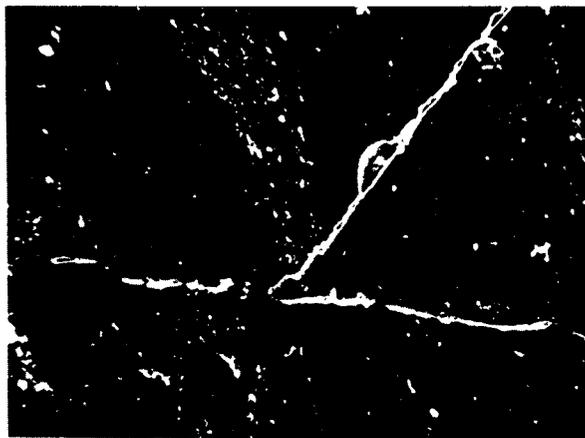
Verzeichnis der Abbildungen

- 1 — Das seismische Gerät SC
- 2 — Die Rißbildung an Kohlen
- 3 — Gerät zur Messung des Δp -Index der Desorptionsgeschwindigkeit
- 4 — Empfindlichkeitsgrenze bei der gleichzeitigen Festlegung von S % und ΔpS
- 5 — Seismisches Gerät mit Niederfrequenz
- 6 — H.B.C. Molières : CH_4 -Gehalte in der Wetterstrecke des Flözes VI Süd 17. Sohle
- 7 — H.B.C. Molières : Die Entwicklung der stündlichen Durchschnittsgehalte an CH_4 im abziehenden Wetterstrom

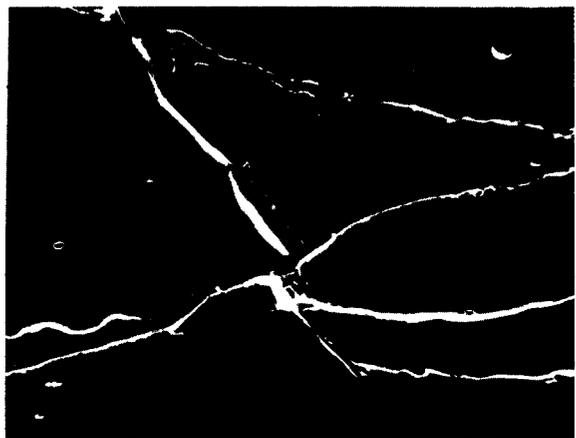


- Elektrodynamisches Geophon mit einer Resonanzfrequenz von 20 Hertz
- Speisung des Registriergeräts ACB
- Verstärkerblock mit fünf parallelen Kreisläufen
- Fotografisches Registriergerät ACB - Typ A 0301

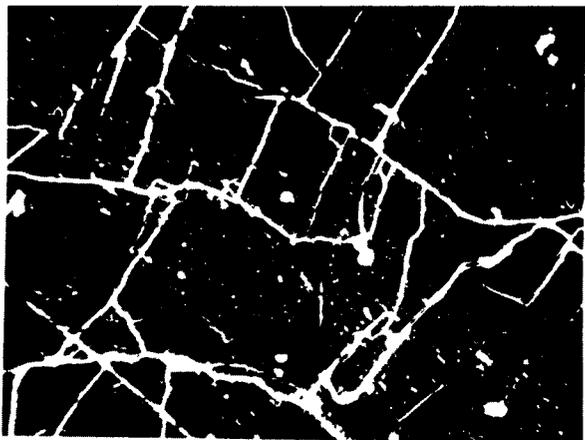
Abb. 1 : Das seismische Gerät SC



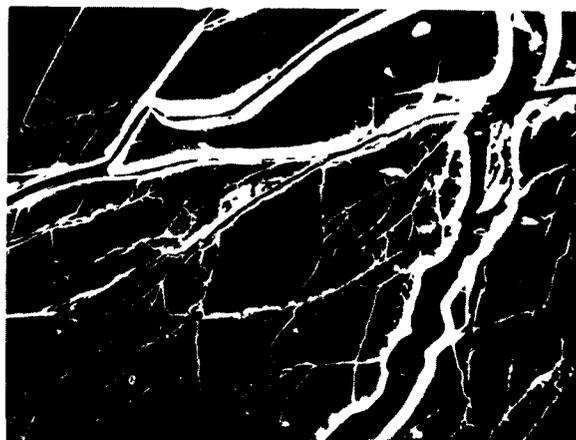
Classe 1 < 6,25 fissures/cm



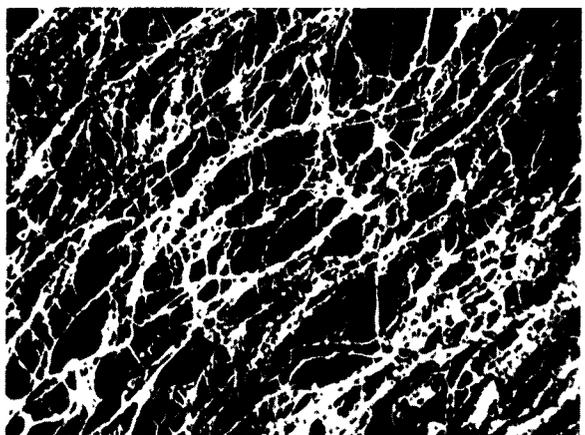
Classe 2 6,25 à 20 fissures/cm



Classe 3 20 à 71,4 fissures/cm



Classe 4 71,4 à 200 fissures/cm



Classe 5 200 à 1225 fissures/cm
0,5mm

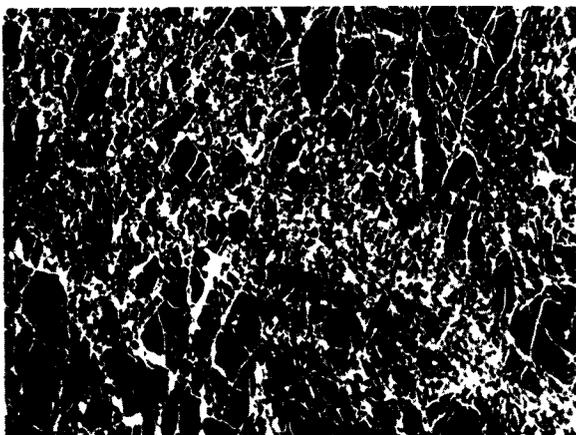


Abb. 2 : Caractéristique Kohlenproben mit zunehmender Rißbildung (Klasse 1 bis 5)

Pompe à vide	Vakuumpumpe
Tube 15/18	Rohr 15/18
Volume de la rampe	Volumen der Rampe
Volume des godets	Volumen der Meßgefäße
Manomètre	Manometer
Règle graduée	Druckmeßgerät
Echantillon	Probe

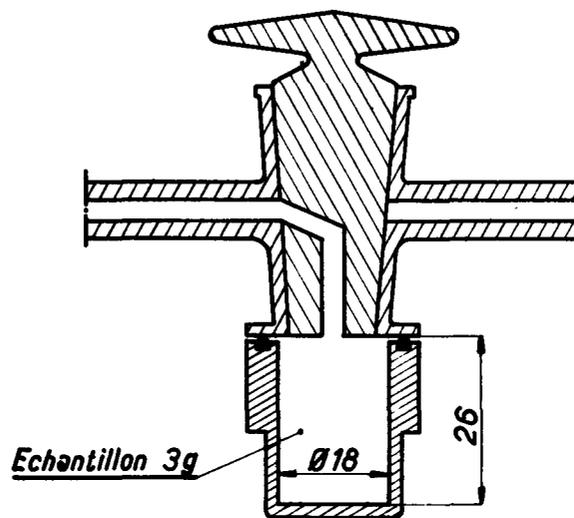
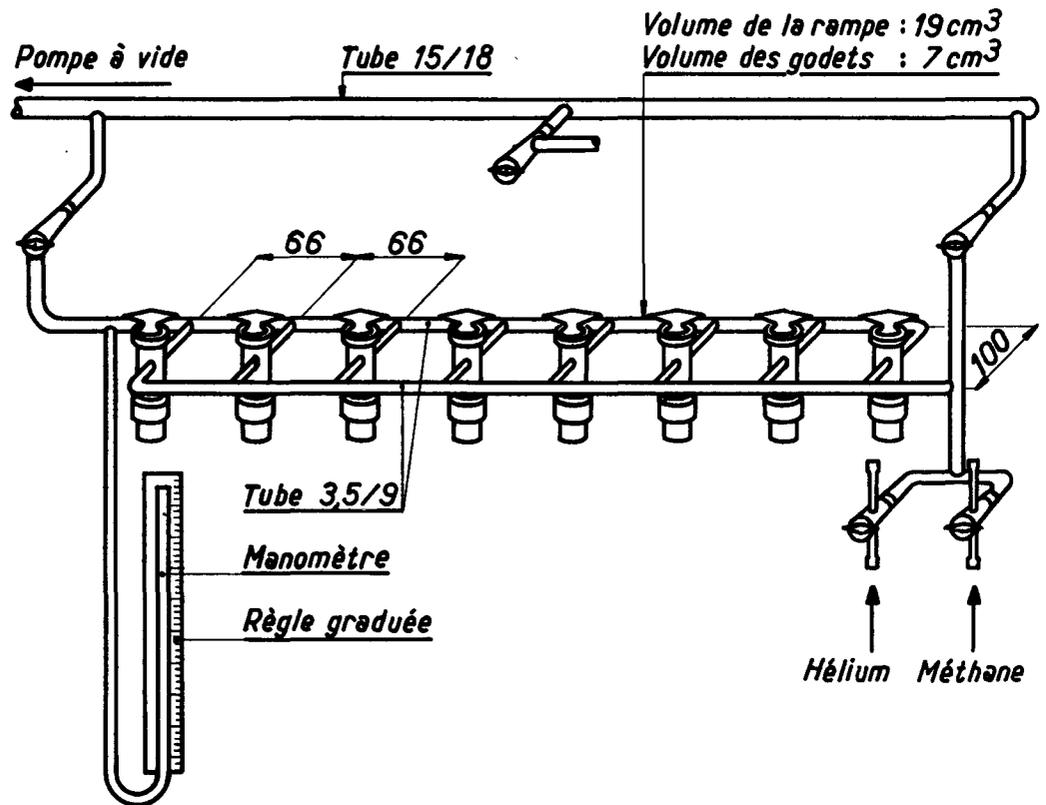


Abb. 3 : Gerät zur Messung des Δp -Index der Desorptionsgeschwindigkeit

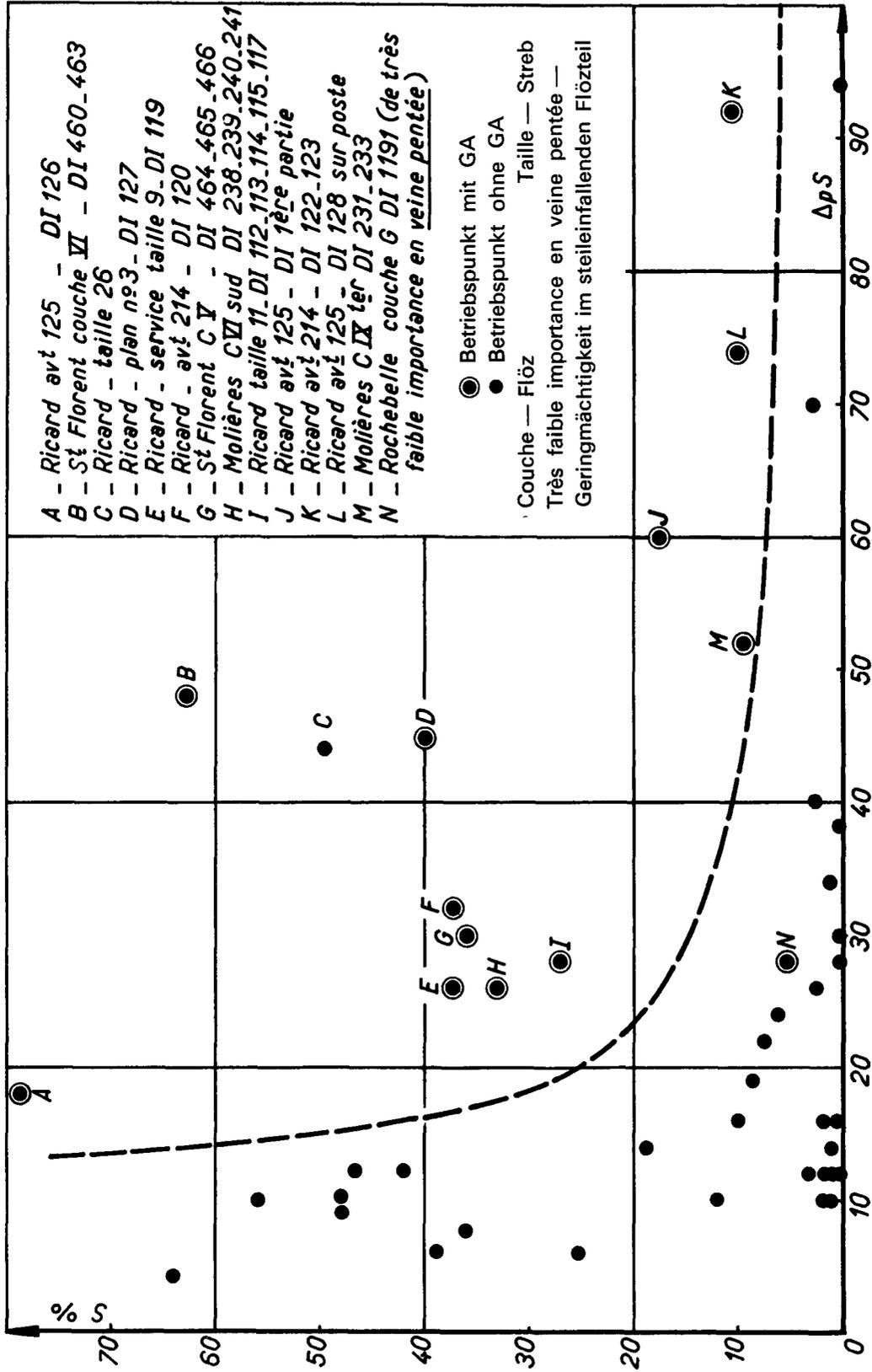


Abb. 4 : Empfindlichkeitsgrenze bei der gleichzeitigen Festlegung von S % und ΔpS

Boîtier contenant les géophones	Behälter mit Geophon
Entrée	Eingang
Sortie	Ausgang
Vers enregistreur ACB	Zum Registriergerät ACB
Boîte de jonction	Verbindungsbüchse
Réglage gain	Empfindlichkeitsregulierung
Vers Appareil SC	Zum Apparat SC
Circuits d'entrée	Eingangskreislauf
Équilibrage des lignes	Gleichgewichtsregulierung der Linien
Alimentation ALS 15	Speisung ALS 15
Préamplificateur PMC 15	Vorverstärker PMC 15
Réglage du zéro	Nullpunktregulierung
Amplificateur AMC 15	Verstärker AMC 15

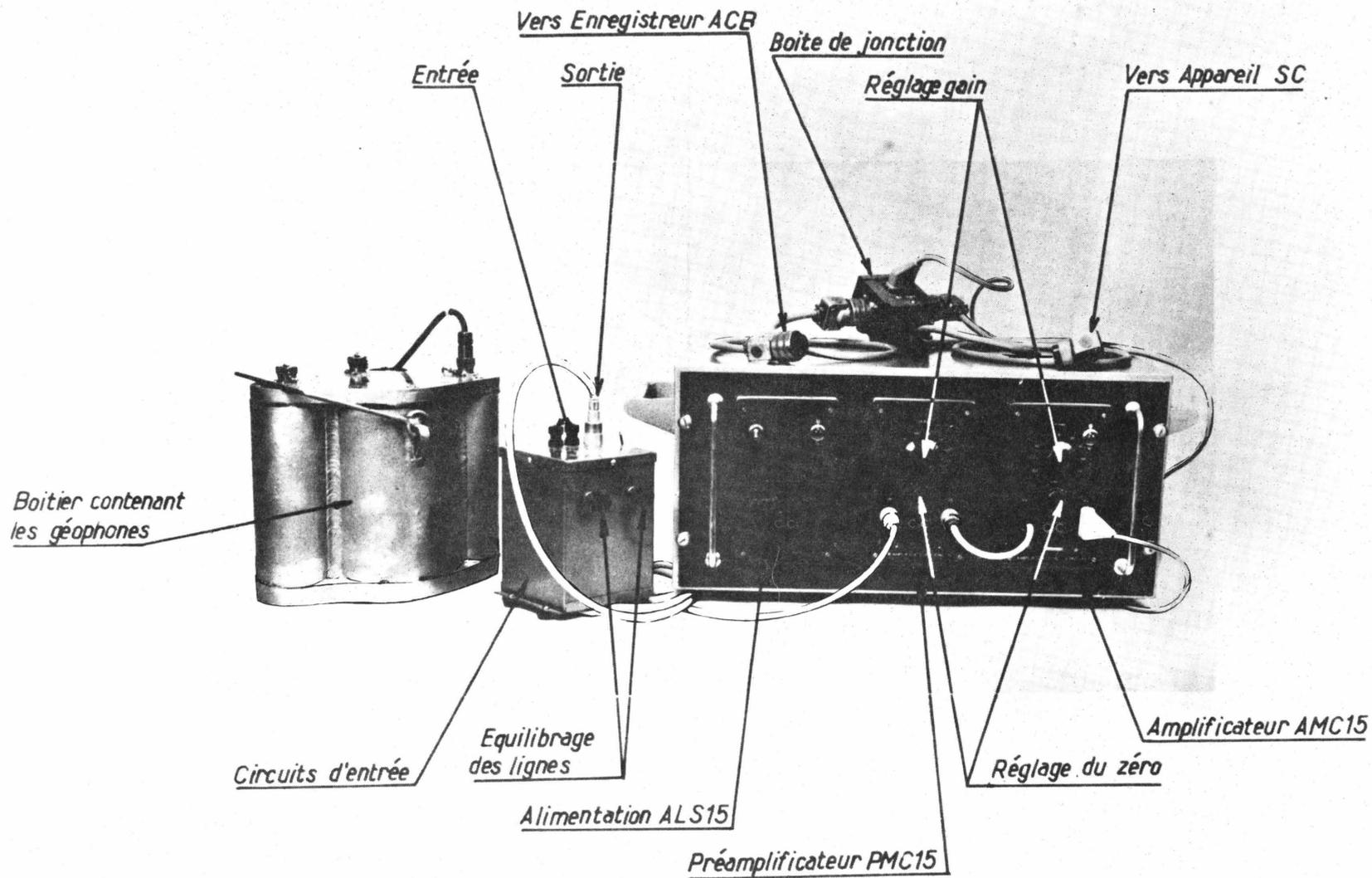


Abb. 5 : Seismisches Gerät mit Niederfrequenz

Tir (en taille)
Chargement
Foudroyage
Heures

Schießen (im Streb)
Laden
Zu-Bruch-Werfen des Hangenden
Stunden

Grubengasausbruch am 12.4.1963 mit 50 Tonnen ausgeworfener Kohle
im Gefolge des Erschütterungsschießens (Flözmächtigkeit 0,90 m)

Le 12/4/1963 D.I. sur tir de 50 tonnes (Veine de 0,90m d'ouverture)

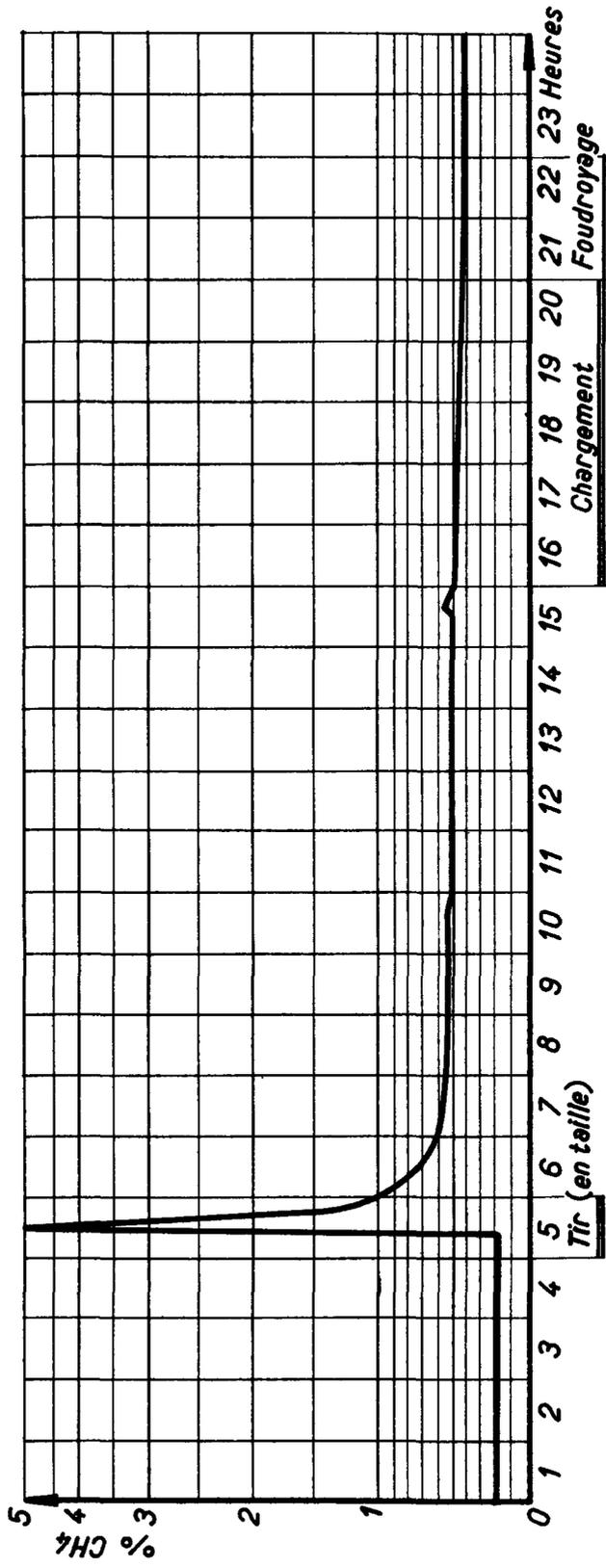


Abb. 6 : H.B.C. Molières — CH₄-Gehalte in der Wetterstrecke des Flözes VI Süd 17. Sohle

Molières taille couche VI Nord 18^e
avec gros trous de détente
Teneur en %
Rabotage et foudroyage

Foration de gros trous
Tir (niche)
Heures

Molières taille couche VI Sud 17^e
avec tir d'ébranlement
Tir (en taille)
Chargement
Foudroyage

Molières-Streb, Floz VI Nord 18. Sohle
mit großen Entspannungsbohrlöchern
Gehalt in %
Hobeln und Zu-Bruch-Fahren des
Hangenden
Bohren der Großbohrlöcher
Schießen (im Stall)
Stunden

Molières-Streb, Flöz VI Süd 17. Sohle
mit Erschütterungsschießen
Schießen (im Streb)
Laden
Zu-Bruch-Fahren des Hangenden

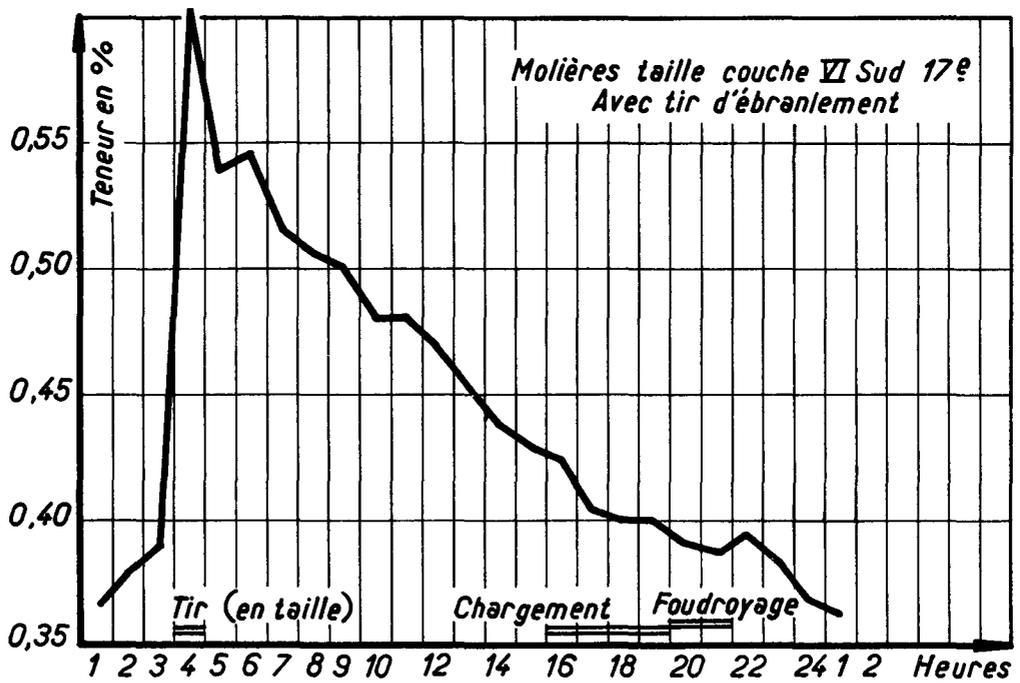
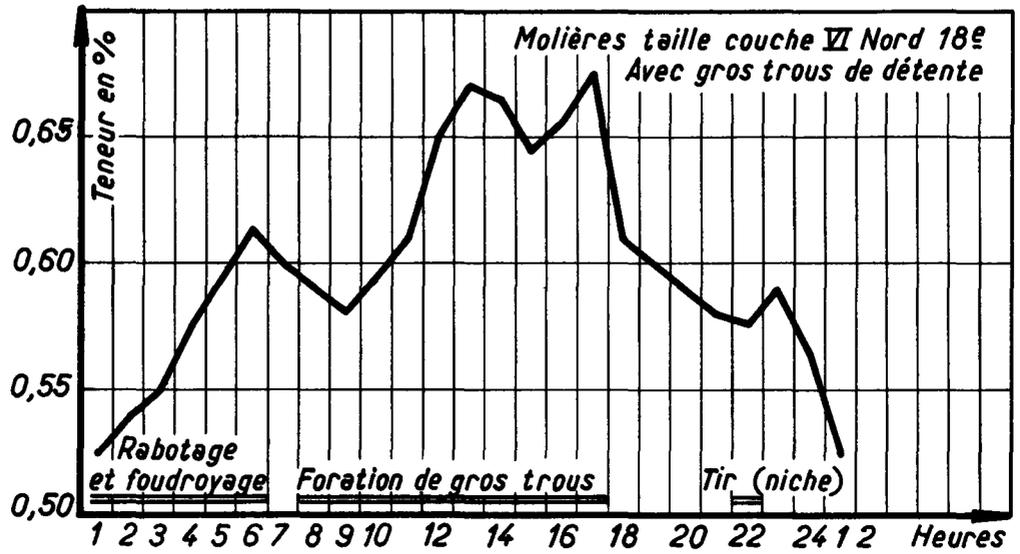


Abb. 7 : H.B.C. Molières — Die Entwicklung der stündlichen Durchschnittsgehalte an CH₄ im abziehenden Wetterstrom

**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

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

Zentralvertriebsbüro der Veröffentlichungen
der Europäischen Gemeinschaften

Luxemburg, Goethestraße 9

