

Exploration eines neuen Baufeldes im Grubenbetrieb des Steinsalzbergwerkes Braunschweig-Lüneburg der Kali und Salz AG

Klaus Ehrhardt

Kali und Salz A.G., Werk Braunschweig-Lüneburg, D-3312 Grasleben

ZUSAMMENFASSUNG

Im Grubenbetrieb des Steinsalzbergwerkes Braunschweig-Lüneburg wurde in den vergangenen 20 Jahren im wesentlichen im Bereich zwischen der 400- und 490 m Sohle Steinsalz mit hoher Reinheit abgebaut. Zur weiteren Zukunftssicherung des Werkes war es notwendig geworden, in den Jahren 1970 bis 1973 für die systematische Aufklärung eines neuen Baufeldes ein großräumiges Explorationsprogramm durchzuführen. Es wurden—im wesentlichen mit einem modernen vollhydraulischen Drehbohrgerät B 1 A der Firma Wirth + Co. KG, Erkelenz—76 Kernbohrungen mit insgesamt 21.568 Bohrmetern vorwiegend im Counterflush-Verfahren gestossen.

Dabei wurden Bohrleistungen bis zu 80 Bohrmeter/Maschinenschicht ohne Kernverlust erreicht. Bedingt durch Unregelmässigkeiten der Lagerstätte und das häufige Anbohren von Gas musste der Bohrplan, der 56 Bohrungen mit 19 800 Bohrmetern vorsah, öfters modifiziert werden.

Das angebohrte Gas, das bei Drücken bis zu 60 bar mit Mengen bis zu 5 m³/min aus den Bohrungen austrat, bestand im wesentlichen aus Stickstoff und Methan mit wechselnden Anteilen und machte bei der Durchführung der Bohrarbeit besondere Sicherheitsvorkehrungen notwendig. Es zeigte sich, dass der Gasnachschub bei allen Gasbohrungen endlich war, so dass durch systematisches Abbohren gasführender Horizonte eine Ausgasung des Explorationsgebietes durchgeführt werden konnte.

Mit dem Explorationsprogramm wurde eine Verbesserung des Aufklärungsgrades für weite Teile der Lagerstätte einschliesslich einer genauen Kenntnis der Basis- und Flankensituation erreicht. Darüber hinaus konnten bauwürdige Vorräte in Höhe von 23 Mio. t Steinsalz nachgewiesen werden, von denen 4 Mio. t für den unmittelbaren Abbau in einem Baufeld unterhalb der bisherigen Hauptfördersohle aufgeschlossen wurden. Der Aufschluß erfolgte über einen Bandberg vom Hauptförderschacht aus.

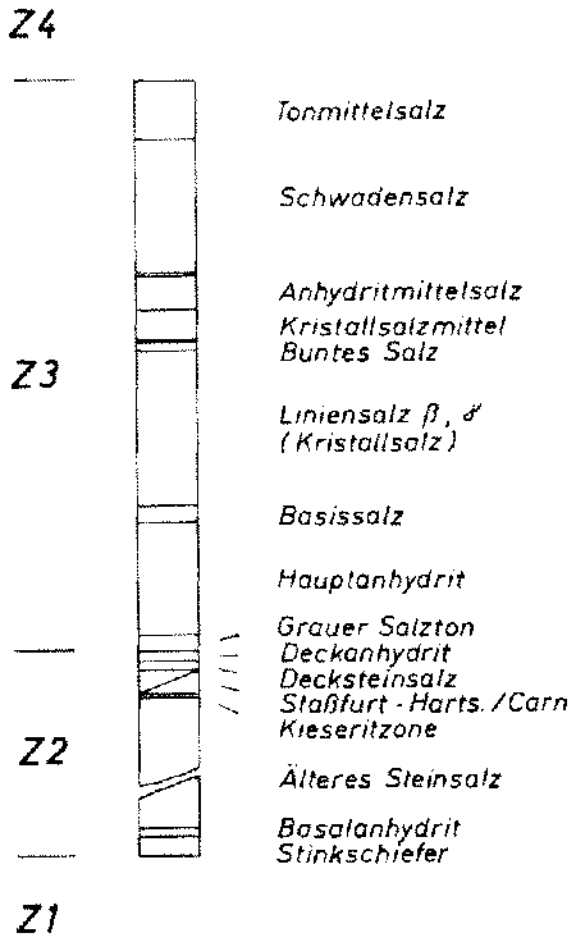
Die Förderung aus dem neu aufgeschlossenen Baufeld wurde im April 1976 aufgenommen.

EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Das Werk Braunschweig-Lüneburg der Kali und Salz AG in Grasleben bei Helmstedt baut im Liniensalzhorizont des Zechstein 3 (Leine-Serie) ein sehr reines Steinsalz mit einem durchschnittlichen NaCl-Gehalt von ca. 99% ab (Fig. 1). Die Lagerstätte erstreckt sich entlang der Allertal-Grabenzone über eine Länge von ca. 40 km bei einer durchschnittlichen Breite von 2 km im herzynischen

Streichen von SO nach NW bis in die Nähe von Wolfsburg (Fig. 2).

Der Abbau erfolgte im Grubenbetrieb des Werkes in den vergangenen 20 Jahren im wesentlichen auf der NO-Flanke der Lagerstätte im Bereich zwischen der 400- und 490 m Sohle in einer Entfernung von bis zu 1,5 km vom Hauptförderschacht in Grasleben. Die Vorräte der SW-Flanke, auf der der Hauptförderschacht steht, waren bereits vorher abgebaut worden.



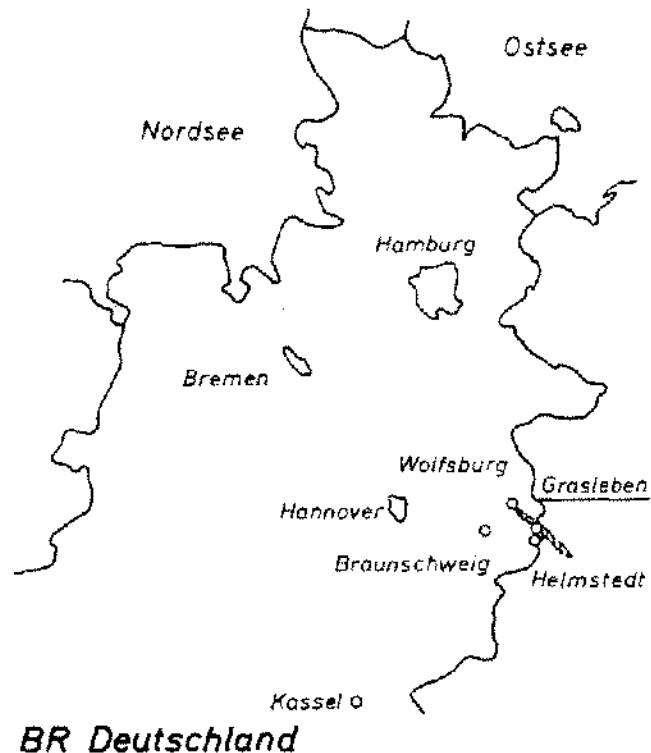
Figur 1. Zechsteinstratigraphie des Werkes Braunschweig-Lüneburg der Kali und Salz AG.

Zur weiteren Zukunftssicherung des Werkes, und um einen höheren Aufklärungsgrad der Lagerstätte zu erreichen, war es notwendig geworden, in den Jahren 1970–1973 ein großräumiges Explorationsprogramm durchzuführen, in dessen Folge der Aufschluß von Vorräten eines neuen Baufeldes zu stehen hatte.

BESONDERHEITEN DER LAGERSTÄTTE BRAUNSCHWEIG-LÜNEBURG

Zunächst möchte ich den Typus der Lagerstätte, auf der das Werk Braunschweig-Lüneburg baut, beschreiben (Fig. 3). Eine Besonderheit dieser Lagerstätte zeigt sich darin, daß die Salinarbasis bei einer Teufe von 750–800 m unter der Erdoberfläche ungewöhnlich hoch liegt. Im Gegensatz dazu haben hannoversche Diapire im allgemeinen ihre Basis in einer Teufe von 2000 bis 4000 m.

Die tektonisch stark beanspruchte Struktur zeigt unregelmäßig geformte Tauchmulden mit unterschiedlichem Tiefgang, die die produktive Salzschicht, das Liniensalz, (in der Fig. 3 mit Na3kr bezeichnet) enthalten. Während basisnah praktisch flache Lagerteile vorhanden sind, zeigen die Flanken der Mulden halbsteile und steile Lagerung.



Figur 2. Geografische Lage Graslebens und der Allertal-Grabenzone.

Erschwerend für die Explorationsarbeiten war der Umstand, daß der produktive Horizont mitunter durch genetisch bisher nicht restlos erklärbare Anhydritkörper, die vom Hauptanhydrit hochragen, unterbrochen wird.

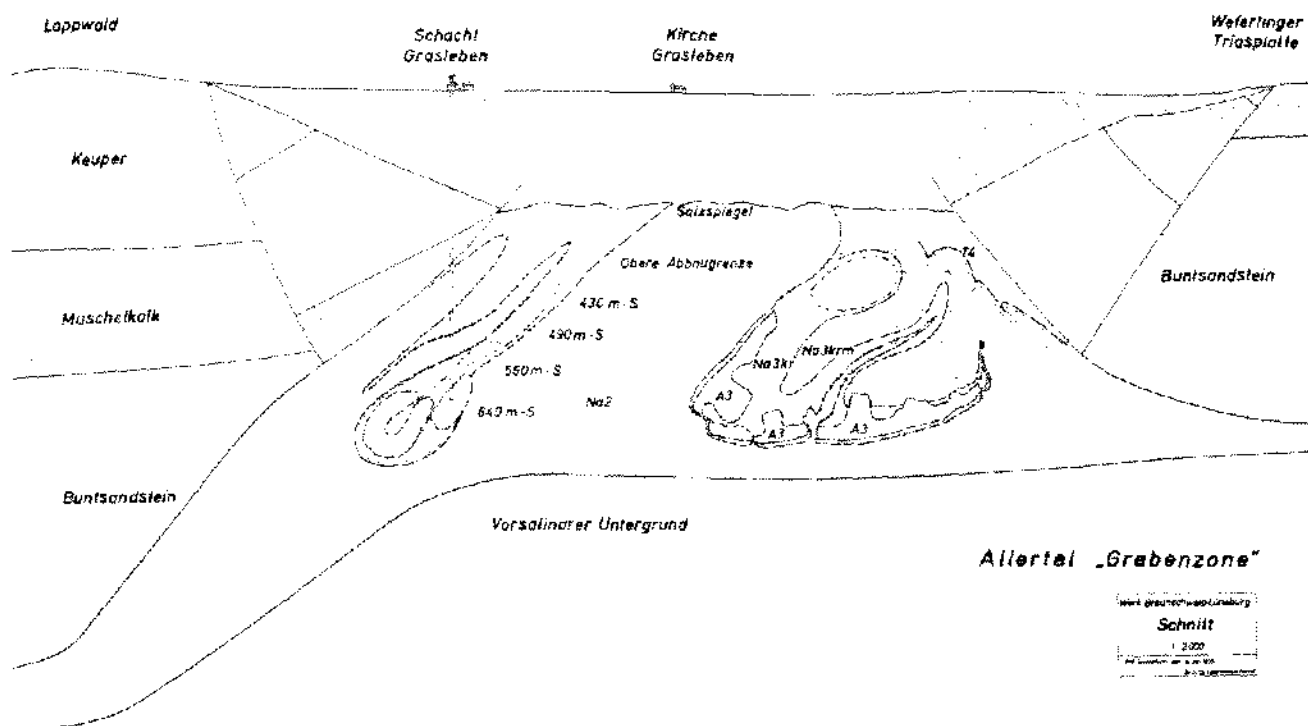
Daneben treten völlig unerwartet linsenförmige Anhydritkomplexe im Schichtgefüge auf, die beispielsweise die Deutung von Bohrergebnissen wesentlich komplizieren.

Der eine verhältnismäßig ruhige Lagerung bedingende Hauptanhydrit fehlt mitunter völlig, so daß sich Fließverfaltungen des Liniensalzes sowohl mit dem Älteren Steinsalz Na₂ als auch mit der Anhydritmittelzone ergeben, was einmal zu produktiven Anstauungen und in anderen Fällen zu unbauwürdigen Ausdünnungen des produktiven Salzes führt.

Alles in allem erlaubt diese unregelmässige Lagerstätte, im Gegensatz beispielsweise zu einem Salzstock mit Kulissenfaltung, kaum verbindliche Projektionen zur projektierten nächsttieferen Sohle mit der für bergmännische Planungen notwendigen Genauigkeit. Das Explorationsprogramm mußte also die gesonderte Untersuchung jeder einzelnen Muldenstruktur umfassen, was für die relativ große Zahl an Bohrungen bestimmend war.

AUFKLÄRUNG EINES NEUEN BAUFELDES MIT HILFE SYSTEMATISCHER BOHREXPLORATION

Das Bohrprogramm und seine technische Durchführung. Bereits Anfang 1970 sollten Untersuchungsbohrungen aus dem Abbaubereich heraus die unterhalb der



Figur 3. Geologischer Schnitt durch die Allertal-Grabenzone.

490 m Sohle vermuteten Vorräte im bisher produktivsten Lagerteil der NO-Flanke, im Lager 3, nachweisen, um aufgrund der zu erwartenden Ergebnisse die Planung eines tieferen Baufeldes mit einer neuen Hauptfördersohle und dessen Aufschluß in Angriff zu nehmen. Die Möglichkeit einer Ausdehnung des Grubengebäudes "in der Fläche" war wegen der Unkenntnis der Lagerausbildung in nord-westlicher Richtung zunächst nicht weiter verfolgt worden.

Ich muß an dieser Stelle zum besseren Verständnis darauf hinweisen, daß es sich bei der Bezeichnung "Lager 3" um eine werksübliche Unterteilung des bauwürdigen sehr reinen Liniensalzhorizontes in Verschiedene Lager bzw. Lagerteile handelt.

Als Bohrergerät stand eine Craelius-Bohrmaschine XH 90 mit Seilkern-Ausrüstung der Firma Longyear und NQ-Gestänge (Innen-Ø 60 mm) zur Verfügung. Gebohrt wurde wegen der zu erwartenden Wechsellagerung von Salz und Anhydrit mit einer Diamant-Bohrkrone mit Außen-Ø 80 mm.

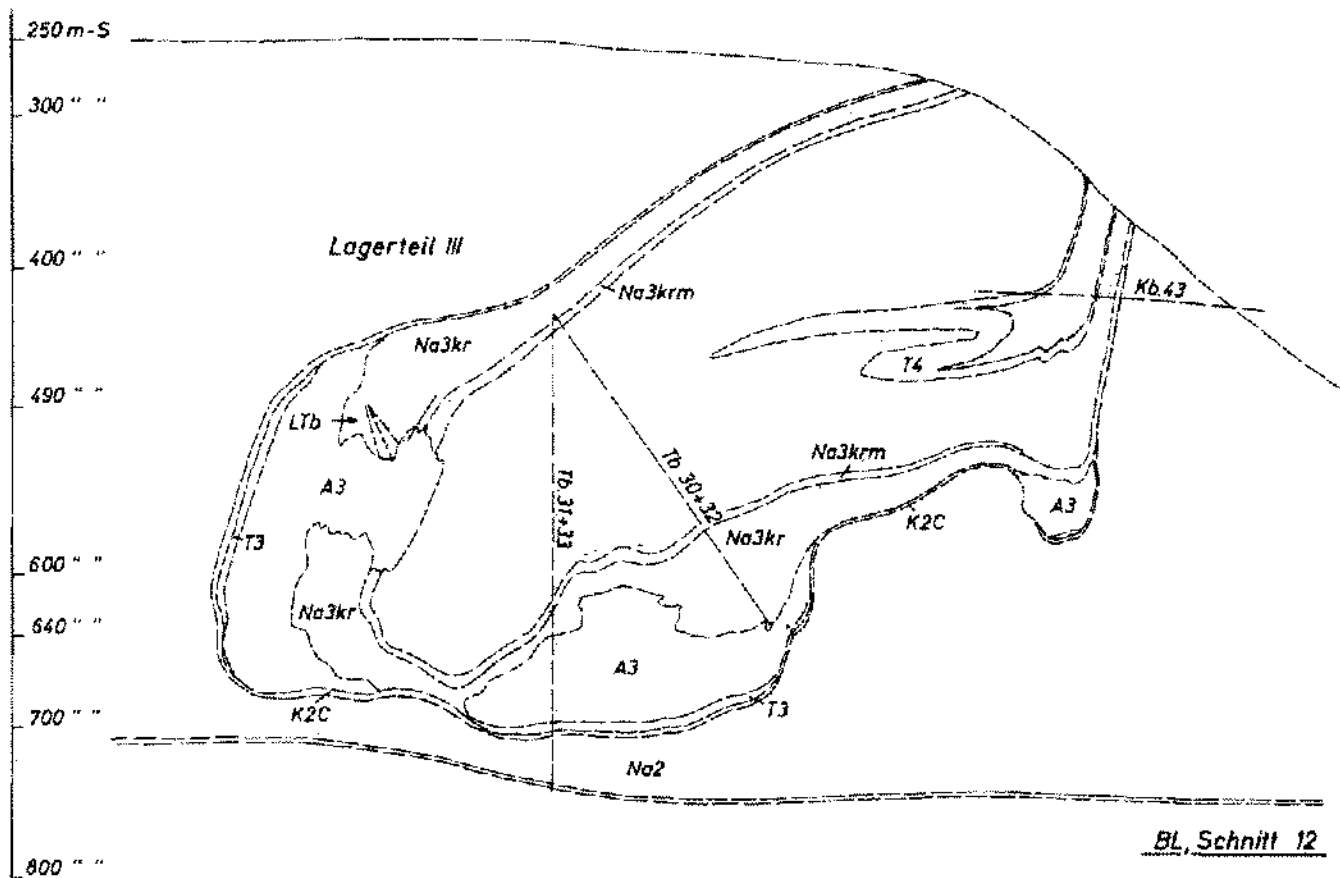
Es wurden zunächst 4 Kerntiefbohrungen (TB 30–TB 33) im nordwestlichen Teil des Lagers 3 gestossen (Fig. 4). Sie konnten das Lager 3 in seiner flachliegenden nordöstlichen Muldenflanke mit entsprechenden Vorräten nachweisen, brachten jedoch beim Anbohren von Anhydrit z. T. bedeutende Mengen an Gas, das im wesentlichen aus Stickstoff bestand mit von Bohrung zu Bohrung unterschiedlichen Anteilen an Methan. Ich werde auf das Thema Gas später noch zu sprechen kommen.

Zunächst führten jedoch die angetroffenen Gasmengen dazu, daß man die lokale Exploration im Bereich des nord-westlichen Teiles des Lagers 3 einstellte. Sie hatte keine befriedigenden Ergebnisse gebracht, die den Aufschluß einer tieferen Sohle in diesem Bereich der Lagerstätte rechtfertigte.

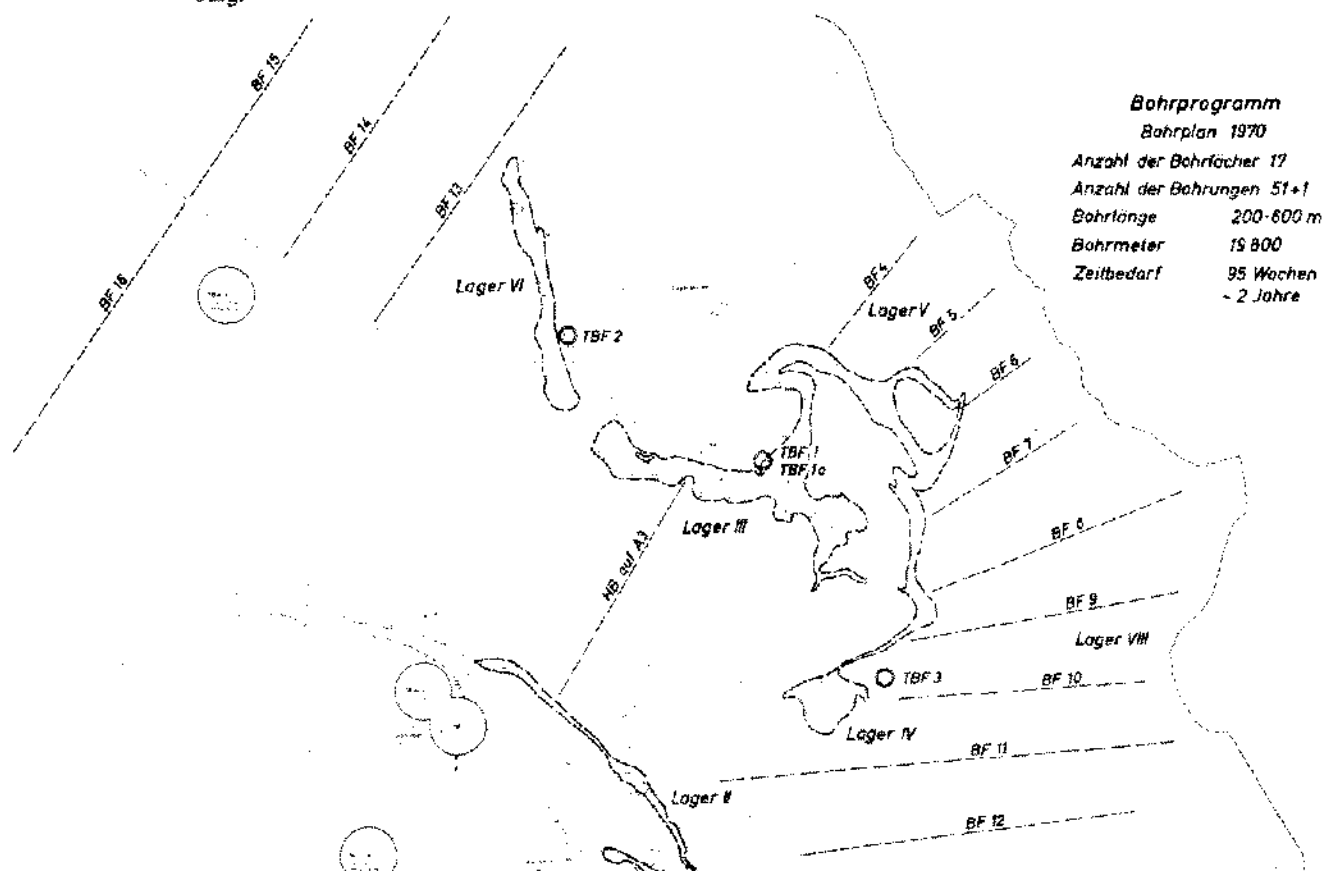
So wurde nunmehr ein umfangreiches und weitflächiges Bohrprogramm entwickelt, mit dem südlich der bereits gestossenen Bohrungen im Bereich der steilstehenden Südwestflanke des Lagerteiles 3 dessen Tiefgang genauer erkundet werden sollte (Tiefbohrfächer I und Ia) (Fig. 5). Außerdem waren Bohrungen in die vermuteten unterhalb der 490 m Sohle liegenden Teile des Lagers 4 (Tiefbohrfächer 3) sowie zur Erkundung des Lagerteiles 6 (Tiefbohrfächer 2) geplant.

Die der unmittelbaren Zukunftssicherung des Werkes dienenden Explorationsarbeiten sollten ergänzt werden durch ein umfassendes Untersuchungsbohrprogramm zur Aufklärung der gesamten Lagerstätte im Bereich der Nord-Ostflanke bis zur Markscheide, was einer streichenden Erstreckung des Explorationsgebietes von ca. 1,5 km entsprach. Die geplanten Bohrprofile, die jeweils mit einem Bohrtfächer, bestehend aus drei Bohrungen, abgebohrt werden sollten, sind aus dem Sohlenriß in Fig. 5 zu sehen. Insgesamt waren 52 Bohrungen mit zusammen 19 800 Bohrmetern geplant. Der Zeitbedarf dafür wurde mit rd. 2 Jahren ermittelt.

Die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführte Bohrtätigkeit



Figur 4. Geologischer Schnitt durch den Lagerteil 3 des Grubenbetriebes Braunschweig-Lüneburg.



Figur 5. Rißliche Darstellung des geplanten Bohrprogrammes im Grubenbetrieb Braunschweig-Lüneburg.

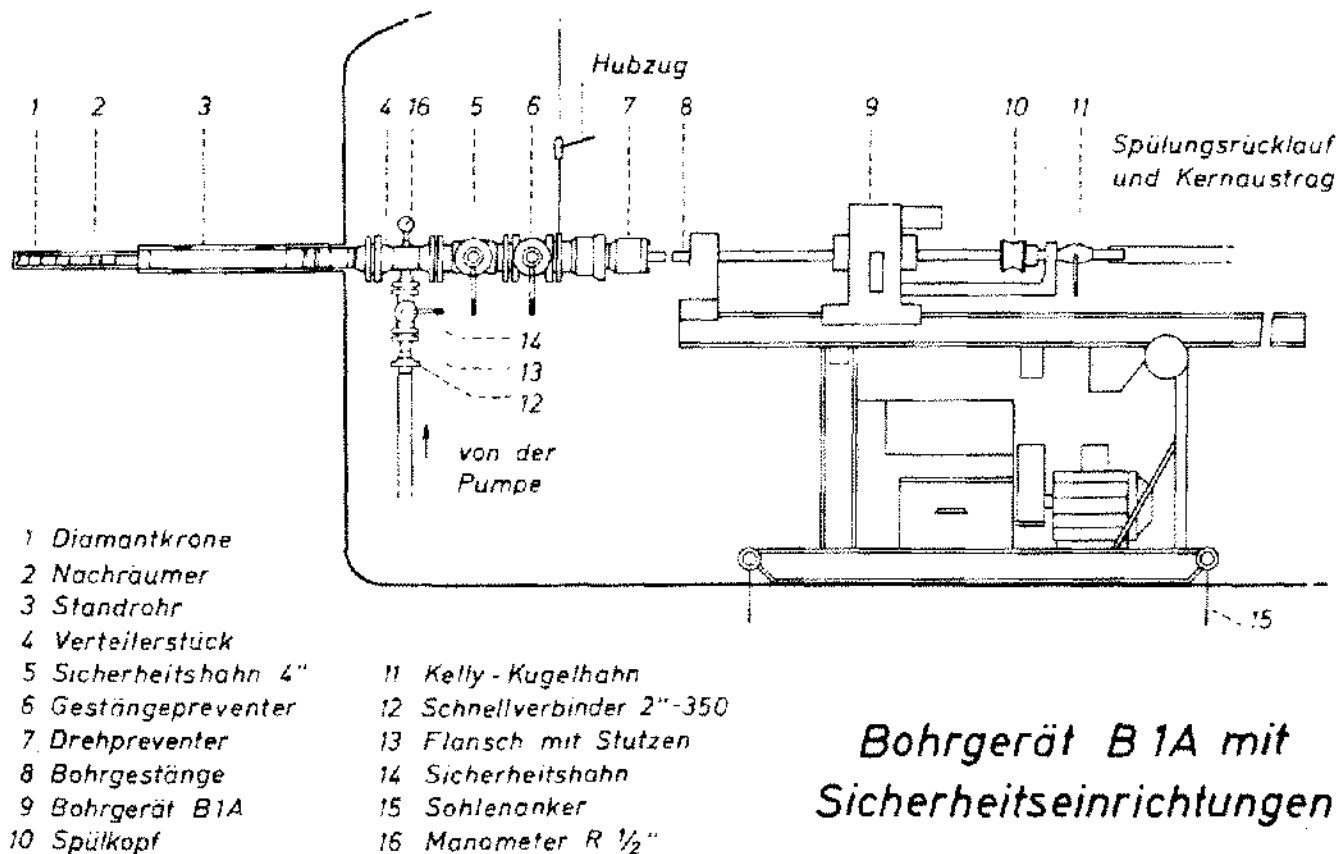
hatte gezeigt, daß zur Realisierung des geplanten Bohrprogrammes die eingesetzte Craelius-Bohrmaschine XH 90 mit Seilkern-Einrichtung nicht mehr leistungsfähig genug war. So wurde ein modernes vollhydraulisches Lafetten-Drehbohrgerät der Firma A. Wirth + Co. KG, Erkelenz, Typ B 1 A, beschafft, das zunächst mit der vorhandenen Seilkern-Einrichtung, sehr bald aber dann im Counterflush-Verfahren eingesetzt wurde (Fig. 6). Durch Fortfall des zeitaufwendigen "Schuckbetriebes", das ist das mehrfache Nachsetzen einer Bohrgestängelänge mittels Klemmbacken, sowie durch die Anwendung des Counterflush-Verfahrens wurde mit dem B 1 A-Gerät eine beachtliche Leistungssteigerung gegenüber dem bisherigen Bohrbetrieb erreicht mit Spitzenleistungen bis zu 80 Bm/Schicht. Folgende durchschnittliche Bohrleistungen liessen sich miteinander vergleichen:

Craelius XH 90,	Seilkernbohren:	9-12 Bm/Schicht
Wirth, B 1 A,	"	30 " "
" "	Counterflush im Steinsalz	60 " "
" "	Counterflush im Anhydrit	12 " "

Es wurde auch hier mit NQ-Gestänge der Firma Longyear mit einem Innen-Ø von 60 mm sowie mit Diamant-Bohrkrone, Außen-Ø 80 mm, Innen-Ø 54,6 mm, gebohrt. Alle Bohrungen wurden unter vollem Armaturenschutz, d.h. mit Standrohr, Gestänge- und Drehpreventer sowie Kellyhahn mit einem Nenndruck von 210 bar gestossen (Fig. 6). Als Spülpumpe wurde eine Oilwell-Triplex-Plunger Pumpe Type C 323 mit 4-Gang-Getriebe für Drücke im Dauerbetrieb von 33-135 bar bei einer Fördermenge von 350-63 l/min eingesetzt.

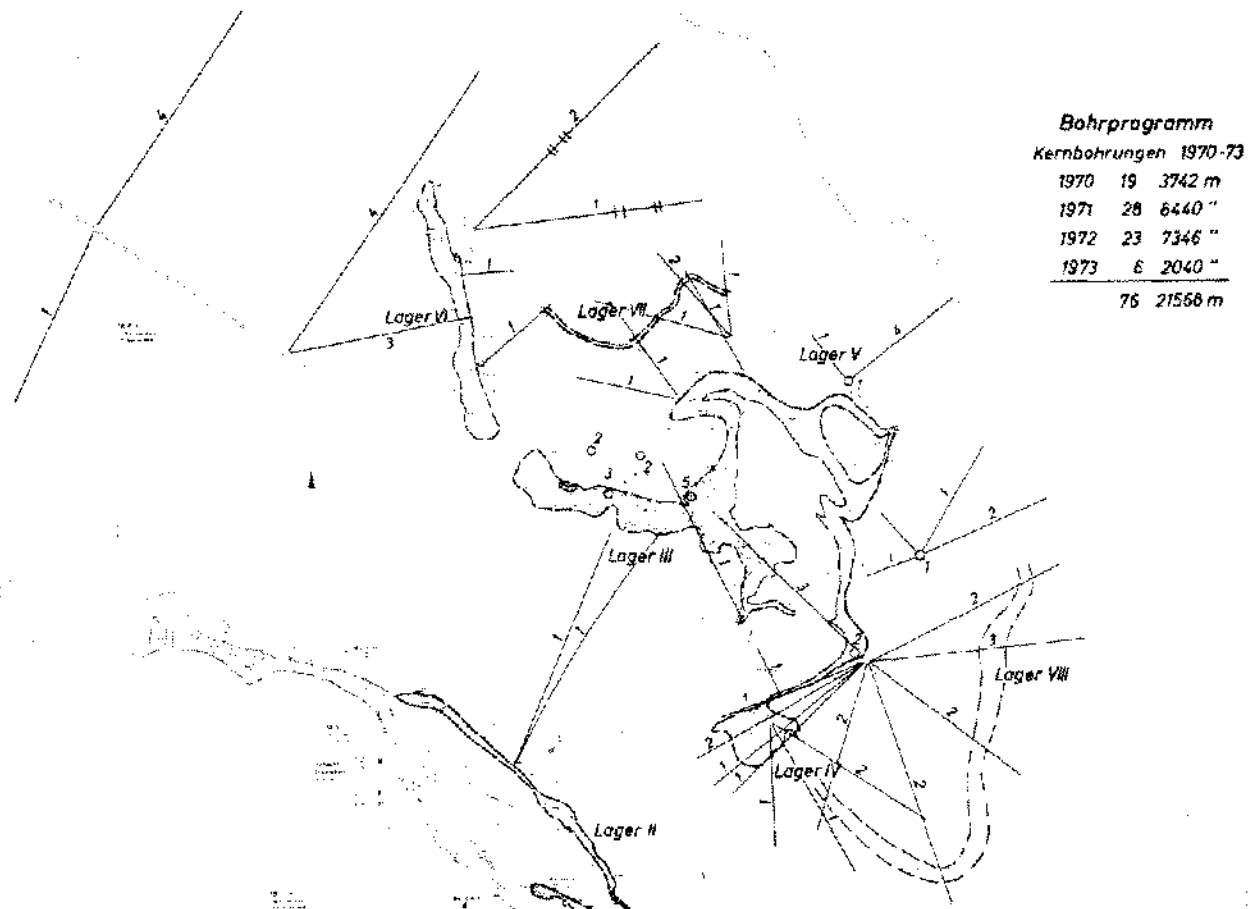
Die exakte tatsächliche Lage der Bohrungen, wie sie Fig. 7 zeigt, wurde abweichend vom ursprünglichen Bohrplan entsprechend den Erkenntnissen, die vorangegangene Bohrungen brachten, von Fall zu Fall festgelegt. Dabei wurde das Bohrprogramm ständig aktualisiert, um ein Optimum an Lagerstättenaufklärung zu erreichen. D. h. es wurden zusätzliche Bohrungen bei Bedarf hinzugenommen, während andere gestrichen wurden.

Hier wurden auch betriebliche Probleme berücksichtigt, die sich beispielsweise bei der Einrichtung der Ansatzpunkte bzw. Bohrorte ergaben, oder mit dem Anbohren grösserer Gasmengen und deren Abführung zusammenhängen. Häufig wiederkehrende und eingehende Besprechungen mit dem das Werk betreuenden Geologen sorgten dafür,



**Bohrgerät B 1 A mit
Sicherheitseinrichtungen**

Figur 6. Hydraulisches Lafetten-Drehbohrgerät der Firma A. Wirth + Co. KG, Erkelenz, Typ B 1 A, mit Sicherheitseinrichtungen.



Figur 7. Rißliche Darstellung des tatsächlich durchgeführten Bohrprogrammes im Grubenbetrieb Braunschweig-Lüneburg.

daß trotz kurzfristig vorgenommener Anpassungen des Bohrprogrammes an die jeweilige Kenntnislage die Bohrarbeiten ohne Verzögerungen reibungslos durchgeführt werden konnten.

Zur besseren Deutung der Bohrergebnisse, und um die komplizierten Strukturen räumlich darzustellen, wurde ein Lagerstättenmodell angefertigt, bei dem die Ergebnisse der abgebohrten Bohrfächer und die entsprechenden Lagerstättenprofile auf Plexiglas aufgetragen wurden.

Die Ausgasung gasführender Lagerstättenteile. Wie zu Beginn der Bohrtätigkeit wurde auch jetzt bei einer Vielzahl von Bohrungen Gas vorwiegend im Anhydrit, sowohl in der Anhydritmittelzone als auch im Hauptanhydrit A_3 , in Einzelfällen ebenfalls im Steinsalz, angebohrt. Von den insgesamt 76 Bohrungen brachten 29, also immerhin 40%, Gas unterschiedlicher Menge von Spuren bis zu 5 m³/min.

Das Gas bestand im wesentlichen aus Stickstoff mit von Bohrung zu Bohrung unterschiedlichen Anteilen von 7–45% Methan. Besonders unangenehm war das Auftreten von Schwefelwasserstoff bis zu 850 ppm in zwei Bohrungen. Die Gasdrücke am Kopf der Bohrungen erreichten mitunter 60 bar.

Für Grubenbelegschaft und Bohrpersoneel wurden besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen, um jede Gefährdung durch Gas von vornherein auszuschließen. Dabei wurde entsprechend der Verfügung des Oberbergamtes Clausthal für die "Betriebsplanmäßige Zulassung von Untersuchungsbohrungen im Salzbergbau unter Tage" in der Fassung vom 9. Februar 1971 verfahren.

So wurde die gesamte Untertage-Belegschaft für die Dauer der Bohrexploration mit Oxy-SR 45-Selbstrettern der Firma Drägerwerk AG, Lübeck, ausgerüstet. Die Bohrmannschaft erhielt neben Methanometern der Firma Auer-Gesellschaft mbH, Berlin, und Gasspürgeräten der Firma Drägerwerk AG ein Sauerstoffmangel-Warn- und Meßgerät "Oxor" der Firma H. Maihak AG, Hamburg, da die Gefahr bestand, daß während des Bohrbetriebes plötzlich austretende große Gasmengen zu einem gefährlichen Mangel an atembarem Sauerstoff führen könnten. Alle elektrischen Einrichtungen und Betriebsmittel im Bereich des Bohrortes entsprachen der VDE-Vorschrift 0118 a Buchstabe F über explosionsgeschützte Betriebsmittel.

Im Nachhinein kann festgestellt werden, dass die gesamten Explorationsarbeiten ohne einen nennenswerten Unfall

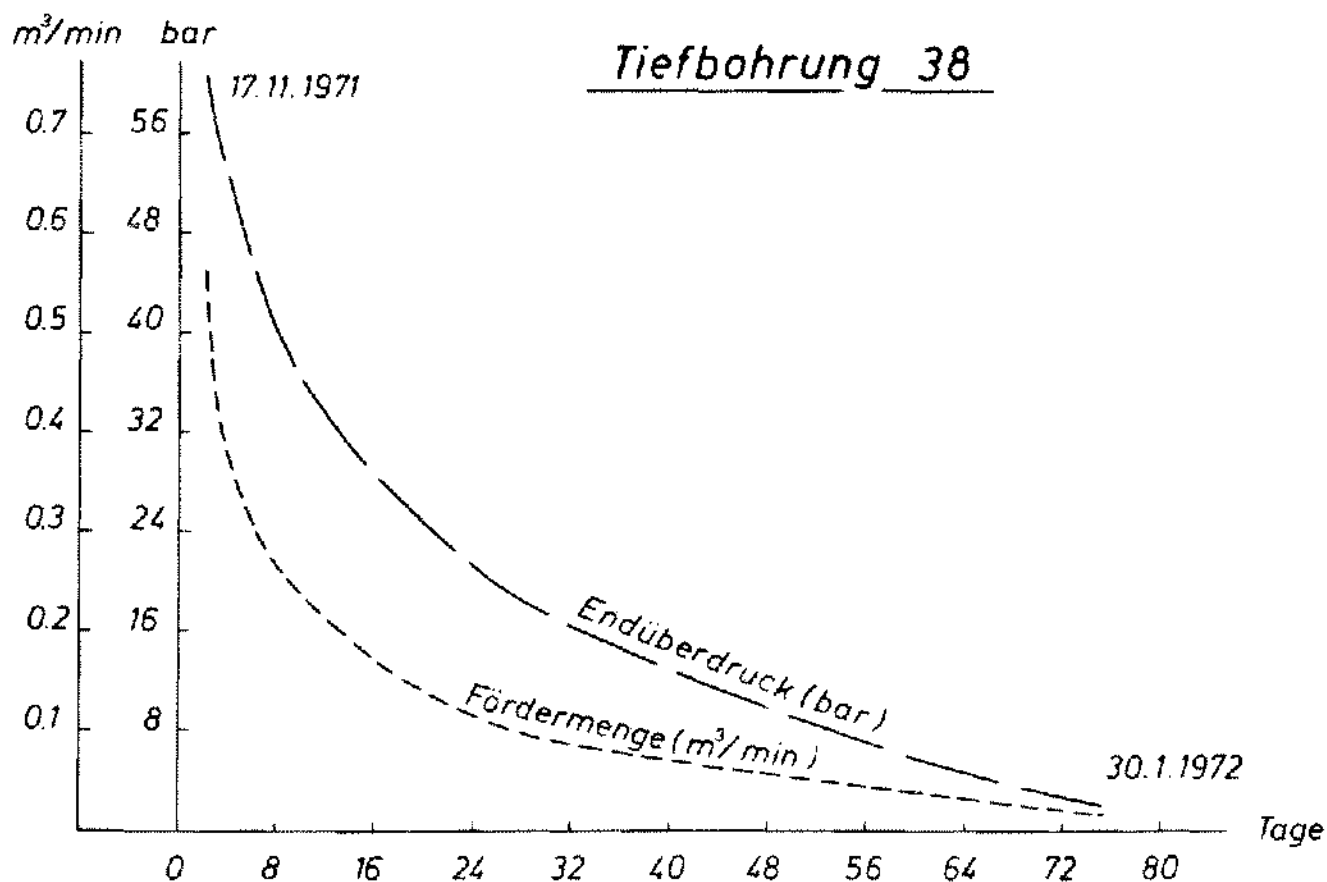
abgewickelt wurden. Während bei den ersten Bohrungen im nordwestlichen Teil des Lagers 3 das Anbohren von Gas zur Einstellung der Bohrtätigkeit geführt hatte, wurden nunmehr die gasführenden Horizonte durch die Vielzahl der in sie hineingestossenen Bohrungen entgast. Anfangs wurden die mit den Bohrungen angetroffenen relativ geringen Gasmengen im Wetterstrom verdünnt und abgeführt. Als später die Gasmengen bei einigen Bohrungen grösser wurden (bis zu $5 \text{ m}^3/\text{min}$), wurde eine $2''$ Polyäthylen-Rohrleitung für einen Nenndruck von 10 bar vom Bohrbetrieb aus durch den Schacht nach Übertage verlegt, um dort das Gas abblasen zu lassen. Mit einem Quantometer der Firma Elster & Co. AG, Mainz, einer Art Gasuhr für Gasdrücke bis zu 10 bar, wurde die Gasmenge gemessen. Insgesamt sind auf diese Weise 1 Mio. m^3 Gas abgeführt worden. Voraussetzung für den Erfolg des systematischen Ausgasens der Gasbohrungen war die Erfahrung, dass die Gasführung der Bohrungen nicht nachhaltig war. In mehr oder weniger langen Zeiträumen von einigen Tagen bis zu einigen Monaten, konnten die Bohrungen, wie beispielsweise in Fig. 8 dargestellt entgast werden.

Die Gasführung der Lagerstätte Braunschweig-Lüne-

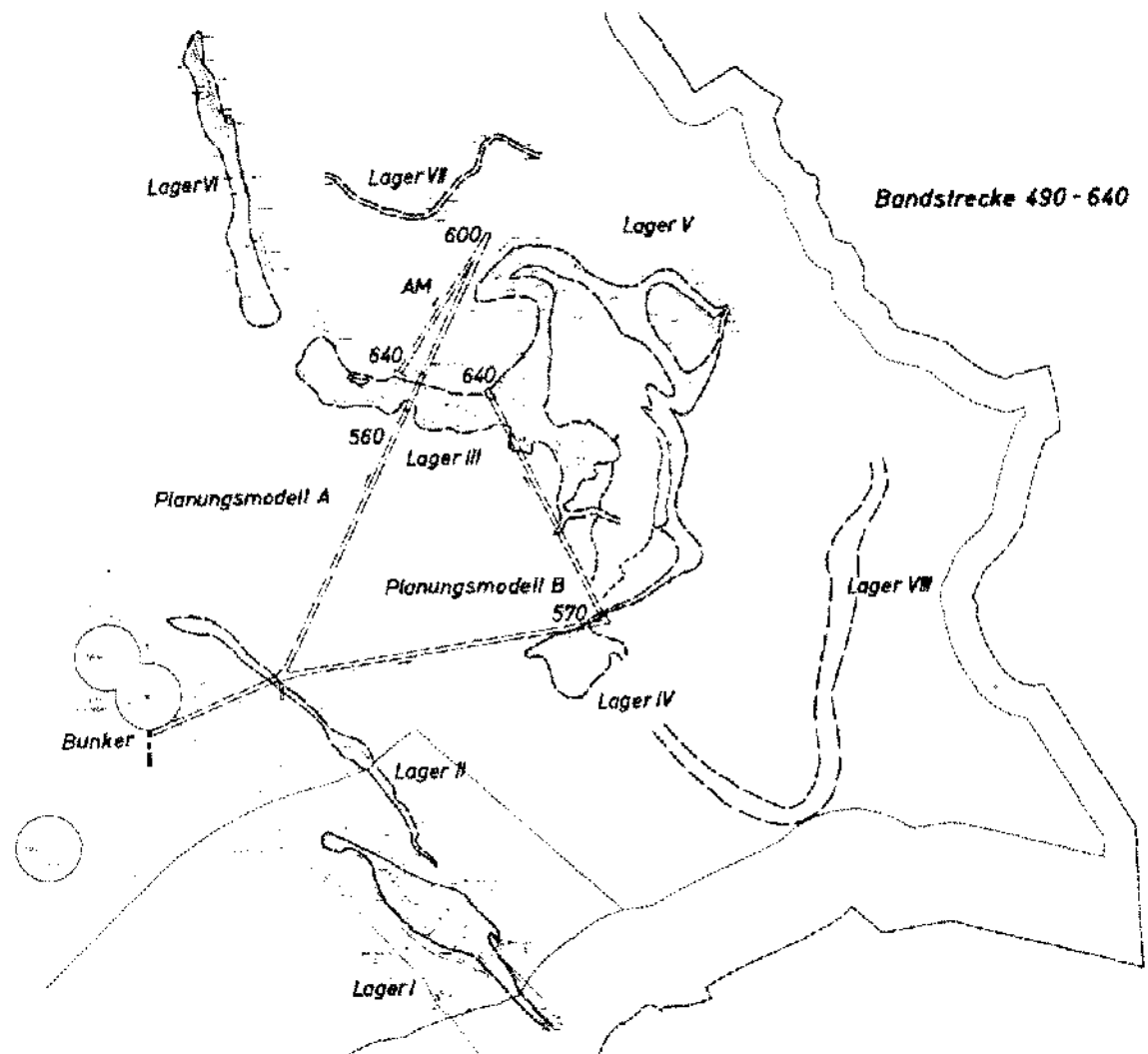
burg ist aus der Basisnähe des Hauptanhydrits verständlich. Der Hauptanhydrit, bei tektonischem Kontakt der Anhydritmittelzone mit dem Hauptanhydrit auch diese, sind mit dem subsalinaren Gas aufgeladen. Mitunter ist Gas auch interkristallin im Liniensalz gebunden. Ein Nachschub an Gas aus dem Subsalar, wie zunächst befürchtet wurde, besteht entsprechend den gewonnenen Erkenntnissen nicht.

Wie sich durch nachfolgende Streckenauffahrungen im Rahmen des Aufschlusses der durch die Bohrexploration nachgewiesenen und abgebohrten neuen Lagerteile zeigte, war die Ausgasung des Gebirges über die Bohrungen so nachhaltig, so dass in engerer und auch weiterer Nachbarschaft der ausgegasten Bohrungen keine nennenswerten Gasmengen mehr angetroffen wurden.

Die Ergebnisse der Bohrexploration. Die Bohrexploration wurde in rd. 2 1/2 Jahren abgewickelt und im April 1973 beendet. Insgesamt wurden 76 Kernbohrungen mit zusammen 21 568 Bohrmeter gestossen. Die Kosten für das Bohrprogramm beliefen sich auf rd. 590 000,—DM, so daß sich Bohrmeterkosten von 27,35 DM/Bm errechneten. Es muß dazu noch bemerkt werden, daß alle Bohrungen ohne Kernverlust gestossen wurden.



Figur 8. Schließdruck und Fließrate einer Tiefbohrung in Abhängigkeit von der Zeit.



Figur 9. Lösung des neuen Baufeldes im Grubenbetrieb Braunschweig-Lüneburg durch einen Bandberg.

Die Bohrtätigkeit brachte folgende Ergebnisse:

1. Es wurden die Voraussetzungen für eine umfassende Kenntnis der Lagerstätte einschließlich der Flanken- und Basissituation geschaffen.
2. Es wurden Steinsalzvorräte im Bereich des Grubenfeldes Grasleben in einer Menge von rd. 23 Mio. t nachgewiesen. In diese Zahl wurden bereits Abschläge für Pfeilverluste und Vertaubungen in Höhe von 50% eingerechnet.
3. Von diesen nachgewiesenen 23 Mio t Gesamtvorräten liegen rd. 4 Mio. t unterhalb der bisherigen Hauptfördersohle der Lagerteile 3 und 4, die für den unmittelbaren Abbau in einem Baufeld mit einem 1.150 m langen, 16% einfallenden Bandberg vom Hauptförderschacht aus aufgeschlossen werden konnten, (in Abb. 9 als Planungsmodell B dargestellt). Das entspricht bei einer Jahresförderung von 350 000 t einer Lebensdauer von mehr als 11 Jahren.