

# **Bericht über die Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Essen vom 6.—9. Mai 1964**

## **Thema: Hydrogeologie in Bergbaugebieten**

Geschäftsführer: Prof. Dr. W. SEMMLER, Bochum,  
Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse

**Wissenschaftliche Sitzung am Donnerstag, dem 7. Mai 1964, vormittags,**  
unter Vorsitz von H. KARREBERG, Krefeld

A. PILGER, K. STEILER, R. HELLER und H. PREMIER: **Eröffnung und Begrüßungsansprachen.**

### **Vorträge**

- W. SEMMLER, Essen: **Hydrogeologie in Bergbaugebieten.**  
D. WOLANSKY, Bochum: **Die Hydrogeologie des Deckgebirges im niederrheinisch-westfälischen Revier in ihrer Bedeutung für den Bergbau.**  
G. HERBST, Krefeld: **Die Grubenwässer im Steinkohlengebiet von Aachen—Erkelenz.**  
K. FRICKE, Krefeld: **Bemerkungen zu den Solquellen des Hellwegs.**

**Fortsetzung der wissenschaftlichen Sitzung am Nachmittag des 7. Mai 1964**

unter Vorsitz von R. WAGER, Hannover

- K. KÖTTER, Essen: **Die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks, Maßstab 1 : 10 000.**  
H. J. DOMBROWSKI, Freiburg/Brsg.: **Sporennntersuchungen in den Solen des Steinkohlenbezirks an der Ruhr.**  
M. GLAES, Saarbrücken: **Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wasserzuflüsse im Saarbergbau.**  
H. BECKER, Saarbrücken: **Hydrologische Beobachtungen beim Abteufen des Warndtschachtes.**  
A. STEIN, Kierdorf: **Entwicklung der großräumigen Grundwasserabsenkung im Erftgebiet.**  
H. KOLBE, Salzgitter-Bad: **Hydrologische Aufgaben im Salzgitterer Eisenerzbezirk.**  
V. JACOBSHAGEN, Marburg/L. und O. MÜNNICH, Marburg/L.: **C<sub>14</sub>-Altersbestimmung und andere Isotopen-Untersuchungen an Thermalsolen des Ruhrkarbons.**  
Schluß der Vortragsveranstaltungen am 7. Mai um 18.30 Uhr.

**Wissenschaftliche Sitzung am Samstag, dem 9. Mai 1964, vormittags,**

unter Vorsitz von F. NÖRING, Wiesbaden

- H. ANRICH, Hannover: **Das tiefe Grundwasser im mittleren Weser-Ems-Gebiet.**  
G. MICHEL, Krefeld: **Betrachtungen über die chemische Zusammensetzung des tiefen Grundwassers im Ruhrgebiet.**  
H. PUCHELT, Tübingen: **Zur Geochemie der Grubenwässer des Ruhrgebietes.**  
F. BIRK, Bochum: **Die hydrologischen Verhältnisse der Wulfener Mulde.**  
F. FINKENWIRTH, Wiesbaden: **Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Kali-Revier.**  
H. J. CLASSEN, Bochum: **Methodik und Beispiele von Färbeversuchen.**

### Exkursionen

Vor der wissenschaftlichen Sitzung fanden am 6. Mai 1964 folgende Exkursionen statt:

- A — Besuch auf der Zeche Auguste-Victoria in Marl.  
Teilnehmerzahl: 34.  
Führung: K. KÖTTER, H. KRÄMER, A. PILGER, F. STOLZE, J. WENGEL, D. WOLANSKY.
- B — Besuch auf der Zeche Franz Haniel in Bottrop.  
Teilnehmerzahl: 34.  
Führung: H. BOLDT, H. J. CLASSEN, K. H. RÜLLER, W. SEMMLER.
- C — Besuch auf der Zeche Präsident und auf der Zeche Shamrock 1/2.  
Teilnehmerzahl: 22.  
Führung: F. BIRK, R. SCHMIDT, E. SCHUM.
- Zwischen den Sitzungstagen fanden die Exkursionen D und E am 8. Mai 1964 statt.
- D — Hydrologie des Ruhrgebiets.  
Teilnehmerzahl: 84.  
Führung: K. FRICKE, W. SEMMLER.
- E — Hydrogeologie des linksrheinischen Braunkohlengebietes.  
Teilnehmerzahl: 44.  
Führung: H. KARRENBERG, R. NIEDER, E. QUITZOW.

### Öffentlicher Vortrag am Abend des 8. Mai 1964

H. J. MARTINI, Hannover: Das Wasser als Grundlage des Lebens im ariden Klimabereich.

### Eröffnung und Begrüßungsansprachen

Die Begrüßungsworte zur Eröffnung der Tagung hielt der Vorsitzende Prof. Dr. PILGER, der betonte, daß es außerordentlich wichtig sei, heute Hydrogeologie in den Bergbaugebieten zum Wohle und Nutzen des Bergbaus sowie der Allgemeinheit zu betreiben. Er freue sich, daß die Teilnehmerzahl so groß sei und diese die Zahl 400 überschreite. Daraus könne er entnehmen, daß dieses Thema großen Anklang gefunden hätte und er danke der Stadtverwaltung, vertreten durch Bürgermeister STEILER, sowie dem Haus der Technik, daß die Tagung in Essen stattfinden könne.

Bürgermeister STEILER begrüßte die Deutsche Geologische Gesellschaft, die seit einigen Jahren nicht mehr in Essen gewesen war, recht herzlich im Namen des Oberbürgermeisters und hieß alle bestens willkommen. Er zeigte auf, daß die Wasserfragen im Ruhrbergbau und darüber hinaus sicher in den übrigen Bergbaugebieten ebenfalls von großer Bedeutung sind und daß alle Städte, die in solchen Gebieten sich befinden, großes Interesse an dieser Tagung bekunden. Er wünsche der wissenschaftlichen Arbeit — unter Anspielung auf die Ruhe des Himmelfahrtstages — der Tagung einen besonders guten und erfolgreichen Verlauf.

Alsdann nahm Ministerial-Dirigent Dr. HELLER vom Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen das Wort. Er führte aus:

*„Herr Vorsitzter, meine sehr geehrten Damen und Herren!*

Seit der Mensch Bergbau betreibt, hat er mit dem Gebirge und seinem Wasser zu tun. Die mit der Beherrschung des Wassers — seiner Erfassung und Hebung, seiner Klärung und Ableitung — verbundenen Probleme sind daher für den Bergmann nicht neu. Er hat sie über Jahrhunderte auf Grund der in den

einzelnen Räumen gesammelten Erfahrungen mit Einsatz jeweils zeitgemäßer technischer Hilfsmittel zu lösen versucht. Die Geologie — als die Wissenschaft vom Gebirge, seiner Stratigraphie, Petrographie und Tektonik — bietet dem Bergmann als junges wissenschaftliches Hilfsmittel nunmehr ihre Spezialwissenschaft, die „Hydrogeologie“ an.

Bei dem starken Wechsel im geologischen Aufbau der Einzellandschaften in Nordrhein-Westfalen, angefangen von den quartären und tertiären lockeren Deckschichten am Niederrhein bis zu dem gefalteten und von Störungen stark beanspruchten Paläozoikum im Rheinischen Schiefergebirge, hat jeder Raum insgesamt und im einzelnen auch seine eigene Hydrogeologie mit einer Vielzahl von Problemen und Aufgaben, die nicht zuletzt durch die wirtschaftliche und soziologische Struktur jedes Gebietes maßgeblich mitbestimmt werden. Wenn schon dicht besiedelte und hoch industrialisierte Räume der Hydrogeologie besonders schwierige Aufgaben stellen, erhalten sie durch einen gleichzeitig umgehenden und sich immer wieder erschöpfenden Bergbau ihr ganz besonderes Gepräge, weil er nicht nur selbst hydrogeologische Aufgaben bewältigen muß, sondern durch seinen Betrieb immer wieder derartige Aufgaben auslöst. Es will mir daher besonders glücklich scheinen, daß die Deutsche Geologische Gesellschaft ihre diesjährige Frühjahrstagung unter das Rahmenthema „Hydrogeologie in Bergbaugebieten“ gestellt hat und sie im Herzen des größten deutschen Bergbaugebietes veranstaltet.

Insbesondere wird aber durch Thema und Ort Ihrer diesjährigen Frühjahrstagung die Aufmerksamkeit auf Probleme gelenkt, die durch das erschotene Wasser im lebenden und stillgelegten Grubenbetrieb — sei es im Tagebau oder im Tiefbau — unmittelbar ausgelöst werden.

Ausgedehnte Tagebaue erfordern auch entsprechend große Absenkungstrichter. Ich bin der festen Überzeugung, daß die Bewältigung der Wasserprobleme eine wesentliche Voraussetzung für die großräumige Entwicklung des Rheinischen Braunkohlenreviers und seine Überführung in die Hand eines Bergwerkseigentümers gewesen ist. Dieser Bergwerkseigentümer hat bisher durch die Zusammenfassung des Pumpens in einer Hand die anstehenden Wasserprobleme zufriedenstellend lösen können. Wenn sich das Land Nordrhein-Westfalen trotzdem entschlossen hat, den „Großen Erftverband“ durch Gesetz zu gründen, will es damit die mögliche Gefährdung für die öffentliche Wasserversorgung abwehren, die durch eine im Interesse des Bergbaus notwendige Wasserabsenkung entstehen kann. Der Erftverband überwacht neben der Bergbehörde die Wasserabsenkung und ergreift erforderliche Maßnahmen zur Ersatzwasserversorgung, falls der Bergwerksbesitzer dies nicht zufriedenstellend erledigen sollte.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Wasserprobleme im Rheinischen Braunkohlenrevier durch die systematische Zusammenfassung des Pumpens in der Hand einer Bergwerksgesellschaft und durch die Gründung des Großen Erftverbandes als Selbstverwaltungskörperschaft befriedigend gelöst werden konnten.

Demgegenüber versucht der Ruhrbergbau seine Wasserprobleme, die infolge der Stilllegung von Schachtanlagen im Zuge der Rationalisierung besonders Gewicht bekommen, auf privater Grundlage über eine Pumpgemeinschaft seiner Zehengesellschaften zu lösen. Er stellt sie dabei ab auf die einzelne lebende Zeche mit ihren für die Wasserhaltung notwendigen Einrichtungen.

Um diesem Bemühen nach einer privatwirtschaftlichen Regelung Rechnung zu tragen, hat die Landesregierung ihr „Gesetz zur Sicherung des Ruhrbergbaus gegen Grubenwässer stillgelegter Bergwerke“ zunächst zurückgestellt, ob-

wohl diesem Gesetz eine viel weitergehende Konzeption zugrunde liegt. Unter dem Namen „Pumpgemeinschaft Ruhr“ sollte eine Genossenschaft als Körperschaft des öffentlichen Rechts errichtet werden mit dem Zweck, die Lagerstätte und die betriebenen Bergwerke vor Grubenwässer stillgelegter Bergwerke, insbesondere durch deren Abdämmung, Abführung und Hebung, zu schützen. Nach dem vorliegenden Entwurf ist die Genossenschaft verpflichtet, die zur Durchführung des genannten Zwecks erforderlichen Maßnahmen von sich aus zu treffen. Dabei soll sie sich nach Möglichkeit der Einrichtungen bei den einzelnen Genossen bedienen. Dem Gesetzentwurf liegt die Vorstellung zugrunde, im Ruhrgebiet ebenfalls eine großräumige Regelung der durch die Grubenwässer ausgelösten Probleme herbeizuführen und damit auch eine Rationalisierung im Bereich der Wasserhaltung zu ermöglichen.

Die Hydrogeologie wird mit ihren Erkenntnissen dem Bergbau bei diesen schwierigen Vorhaben wertvolle Hilfe leisten können.

Neben der Diskussion über die regionalen und örtlichen hydrogeologischen Probleme und die anzuwendenden Untersuchungsmethoden sehe ich den Wert dieser Tagung — wie auch andere Fachveranstaltungen — in der Möglichkeit der fachlichen Weiterbildung, vor allem der jüngeren Geologen. Man muß m. E. klar trennen zwischen der Ausbildung des Geologen während des Studiums und der späteren fachlichen Weiterbildung im Beruf. Über die Notwendigkeit und Gründlichkeit einer umfassenden Ausbildung bestehen weder bei den Ordinarien noch bei der Verwaltung und der Industrie irgendwelche Meinungsverschiedenheiten. Immerhin ist der Lehrstoff in der Geologie wie in fast allen Fachrichtungen auf Grund der immer zahlreicher vorliegenden Forschungsergebnisse und der sich daraus ergebende feineren Differenzierung erheblich angewachsen. Während früher das Geologiestudium im allgemeinen nach 12 Semestern abgeschlossen werden konnte, sind heute dafür schon 15 und 16 Semester üblich geworden. Das hat zur Folge, daß der junge Geologe — unter Berücksichtigung des abzuleistenden Wehrdienstes — schon fast 30 Jahr alt wird, ehe er ins Berufsleben — sei es in der Industrie oder im Staatsdienst — eintreten kann. Auf die daraus resultierende Forderung nach Verkürzung der Studienzeit möchte ich nicht eingehen, zumal sie unabdingbar ist.

Berücksichtigt man, daß einerseits die Ausbildung an der Universität oder Hochschule eine breite Grundlage vermitteln soll, die späteren Aufgaben im Staatsdienst oder in der Industrie andererseits aber sehr spezialisiert und verschiedenartig sind, so ergibt sich nach Abschluß des Studiums daraus folgende Notwendigkeit:

1. Eine Vorbereitung auf den Beruf, d. h. Anwendung der beim Studium erarbeiteten Kenntnisse in der Praxis.
2. Die laufende Vertiefung und Erweiterung der erworbenen Grundlagen sowie die Ausrichtung auf ein spezielles Arbeitsgebiet, z. B. der Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Bodenkunde usw.

Der Unterschied zwischen den Aufgaben des Akademikers im Staatsdienst und denen in der Industrie ist in anderen Fachrichtungen z. B. im Bergbau augenfälliger als in der Geologie. Aber auch hier unterscheiden sich Aufgaben und Arbeitsmethoden so sehr, daß eigene Wege der Vorbereitung auf den Beruf erforderlich sind. Ich halte es deshalb nach wie vor für dringend notwendig, daß der Geologe, der sich für den Staatsdienst entscheidet, in einer besonderen Vorbereitungszeit — als Referendar — auf seine späteren Aufgaben geschult

wird, wie es in vielen anderen Fachrichtungen schon seit langem der Fall ist. Gerade in unserem dichtbesiedelten Land mit seinen starken Gegensätzen treten für den Geologen Probleme auf, die nur unter Berücksichtigung des allgemeinen Wohls und der öffentlichen Ordnung gelöst werden können. Der Geologie-Referendar muß lernen, sein Wissen und Können in die Arbeit mit anderen einzuordnen, sich mit angrenzenden Arbeitsbereichen vertraut zu machen, sie durch seine Kenntnisse zu befruchten und umgekehrt aus den Kenntnissen und Erfahrungen der anderen Nutzen für die Weiterentwicklung seines Arbeitsgebietes zu ziehen.

Um nicht mißverstanden zu werden betone ich, daß diese Tätigkeit nur auf der Grundlage zeitgemäßer fachlicher Erkenntnisse und auch nicht ohne eigene wissenschaftliche Arbeit möglich ist.

Neben dieser besonderen Vorbereitungszeit im Staatsdienst zu Beginn der beruflichen Tätigkeit muß der laufenden fachlichen Weiterbildung mehr Beachtung geschenkt werden als bisher, zumal aktuelle Probleme zunächst an den im Berufsleben stehenden Geologen herantreten. Ihre Bearbeitung erfordert eine ständige kritische Auseinandersetzung mit den vorliegenden Forschungsergebnissen und deren Ausrichtung auf praktische Lösungen. Ich halte es daher für erforderlich, daß für den beamteten Geologen gerade im Lande Nordrhein-Westfalen neben einer gründlichen Vorbereitung auf seinen Beruf die Möglichkeiten einer laufenden fachlichen Weiterbildung sorgsam gepflegt werden. Diese Aufgabe den Universitäten oder Hochschulen aufbürden zu wollen, dürfte von der Aufgabenstellung her weder möglich noch sinnvoll sein. Ich möchte meinen, daß die geologischen Institute in ihrer nationalen und internationalen Zusammenarbeit die wesentlichen Beiträge und Anregungen für eine solche Weiterbildung selbst liefern.

Die Bereitschaft jedes einzelnen, den anderen an seinem Wissen und seinen Erkenntnissen teilhaben zu lassen, ist Voraussetzung für jede Weiterbildung, wie sie auch in der heutigen wissenschaftlichen Sitzung zum Ausdruck kommt.

Das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr mit seiner Abteilung Bergbau und Energie, der auch das Geologische Landesamt unterstellt ist, ist an dieser Tagung und ihren Ergebnissen ganz besonders interessiert, und zwar sowohl im Hinblick auf den Stand und die Fortschritte der Hydrogeologie als auch im Hinblick auf die praktischen Auswirkungen für den Bergbau. Daher möchte ich Ihnen namens des Herrn Ministers die besten Wünsche für einen erfolgreichen Verlauf der Tagung übermitteln. Ich schließe mich diesen Wünschen an mit einem ebenso herzlichen wie zuversichtlichen Glückauf!

Für den Unternehmensverband Ruhrbergbau sowie den Steinkohlenbergbauverein sprach Bergassessor PREMIER, Dezernent für Wasserwirtschaft, über das Interesse des Bergbaues an dem Thema dieser Tagung. Seine Ausführungen waren folgende:

*„Meine Damen und Herren!*

Im Namen und Auftrag von Steinkohlenbergbauverein und Unternehmensverband Ruhrbergbau habe ich die Ehre und die Freude, Sie zu Ihrer Tagung „Hydrogeologie in Bergbaugebieten“ hier im Ruhrkohlenbezirk herzlich willkommen zu heißen.

Ein zureichender Grund für diesen Willkommensgruß des Ruhrbergbaus wäre schon gewesen, daß Sie verschiedene Schachtanlagen unserer Mitglieds-gesellschaften in die Reihe Ihrer Besuche und Besichtigungen einbezogen haben. Damit würde der Bergbau mit dem Willkommensgruß eine einfache Pflicht der Höflichkeit erfüllen. Wenn sich Ihnen aber die Zechentore so bereitwillig geöffnet haben, mögen Sie daraus bitte ersehen, daß die Begrüßung Ihrer Tagung durch den Bergbau mehr als nur eine Geste der Höflichkeit ist und die Freude an dieser Begegnung eine beiderseitige:

Der Bergbau an Rhein und Ruhr hat in der Tat mehr als nur einen Grund, den Fragen der Hydrogeologie und damit Ihrer Arbeit ein lebendiges Interesse entgegenzubringen. Unmittelbar führt das Grubenwasser als ständiger Begleiter des Bergmanns uns fortlaufend zu Fragen der Hydrogeologie. Mittelbar ist es die Wasserwirtschaft unserer Betriebe insgesamt, die ein bedeutendes Glied der Großwasserwirtschaft dieses Industriereviers darstellt. Einige wenige Zahlen werden Ihnen diesen Zusammenhang deutlich und verständlich machen:

Beide Seiten der Bergbau-Wasserbilanz — die „Wassergewinnungs“-Seite wie die des Wasserbedarfs — weisen Mengen aus, die größer sind als die geförderte und für den Verbrauch zubereitete Menge bergbaulicher Erzeugnisse an Kohlen, Koks und Briketts. So können Sie, wenn Sie wollen, mit nicht geringerer Berechtigung von einem Wasser-Bergbau sprechen wie von einem Steinkohlen-Bergbau.

Bei einer Ruhrkohlenförderung von 115 bis 120 Mio. t hat die Menge des gehobenen Grubenwassers einen mittleren Jahreswert von etwa 145 Mio. cbm und entspricht danach rd. 125% der verwertbaren Förderung.

Der Wasserbedarf des Ruhrbergbaus andererseits dürfte im Jahresdurchschnitt zwischen 700 und 800 Mio. cbm liegen, wobei es sich allerdings zum weit überwiegenden Teil um Kühlwassermengen handelt, die den Oberflächen-gewässern entnommen und diesen zwar erwärmt, aber im übrigen unverändert wieder zugeleitet werden. Immerhin dürfte der spezifische Wasserbedarf unserer Grubenbetriebe (d. h. Zechenbetriebe ohne Kokereien und Kraftwerke) heute bei etwa 1,5 cbm je t verwertbare Förderung liegen, der spezifische Wasserbedarf der Kokereien bei etwa 2,25 cbm je t erzeugten Kokeses und der Bedarf unserer neuzeitlichen Großkraftwerke schließlich bei 3,5 cbm Kühl- und Kesselspeise-wasser je 1000 kWh bei Vollastbetrieb — ein Verbrauch, der sich in Zeiten des Teillastbetriebes auf 4,5 bis 5,0 cbm je 1000 kWh erhöhen kann.

Unnötig zu sagen, daß der Bergbau seit Jahren seine Wasserwirtschaft bewußt rationalisiert und durch Kreislauf- und Kaskadensysteme eine wiederholte Nutzung des Wassers und damit sparsamen Wasserverbrauch in allen Be-reichen anstrebt.

Dieses Streben nach einer rationellen Wasserwirtschaft versteht sich nun nicht nur aus Kosten-, sondern auch aus Versorgungsgründen: die Wasser-Men-gen- und -Gütebilanz eines so anspruchsvollen industriellen Schwerpunktes, wie ihn das Ruhrgebiet darstellt, im Gleichgewicht zu halten und die Versorgung aller Beteiligten einschließlich der eigenen für die Dauer sicherzustellen, be-gegnet zunehmend ersten Schwierigkeiten. Es wird Ihnen daher leicht ein-leuchtend, daß unter diesen Umständen das Bergbau und Hydrogeologie ver-bindende Problem des Grubenwassers neben den alten Gesichtspunkten heute auch andere neue Gesichtspunkte gewinnt:

Seit alters her war und ist das Grubenwasser ein „teurer Freund“ des Berg-manns, weil es seine Arbeit zerstört und zusätzliche, höchst unerwünschte Auf-

wendungen und Kosten verursacht. Diese beschränken sich keineswegs nur auf seine Sammlung, Hebung und Ableitung in Höhe von z. Z. etwa 120 000 bis 200 000 DM je 1 cbm minütlichen Zuflusses bei 700 m Förderhöhe je Jahr. Auch die Zerstörung des Gesteins wie die Zerstörung von Material und Gerät bedingen hohe Kosten. Der Bergbau wird daher von sich aus alles tun, um nicht mehr Wasser in seinen Betrieben zu lösen, als unvermeidbar ist.

Dagegen findet eine Nutzung des unerbetenen Wassersegens bislang erst nur in geringerem Umfang statt. Heute jedoch wird der Bergbau zu überlegen haben, ob er nicht im eigenen wie im allgemeinen Interesse mehr als bisher seine Grubenwässer nach Herkunft und Zusammensetzung auf ihre wasserwirtschaftliche Bedeutung untersuchen und daraus weitere Folgerungen ziehen sollte. Zweifellos befinden sich unter den Wasserzuflüssen des Bergbaus an der Ruhr auch solche, die als Brauchwasser mit Erfolg Verwendung finden könnten und, aufbereitet, vielleicht auch als Trinkwasser. In diesen Fällen — es handelt sich im wesentlichen um Wasserzuflüsse aus dem Deckgebirge, insbesondere aus dem Turon — wäre also zu überlegen, ob und wieweit es technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll sein kann, diese brauchbaren Wässer vor ihrer Vermischung mit den Sole-, Sulfat- und Barium-haltigen Wässern anderer Herkunft gesondert abzufangen und zu heben.

Das so gewonnene Wasser könnte, wie gesagt, sowohl für den Eigenbedarf zur Entlastung der öffentlichen Wasserversorgung wie auch der öffentlichen Versorgung selbst als zusätzliche Quelle vom Bergbau erschlossen werden. Auch wäre — leider — daran zu denken, daß eine zivilisationszerstörende Kriegstechnik unsere in offenen Talsperrenräumen angelegte Wasserversorgung gefährden und dem in Grubenräumen zusitzenden und gesammelten Wasser besondere Bedeutung geben könnte. Sie sehen: eine Fülle von Fragen und Aufgaben, die den Bergbau Ihre Arbeit aufgeschlossen und aufmerksam verfolgen läßt.

Als ein Ausdruck der Bedeutung bergmännischer Wasserwirtschaft mögen Sie schließlich die unlängst ins Leben gerufene Pumpgemeinschaft Ruhr ansehen. Ich hatte nicht die Absicht, auf diese Neugründung hier einzugehen. Diese Gemeinschaftsorganisation des Ruhrbergbaus ist noch zu jung, als daß über Erfahrungen und Erkenntnisse berichtet werden könnte, die für Ihre Tagung von Wert wären. Nachdem jedoch der Herr Vorredner dieses Thema angesprochen hat, ist es vielleicht angezeigt, auf die aufgeworfenen Fragen auch aus der Sicht des Bergbaus eine Antwort zu geben — soweit dies z. Z. möglich ist.

Zunächst: Die Wältigung der aus den Feldern stillgelegter Bergwerksanlagen den weiterbetriebenen Nachbaranlagen zufließenden Wasser ist nur ein Teilproblem in der Fülle unserer wasserwirtschaftlichen Aufgaben, die ich soeben in ganz groben Umrissen darstellte. Allerdings handelt es sich hier um ein bergbau-eigenes, d. h. im Wesen des Bergbaus begründetes Problem. Die Bergleute betreiben — wenn Sie mir eine Anleihe bei der theologischen Terminologie erlauben — ein durchaus „eschatologisches“, d. h. auf sein Ende hin angelegtes Gewerbe:

Bewußt angestrebtes Ziel und Ende aller bergmännischer Arbeit ist die Ausschöpfung der Lagerstätte, hiermit die Stilllegung der erschöpften Gruben und damit wiederum neben zahlreichen anderen Stilllegungsfolgen auch zwangsläufig die Beschäftigung mit der Frage nach dem Verbleib der durch die stillgelegten Betriebe erschrotene tiefen Wässer. Dieses Problem wird also zwangsläufig mit jeder neuen Anlage von neuem gesetzt und fordert seine Lösung mit

deren Erschöpfung — solange es Bergbau gibt. Die in Rede stehende Aufgabe ist also eine dem Bergbau natürliche. Sie wird daher auch von jedem verantwortlichen Bergmann gesehen und ist bislang, gerade auch hier im Revier, sachgemäß und ohne eine besondere Inanspruchnahme der öffentlichen Aufmerksamkeit von Fall zu Fall gelöst worden. Wenn allerdings heute die Öffentlichkeit und die für den Bergbau zuständige Behörde den Bergbau in einer besonders schwierigen Lage sehen zu müssen glauben, so liegt der Anlaß dieser Besorgnis keineswegs im Grundsätzlichen. Hier bietet das Problem keine neuen Seiten. Die sorgende Aufmerksamkeit ist vielmehr geweckt durch die Häufung von Zechenstilllegungen, die öffentliche Aufmerksamkeit erregt hat. Die Ursachen dieser massierten Stilllegungen sind jedoch weniger in der Natur des Bergbaus als in derjenigen der deutschen Wirtschaftspolitik begründet. Gegenständig gesprochen: Die massierten Zechenstilllegungen sind die Folge eines über Jahrzehnte geübten staatlichen Dirigismus, dem der Steinkohlenbergbau von 1917 (mit Einsetzung des ersten Reichskohlenkommissars) bis 1956 (mit Entlassung in den freien Markt) unterworfen war:

Unter politischen Gesichtspunkten festgesetzte Preise zusammen mit behördlichen Förderauflagen in den häufigen und langdauernden Zeiten der Kohlenknappheit verwehrten dem Bergbau eine natürliche Entwicklung seiner Betriebe, d. h. den rechtzeitigen Neubau wie die rechtzeitige Stilllegung von Gruben. Infolgedessen mußten Betriebe fortgeführt, sogar forciert fortgeführt werden, die unter den Umständen einer freien Marktwirtschaft längst stillgelegt worden wären — deren Wirtschaftlichkeit deshalb in dem Augenblick fragwürdig werden mußte, in dem sie in einen freien Markt entlassen wurden, der in einem Umschlag der Konjunktur sowohl die Fördermengen wie die Preise dieser Gruben anzunehmen sich weigerte. Wir möchten deshalb die derzeitige Häufung von Stilllegungen als eine den Übergang kennzeichnende Erscheinung ansehen, die ebenfalls vorübergehender Art ist.

Daß der Bergbau aber auch diese von ihm selbst nicht zu vertretende, zweifellos schwierige Lage erkannt und ihr mit folgerichtigen Maßnahmen entsprochen hat, zeigt eben die Gründung der Pumpgemeinschaft Ruhr. Warum aber sollte unter diesen Umständen der Gesetzgeber bemüht werden, wie es der Herr Vorredner auch noch für die Gegenwart als ggfs. angezeigt und möglich erklärte?

Wäre es in diesem Fall nicht vielmehr Sache des Gesetzgebers, erst einmal den unmittelbar Beteiligten die Gelegenheit zu geben, die richtigen Ansatzpunkte zu finden und damit eine Entwicklung zuzulassen, ehe er regelnd eingreift — was er ja jederzeit kann, wenn es sich als notwendig erweist, aber dann auf Grund echter Erfahrungen. Worauf sollte er andernfalls eine gesetzliche Regelung gründen — etwa auf bloßen Vorstellungen? Ich denke, daß es für die staatsmännische Weisheit des Gesetzgebers spricht, wenn er hier vom Erlaß eines Gesetzes abgesehen und zugelassen hat, daß von einer Pumpgemeinschaft des Ruhrbergbaus erst einmal Erfahrungen gesammelt werden.

Wohin Voreiligkeit des Gesetzgebers führen kann, erleben wir in unserer gesetzesfreudigen Zeit zu unserem Leidwesen häufig genug. Um ein den hiesigen Bergbau treffendes Beispiel zu nennen: die Schwierigkeiten in der Durchführung der Montanunion. Hier wurden durch Staatsverträge im Vorhinein mit Gesetzeskraft ausgestattete Regelungen für die Ordnung der westeuropäischen Montanindustrie einschließlich der zugehörigen Institutionen geschaffen, wie sie in natürlicher Weise allenfalls als Ergebnis und Frucht am Ende einer Entwicklung

erwartet werden konnten. Nun sind folgerichtig Schwierigkeiten dadurch entstanden, daß Umstände eingetreten sind, die bei der Fassung der gesetzlichen Regelung nicht berücksichtigt worden sind, wahrscheinlich auch gar nicht zutreffend berücksichtigt werden konnten. Infolgedessen hilft zur Behebung der entstandenen Schwierigkeiten weder Scharfsinn und juristischer Sachverstand eines erfahrenen Anwalts der Betroffenen, noch das Wohlwollen eines Gerichtshofes — in jedem Fall kann nurmehr das an der Wirklichkeit fragwürdig gewordene Recht angewandt werden. So erweist sich die voreilig von einem vorgestellten Ziel abgeleitete gesetzliche Ordnung als ein Hindernis, eben das von dieser Ordnung selbst angestrebte Ziel zu erreichen.

Die am Beispiel der Montanunion aufgezeigten Schwierigkeiten, die sich an zahlreichen Beispielen in anderen Bereichen ebenso belegen lassen, entstehen immer dann, wenn der Gesetzgeber sich nicht auf die gute Ordnung der gegebenen Lebensumstände beschränkt, sondern darüber hinaus ein bestimmtes initiatives Handeln erzwingen will. Wir meinen: Der Zwang zum Handeln muß aus der Sache kommen, nicht aus der gesetzlichen Vorschrift. Und der Gesetzgeber ist gut beraten, der diesem Zwang der Sache durch Einsicht der Beteiligten einen entsprechenden Spielraum gibt.

Meine Damen und Herren! Diese Ausführungen haben etwas weit vom Gegenstand Ihrer Tagung abgeführt, was ich Sie zu entschuldigen bitte. Ich kann hier aber — entgegen meiner eingangs getanen Bemerkung, daß die junge Pumpgemeinschaft noch über keine Erfahrungen berichten könne — schon eine bemerkenswerte Erfahrung mitteilen, die wieder unmittelbar in die Fragestellung Ihrer Tagung hineinführt: Unsere bisherigen Feststellungen haben ergeben, daß die Wässer in den stillgelegten Gruben wesentlich langsamer ansteigen, als unsere Vorausberechnungen vermuten ließen. Es zeigt sich hier, daß die Stilllegung eines Grubenbetriebes und die Einstellung der Wasserhebung auch die Zuflüsse beeinflußt. Aus dieser Beobachtung ergibt sich bereits wiederum eine Reihe von entscheidenden Fragen, z. B. die Frage, ob es im Stilllegungsfalle zweckmäßiger ist, durch weiteres Kurzhalten der zusitzenden Grubenwässer einen labilen hydrologischen Gleichgewichtszustand aufrechtzuerhalten, den zu beseitigen das Ziel unserer Arbeit sein müßte, und ob es nicht zweckmäßiger ist, z. B. durch Abdämmen einen stabilen Zustand der Beruhigung herbeizuführen. Die Beantwortung dieser wichtigen Frage verweist uns wiederum auf Ihre Hilfe.

Sie werden Sie nun, meine Damen und Herren, sicher verstehen, daß meine Begrüßung nicht nur einer angenehmen Pflicht der Höflichkeit entspricht, sondern sehr sachlichen Überlegungen und Fragestellungen: Wir brauchen Ihre Mitarbeit, um Aufgaben zu lösen, die uns als Bergleute bereits heute gestellt sind und mehr noch in Zukunft gestellt werden. Die letzte Arbeit der uns besonders verbundenen Hydrogeologen, die uns in den ersten Blättern des hydrologischen Kartenwerks über das Revier von dem Geschäftsführer Ihrer Tagung, Herrn Prof. Dr. SEMMLER, vorgelegt worden ist, berechtigt uns, von dieser Zusammenarbeit noch bemerkenswerte Ergebnisse zu erwarten. Ebenso dürfen Sie versichert sein, daß Ihre Arbeiten im Bereich der Hydro-Chemie über die Zusammensetzung unserer Grubenwässer unsere lebhafteste Aufmerksamkeit haben. Alle unsere Maßnahmen zur Wältigung und zur Nutzung unserer Grubenwässer haben deren Chemismus zu berücksichtigen, wenn sie erfolgreich sein sollen.

Sie sehen also, daß und wie der Ruhrkohlenbergbau eine Fülle von Aufgaben für Ihre Arbeit stellen kann. Auf der anderen Seite denke ich, daß wir Ihnen hier im Revier auch einen besonderen Anreiz bieten können: Ich weiß

nicht, wo es eine zusammenhängende geologische Provinz von etwa 100 km Länge und 45 km Breite gibt, die durch Hunderte von Schächten und Tausende von Bohrungen, durch fortgesetzte Beobachtungen unter und über Tage über eine so große Zahl von Aufschlüssen zwischen der Tagesoberfläche und einer Tiefe von 1200 m und mehr verfügt, wie sie das Ruhrkohlenrevier bietet — eine Schatzkammer von Fundstellen für die allgemeine Geologie wie für die Hydrogeologie.

Nehmen Sie nun beides zusammen: die Aufgeschlossenheit der geologischen Schichten und die Aufgeschlossenheit der Ruhrbergleute, so darf ich wohl mit guten Gründen wünschen und erwarten, daß Ihre Tagung einen für alle Beteiligten befriedigenden Verlauf nehmen wird.

In diesem Sinne rufe ich Ihnen allen zum Willkommen ein herzliches Glückauf zu!“

## Exkursionen am 6. und 8. Mai 1964

### Exkursion A: Besuch auf der Zeche Auguste-Victoria in Marl am 6. Mai 1964

Teilnehmerzahl: 34.

Führung: K. KÖTTER, H. KRÄMER, A. PILGER, F. STOLZE, J. WENGEL, D. WO-LANSKY.

Bergwerksdirektor Assessor des Bergfachs G. HURCK begrüßte die Teilnehmer und gab seiner Freude darüber Ausdruck, daß die Deutsche Geologische Gesellschaft die wasserwirtschaftlichen Probleme und Besonderheiten des Grubenfeldes der Zeche Auguste-Victoria als Thema einer ihrer Frühjahrsexkursionen ausgewählt hat. Sodann gab er im Rahmen eines Lichtbildervortrages einen Überblick über die geologischen, wasserwirtschaftlichen und bergbaulichen Verhältnisse und ebenso einen historischen Überblick über den Werdegang der Zeche Auguste-Victoria, wobei er auch auf die neueren Planungen einging. So legte er unter anderem dar, daß das unter einem Deckgebirge von 500 bis 800 m Mächtigkeit anstehende Karbon die Schichtfolge von den Wittener bis zu den Horster Schichten und die Kohlenarten Eßkohle bis Gasflammkohle umfaßt. G. HURCK schilderte sodann die Tektonik und das Vorkommen des bekannten William-Köhler-Ganges im Zuge des Blumenthaler Sprunges, der jahrelang Grundlage eines bedeutenden Erzbergbaus gewesen ist. Ebenfalls befaßte er sich mit den im Gang befindlichen und geplanten Rationalisierungsmaßnahmen, z. B. mit der Verlagerung der Steinkohlenförderung zur Schachanlage 3/7 und mit dem Schacht 8 bei Lippramsdorf, der z. Z. als Wetterschacht abgeteuft wird und der Verlagerung des Abbaus nach Norden dienen soll.

Die im Anschluß an den einführenden Vortrag von G. HURCK durchgeführte Grubenfahrt diente der Besichtigung der Wasserwirtschaft unter Tage und wurde von H. KRÄMER, A. PILGER und F. STOLZE geführt.

In den Baufeldern der Gewerkschaft Auguste-Victoria sitzen jährlich insgesamt rd. 1,5—1,6 Mio. m<sup>3</sup> Grubenwässer zu, und zwar in Form von Sole mit durchschnittlich 110—130 g/l NaCl. Die Zuflüsse werden in den Sumpfanlagen an den Schächten 1 und 2 teils auf der 5. (1000 m-) und teils auf der 3. (800 m-) Sohle gesammelt. Die Wässer der 5. Sohle werden von dort aufgestellten Pumpen (Nebenwasserhaltung) zunächst der Sumpfanlage auf der 3. Sohle zugehoben und von dort zusammen mit denjenigen der 3. Sohle zu Tage gepumpt (Hauptwasserhaltung).

Im wesentlichen strömen die im Grubengebäude der Gewerkschaft Auguste-Victoria zusitzenden Solen ebenso wie anderwärts aus dem Norden und Nordwesten ein und dürften aus Auslaugungsvorgängen in Zechsteinsalzen stammen. Die Zuleitungswege bilden allgemein die großen Querstörungen, die von Norden her in das Ruhrgebiet hereinziehen. In geringem Umfang kommt noch etwas Wasser aus dem Deckgebirge hinzu sowie in minimalem Umfange (etwa bis zu 1%) juvenile temperierte Tiefenwässer, die ebenfalls die großen Störungen als

Aufstiegswege benutzen und so bereits in diesen in die Auslaugungssohlen übertreten.

Von den großen Querstörungen verteilen sich die Wässer über die Störungen zweiter und dritter Ordnung und über die Kluftsysteme in das gesamte Grubengebäude. Auch alte Abbaue sowie die durch den Bergbau geöffneten Klüfte und Schichtfugen bieten den Wässern Zirkulationswege. Demgegenüber wandern sie hier nicht durch die Poren der Sandsteine und Konglomerate, da diese durch die Diagenese bereits stark verdichtet sind. Im ganzen gesehen sind im Grubengebäude von Auguste-Victoria nur recht wenig Wasseraustrittsstellen vorhanden, so daß man hier nicht von einer nassen Grube sprechen kann.

Dieser Sachverhalt ist dadurch mitbedingt, daß durch ständiges Abpumpen der Solespiegel laufend tief gehalten wird (Vorabsenkung) und z. Z. etwa dem Niveau der tiefsten aufgefahrenen Sohle entspricht. Auf Auguste-Victoria stehen die tiefsten Pumpen unterhalb der 5. Sohle, so daß diese trocken ist.

Die geologischen Verhältnisse, die für die Hydrologie im Steinkohlengebirge von Auguste-Victoria von Bedeutung sind, sind durch zwei größere tektonische Einheiten gekennzeichnet. Im SW—NE-Streichen verläuft der Auguste-Victoria-Sattel mit der Auguste-Victoria-Überschiebung auf seiner Südflanke im Bereich der Schächte 1/2 und 4/5 durch das Grubenfeld. An ihm sind auf der 3.—5. Sohle die höheren Wittener und die Bochumer Schichten aufgeschlossen. Sie fallen gleichmäßig mit 50—60° vom Sattelkern nach NW und SE ein. Im Süden werden sie durch den Auguste-Victoria-Wechsel abgeschnitten, im Norden legen sich die Schichten in der weitgespannten Lippemulde fast flach.

Die zweite wichtige Einheit bildet der querschlägig verlaufende Blumenthaler Sprung, der dem Tertius entspricht. Er ist Teil eines bedeutenden alten Lineaments, das als Tertius-Quintus-Lineament bezeichnet wird. Der Blumenthaler Sprung besitzt im Felde Auguste-Victoria etwa 700 m Seigerverwurf und weist eine Störungsbreite von 5 m bis über 100 m auf. Beim Durchfahren desselben im Jahre 1930 erfolgte ein erheblicher Wassereinbruch, später nochmals in geringerem Umfange 1952 bei Sucharbeiten nach einem weiteren Erzkörper. Nachdem durch die Maßnahmen des Bergbaues die Solefüllung des Sprunges im Verlaufe der Jahre bis auf die 5 a- (1033 m-) Sohle abgesenkt worden ist, erfolgt noch heute in diesem Niveau am Wassergesenk im Baufeld 4/5 direkt aus dem Sprung ein beachtlicher Solezufluß von rd. 1300 l/min entsprechend fast 0,7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr, so daß in diesem einen Punkt annähernd die Hälfte der Gesamtwasserzuflüsse des Grubengebäudes von Auguste-Victoria austritt. Seine Temperatur von 50—53° C ist beträchtlich höher, als nach der geothermischen Tiefenstufe und der Teufenlage des Soleaustritts zu erwarten wäre. Es muß daher angenommen werden, daß die Sole am Wassergesenk aus größerer Teufe aufsteigt. Dieser mächtige Soleaufstieg macht besonders augenscheinlich, daß ein großer Teil der Solen auf den Querstörungen zirkuliert. Der Tertius dürfte überhaupt einer der Hauptzustromwege von Sole in das Ruhrkarbon sein.

Wie bereits erwähnt, werden die gesamten in den Grubenbauen von Auguste-Victoria zusitzenden Wässer in den unmittelbar nebeneinanderliegenden Schächten 1 und 2 zutage gehoben. Die Ausflußstellen der Wässer sowie das Schema der Wasserhaltung sind aus der Abbildung 1 ersichtlich. Abbildung 2 gibt die Anordnung der Sümpfe und Pumpen in der Hauptwasserhaltung auf der 3. Sohle an den Schächten 1/2 wieder. Abbildung 1 zeigt, daß die im Baufeld 4/5 auf der 5 a- (1033 m-) Sohle aus dem Blumenthaler Sprung (Tertius) mit 1300 l/min ausströmenden Wässer (temperierte Sole) unmittelbar an der

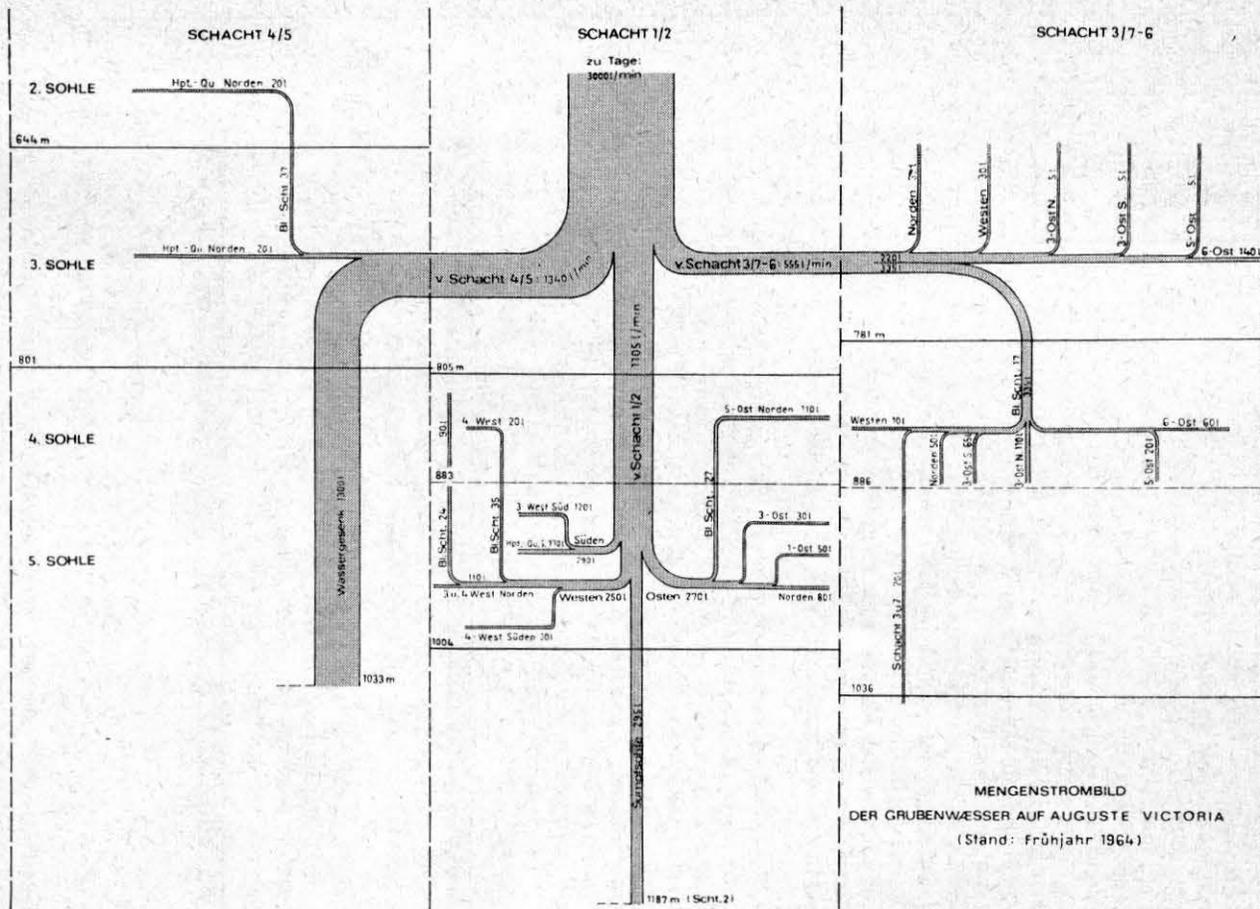
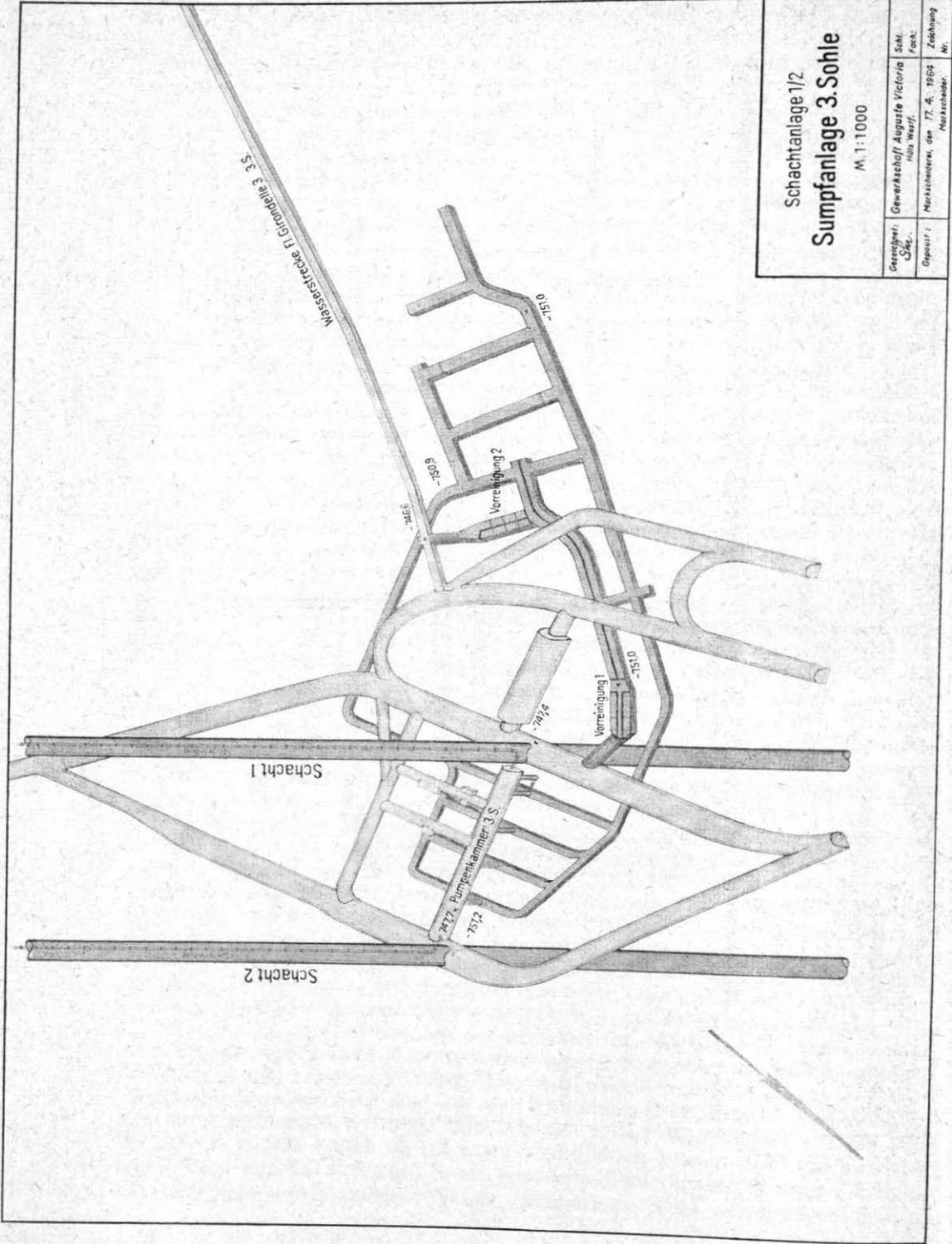


Abb. 1.



Schachanlage 1/2

# Sumpfanlage 3. Sohle

M. 1:1000

Gesichert: S. 1/2	Gewerkschaft Auguste Victoria H. H. W. W.	Schl. Fack.
Geplant:	Merkmalen, den 17. 4. 1864	Zählung Nr.
	Merkmalen.	

Abb. 2.

Austrittsstelle im Wassergesenk zur 3. (800 m-) Sohle gehoben werden und von dort zusammen mit den geringfügigen übrigen Wässern des Baufeldes 4/5 über Wasserquerschlag und Wasserstrecke im Flöz Girondelle 3 der Hauptwasserhaltung zufließen. Die im Baufelde 3/7—6 auf den tieferen Sohlen anfallenden Wässer werden von verschiedenen Punkten ebenfalls zur 3. Sohle hochgepumpt und der Hauptwasserhaltung zugeführt. Nur im Baufeld 1/2 läßt man die Wasser, die unterhalb der 3. Sohle zusitzen, zunächst zur 5. (1000 m-) Sohle abfallen, um sie von hier dann in die Sumpfe auf der 3. Sohle zwischenzuheben.

Die Einfahrt erfolgte in Schacht 1 zur 3. (800 m-) Sohle, wo zunächst die Sumpfanlagen und Pumpenkammern der Hauptwasserhaltung besichtigt wurden. Dabei wurden u. a. auch die in den Sümpfen abgelagerten dichten Schlämme und Mineralabsätze gezeigt. Danach führte die Exkursion durch die westliche Richtstrecke zum Blumenthaler Sprung (Tertius). Hier wurde am Wassergesenk innerhalb der Störungszone auf der 5 a- (1033 m-) Sohle der Soleaufstieg besichtigt. Die Sole besitzt hier einen NaCl-Gehalt von 170—180 g/l sowie eine Temperatur von 50—53° C. Auf der Rückfahrt zum Schacht 1/2 wurden auf der 3. Sohle noch der Wasserquerschlag und die Wasserstrecke in Flöz Girondelle 3 in Augenschein genommen, durch welche die Sole der Hauptwasserhaltung am Schacht 1/2 geleitet wird.

Nach der Grubenfahrt lud die Gewerkschaft Auguste-Victoria die Teilnehmer zum Mittagessen ein. Im Anschluß daran gaben zunächst K. KÖTTER anhand des Blattes Marl-Hüls der Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10 000 einen Überblick über die hydrogeologischen Verhältnisse des Deckgebirges und die Versorgung der Zeche mit Grundwasser und Oberflächenwasser und danach H. KRÄMER einen Überblick über die technisch-betrieblichen Gegebenheiten, insbesondere über die Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung. Die anschließende Exkursion zur Besichtigung der Wasserwirtschaft über Tage wurde von H. KRÄMER und K. KÖTTER geführt.

Im Bereich der Schachanlage 1/2 der Gewerkschaft Auguste-Victoria folgt über dem flözführenden Karbon unmittelbar das Kreidedeckgebirge mit dem darüber abgelagerten Quartär. Zechstein und Buntsandstein, die sich weiter westlich und nördlich einschalten, fehlen hier. Das Deckgebirge besitzt im Bereich der Schachanlage und ihrer näheren Umgebung den in Tabelle 1 angegebenen Schichtenaufbau (s. S. 16).

Die reiche Wasserführung der im oberen Teil des Deckgebirges in unverfestigter Form vorliegenden Sande und Sandmergel, insbesondere der Halterner Sande des Untersenons, macht diese zu einem der größten Nutzwasserspeicher. Sie dient in weitem Umfange der Wasserversorgung der Zechen und der Großindustrie, wie aus nachfolgender Zusammenstellung der größeren, im Raum Marl ausgesprochenen Bewilligungen zur Grundwassergewinnung zu ersehen ist:

Zeche Auguste-Victoria	5,9 Mill. m <sup>3</sup> /Jahr
Zeche Brassert	2,8 Mill. m <sup>3</sup> /Jahr
Chemische Werke Hüls	5,3 Mill. m <sup>3</sup> /Jahr

Die Grundwassergewinnung der Gewerkschaft Auguste-Victoria erfolgt mit Hilfe verschiedener Brunnenanlagen am Silvertbach, am Loemühlenbach und an den Schächten 4/5, 3/7, 6 und dem neuen Schacht 8. Die größte Gewinnungsanlage ist die am Silvertbach, die als Punkt 1 der Nachmittags-Exkursion (Abb. 3) besucht wurde. Aus dieser Brunnengalerie dürfen 2,5 Mill. m<sup>3</sup>/Jahr Grundwasser

Tabelle 1. Schichtenaufbau des Deckgebirges im Raume Marl-Hüls.

Mächtigkeit	Altersgliederung	Petrographie	Grundwasser
bis zu 15 m	Quartär	Sande, vielfach schluffig, gelegentlich kiesig, örtlich Geschiebelehm	Höheres Grundwasserstockwerk (Süßwasser), örtlich zweigeteilt durch Einschaltung des schwer wasserundurchlässigen Campans
bis zu 30 m	Campan (Obersenon)	Fazies des Bottroper Mergels, nur im nordwestlichen Teil des Grubenfeldes vorha den	
150—250 m	Höheres Santon (Untersenon)	Fazies der Halterner Sande, des Recklinghäuser Sandmergels oder einer Übergangsfazies zwischen beiden	
250—300 m	Tieferes Santon u. Coniac (Emscher)	Mergel	Tieferes Grundwasserstockwerk des Kreidedeckgebirges, klüftig, (meist schwache Sole)
100—150 m	Turon	Bankige Kalkmergel und Mergelkalke mit Mergel an der Basis	
ca. 25 m	Cenoman	Sandige Mergelkalke mit Grünsand an der Basis	

gewonnen werden. Die Filter stehen in den Schichten des Santons, das an dieser Stelle sandig ausgebildet ist und zahlreiche eingeschaltete, nur wenig mächtige Sandsteinlagen enthält (Tabelle 2).

Ein besonderes Problem bietet bei der Grundwassergewinnung im Bereich der Zechengelände die hydrochemische Beschaffenheit des Grundwassers, die unvermeidbar stellenweise einer gewissen Beeinflussung durch Halden unterliegt. Aus diesem Grunde wird das von dem ersten Brunnen der Galerie geförderte Wasser nicht genutzt, sondern wegen der erhöhten Chloridgehalte, Sulfatgehalte und Härtewerte in den Silvertbach eingeleitet. Die Aufrechterhaltung der Tätigkeit dieses Brunnens erfolgt nur zu dem Zweck, den Zufluß qualitativ schlechteren Wassers zu den übrigen Brunnen zu verhindern (Abwehrbrunnen).

Der Brunnengalerie am Silvertbach fließt das Grundwasser von Süden, Südosten und Osten, der am Loemühlenbach von Südosten, Süden und Südwesten zu, wie sich bei der Bearbeitung der Hydrologischen Karte 1:10 000 unter anderem ergeben hat. Die Grundwassererneuerung beträgt bei einem mittleren Jahresniederschlag von 800 mm und der sandigen Ausbildung der Sedimente an der Erdoberfläche 300 mm/Jahr. Durch Grundwasser allein ist der Wasserbedarf der Zeche nicht zu decken. Zu einem Anteil von 4 Mill. m<sup>3</sup>/Jahr wird er durch Entnahme von Bachwasser gedeckt. Die Anlagen hierzu wurden ebenfalls am Punkt 1 der Nachmittags-Exkursion besichtigt.

Sowohl das Grundwasser als auch das Bachwasser bedürfen einer Aufbereitung. Das in erster Linie vom Grubenbetrieb über und unter Tage und von

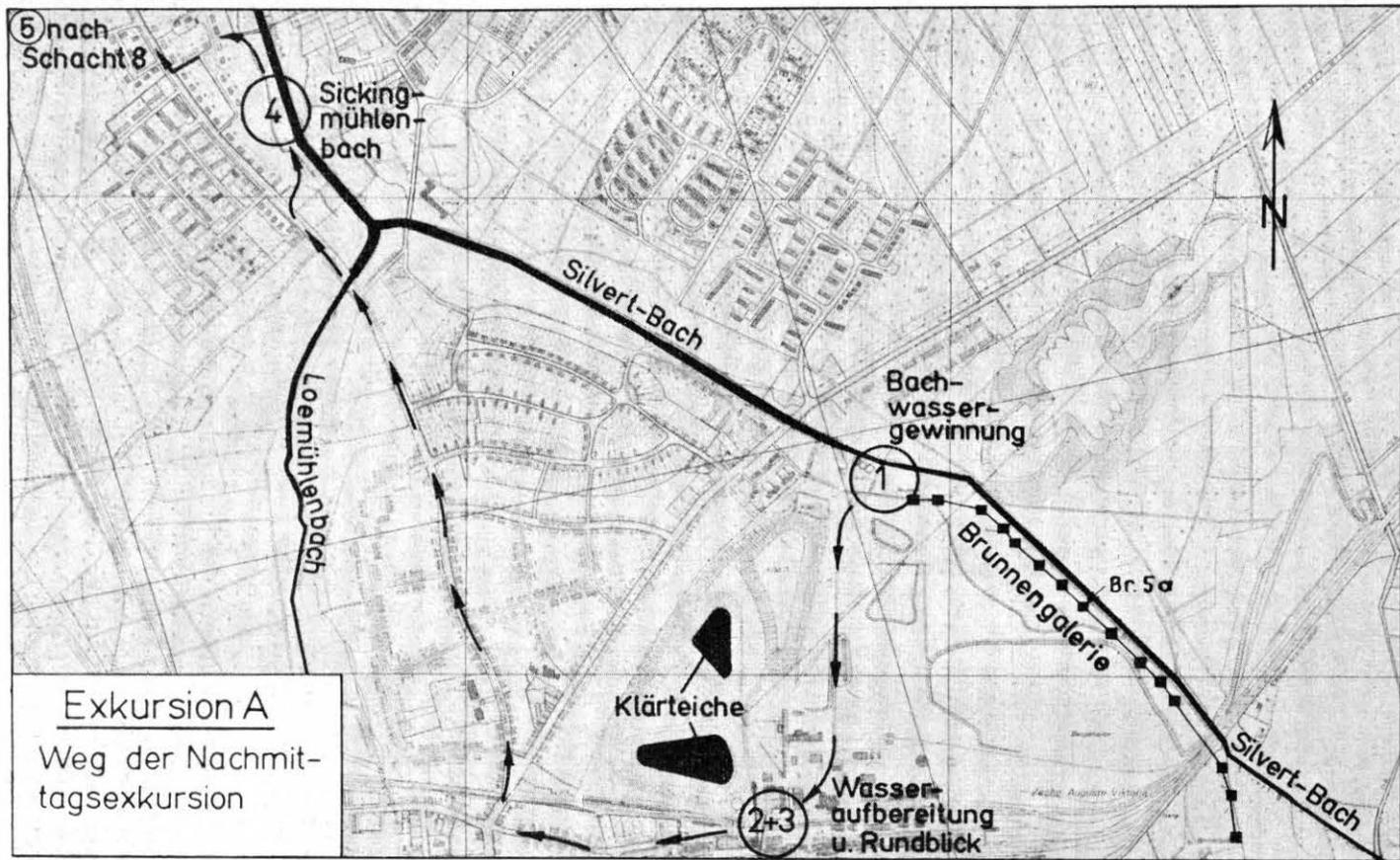


Abb. 3.

Tabelle 2. Schichtenverzeichnis von Brunnen 5 a der Brunnenanlage Auguste-Victoria am Silvertbach.

Tiefe der Basis m	Mächtigkeit m	Gesteinsbezeichnung	Altersgliederung
0,20	0,20	Mutterboden, sandig, trocken, braun	Quartär
2,80	2,60	Mittelsand, sandig, trocken, gelb	
3,00	0,20	Lette, mehlig, trocken, grau	
3,80	0,80	Mittelsand, leicht lehmig, trocken gelb	
3,90	0,10	Lette, mehlig, trocken grau	
4,10	0,20	Mittelsand, leicht lehmig, trocken, gelb	
4,30	0,20	Lette, mehlig, trocken, grau	
4,70	0,40	Mittelsand, leicht lehmig, trocken, rotbraun	
6,00	1,30	Mittelsand, leicht lehmig, naß, gelb	
6,10	0,10	Kies, mittel, naß	
6,40	0,30	Sandstein, naß, grau	
12,10	5,70	Mittelsand, leicht lehmig, naß, gelb	
12,50	0,40	Mittelsand, stark lehmig, naß, gelb	
16,40	3,90	Mittelsand, leicht tonig, naß, graugrün	
16,85	0,45	Sandstein, naß, grau	
19,80	2,95	Mittelsand, leicht tonig, naß, graugrün	
20,45	0,65	Sandstein, sehr hart, weißgrau	
21,90	1,45	Mittelsand, leicht tonig, naß, grau	
22,00	0,10	Sandstein, naß, grau	
24,20	2,20	Mittelsand, leicht tonig, naß, grau	
24,40	0,20	Sandstein, naß, grau	
25,70	1,30	Mittelsand, tonig, naß, grau	
25,80	0,10	Sandstein, grau	
26,80	1,00	Mittelsand, tonig, naß, grau	
27,10	0,30	Sandstein, grau	
29,20	2,10	Mittelsand, stark tonig, naß, grau	
34,70	5,50	Mittelsand, tonig, naß grau	
34,85	0,15	Sandstein, grau	
35,60	0,75	Mittelsand, stark tonig, naß, grau	
35,85	0,25	Sandstein, grau	
39,25	3,40	Mittelsand, tonig, naß grau	
40,20	0,95	Sandstein, grau	
41,05	0,85	Mittelsand, tonig, naß grau	
41,35	0,30	Sandstein, grau	
43,10	1,75	Mittelsand, stark tonig, naß, grau	
43,25	0,15	Sandstein, grau	
46,70	3,45	Mittelsand, stark tonig, fest, grau	
47,05	0,35	Sandstein, grau	
47,90	0,85	Mittelsand, tonig, naß grau	
48,35	0,45	Sandstein, grau	
49,40	1,05	Mittelsand, stark tonig, fest, grau	
49,70	0,30	Sandstein, grau	
50,00	0,30	Mittelsand, tonig, naß grau	

den Kohlenwertstoffanlagen der Kokerei benutzte Grundwasser wird enteist, und das vorwiegend den Kraftwerksanlagen zufließende Bachwasser wird entkarbonisiert und zu einem kleinen Teil vollenthärtet. Ein Wassermengenflußbild der gesamten Schachanlage 1/2 mit ihren Nebenbetrieben zeigt Abbildung 4. Aus ihr geht auch hervor, daß der Gesamtwasserbedarf, der die Eigenwassergewinnung weit überschreitet, zu einem Teil durch Mehrfachbenutzung des Wassers in Betrieben mit geringeren Qualitätsansprüchen gedeckt wird.

# Wassermengen - Flußbild 1962

## zur Kennzeichnung der Wasserwirtschaft

<i>Eigengewinnung</i>	
<i>Grundwasser</i>	4 300 000 m <sup>3</sup>
<i>Bachwasser</i>	4 000 000 m <sup>3</sup>
<i>Fremdwasserbezug</i>	300 000 m <sup>3</sup>
<i>Frischwasserverbrauch</i>	8 600 000 m <sup>3</sup>
<i>Gesamtwasserbedarf</i>	12 800 000 m <sup>3</sup>

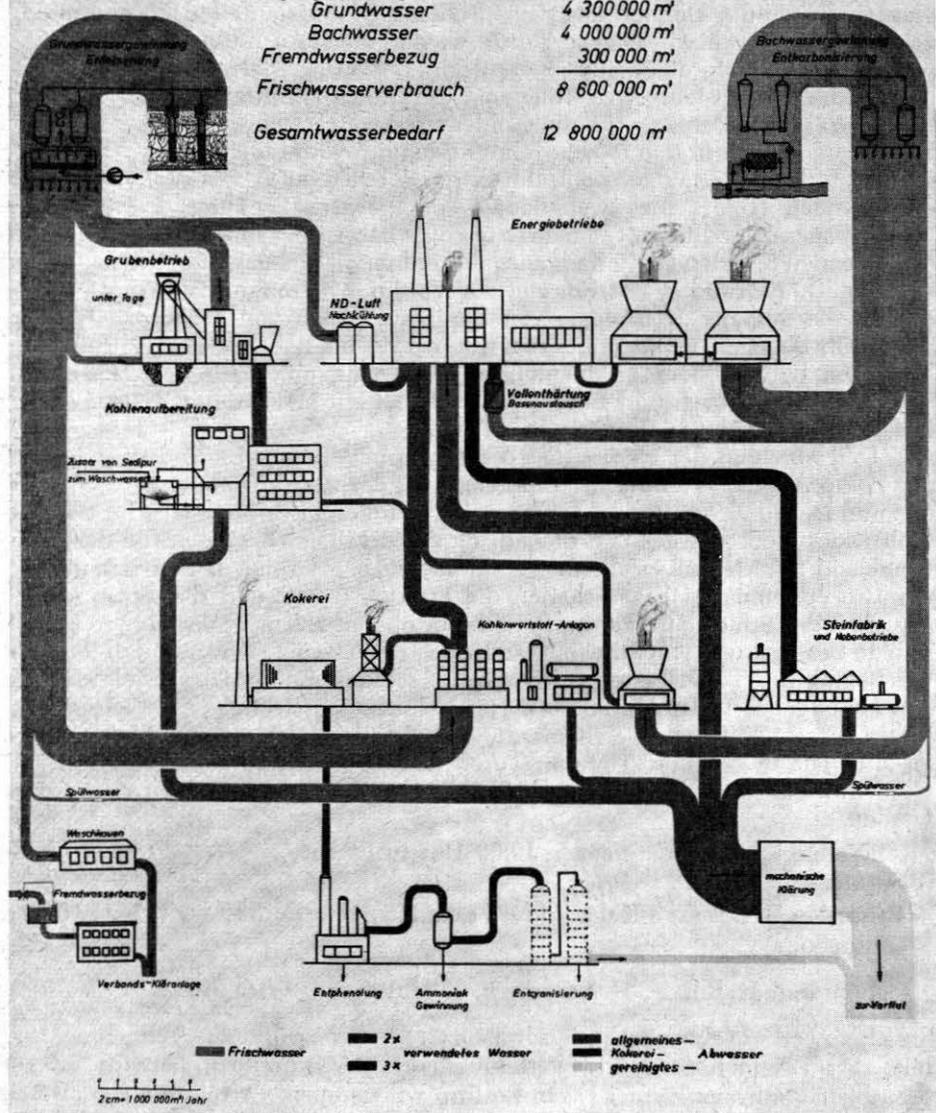


Abb. 4.

Die auf der Schachtanlage anfallenden Abwässer werden mechanisch geklärt. Vom Dach des Filterhauses ergab sich ein guter Überblick über die Klärteiche der Zeche. Diese sind in dem völlig ebenen Gelände durch Ausbaggern der tonigen sandigen Sande und Aufschüttung derselben zu ringsum geschlossenen Dämmen entstanden, wobei teilweise vorhandene Schachtbergehalten mit als Widerlager benutzt wurden. Zur Vergrößerung des Fassungsraumes wurden später die Dämme aus dem größeren Materialanteil der eingespülten Schlämme weiter hochgezogen. Durch wiederholtes Ausräumen der gefüllten Klärteiche mit Hilfe einer Schrappanlage konnte ihr Klärraum immer wieder neu geschaffen werden. Nach Stilllegung der Erzaufbereitung sowie Inbetriebnahme einer Filteranlage für die Kohlenwaschwässer wurden die anfallenden Klärschlammengen in den letzten Jahren erheblich vermindert.

Daß der untertägige Kohleabbau der Zechen auch bei Vollversatz der entstehenden Hohlräume zwangsläufig eine gewisse Senkung des über den Grubenbauen befindlichen Geländes zur Folge hat, ist bekannt. Von den dadurch entstehenden Schäden ist vielfach auch das erdoberflächennahe Grundwasser und gelegentlich auch die Wasserführung der Vorfluter betroffen. Auch diese Frage, die für die gesamte Hydrologie von Bergbaugebieten von großer Bedeutung, außerhalb dagegen völlig unbekannt ist, wurde im Rahmen der Nachmittags-Exkursion berührt. Der Sickingmühlenbach, wenig unterhalb des Zusammenflusses von Silvertbach und Loemühlenbach, bot ein interessantes Beispiel einer Geländesenkung durch Bergbaueinwirkung.

Den Abschluß der Nachmittags-Exkursion bildete ein Besuch des Schachtes 8 der Zeche Auguste-Victoria bei Lippramsdorf, der z. Z. abgeteuft wird. J. WENDEL und D. WOLANSKY berichteten über die petrographisch-physikalische Beschaffenheit des Deckgebirges und die sich daraus ergebenden Folgen für das anzuwendende Schachtbauverfahren. Abbildung 5 kennzeichnet neben den makroskopisch erkennbaren Eigenschaften die Druckfestigkeit und die Wasserdurchlässigkeit der Schichtenfolge. Im Bereich der oberen 220 m ist das höhere Santon infolge Einschaltung von Schwimmsandschichten so wenig standfest, daß dasselbe vor Beginn der Teufarbeiten erst verfestigt werden mußte. Dies erfolgte durch Anwendung des Gefrierfahrens. Die Exkursion besichtigte die Gefrierbohrlöcher einschließlich der Kältemaschinen und den erst wenige Meter tiefen Schacht. Die in größerer Tiefe im Turon und Cenoman zu erwartenden Klüfte werden, wenn sie wasserführend sind, nach dem Zementierverfahren abgedichtet werden.

Die Exkursion endete gegen 19.00 Uhr in Essen.

### **Exkursion B: Besuch auf der Zeche Franz Haniel in Bottrop am 6. Mai 1964**

Teilnehmerzahl: 34.

Führung: H. BOLDT, H. J. CLASSEN, K. H. RÜLLER, W. SEMMLER.

Bergwerksdirektor Bergassessor a. D. G. MOGK begrüßte die Teilnehmer und hieß sie im Namen der Hüttenwerk Oberhausen AG. Bergbau, herzlich auf der Schachtanlage Franz Haniel 1/2 in Bottrop willkommen. Er führte aus, daß sich die Schachtanlagen der Hüttenwerk Oberhausen AG. im westlichen Teil des Ruhrreviers befinden, und daß die Hüttenwerk Oberhausen AG. ein Grubenfeld von 37 Normalfeldern besitzt. In diesem Bereich führen die Schachtanlagen Osterfeld, Jacobi und Franz Haniel bei insgesamt 13 vorhandenen Schächten

Die auf der Schachanlage anfallenden Abwässer werden mechanisch geklärt. Vom Dach des Filterhauses ergab sich ein guter Überblick über die Klärteiche der Zeche. Diese sind in dem völlig ebenen Gelände durch Ausbaggern der tonigen sandtonen Sande und Aufschüttung derselben zu ringsum geschlossenen Dämmen entstanden, wobei teilweise vorhandene Schachtbergehalden mit als Widerlager benutzt wurden. Zur Vergrößerung des Fassungsraumes wurden später die Dämme aus dem größeren Materialanteil der eingespülten Schlämme weiter hochgezogen. Durch wiederholtes Ausräumen der gefüllten Klärteiche mit Hilfe einer Schrapperanlage konnte ihr Klärraum immer wieder neu geschaffen werden. Nach Stilllegung der Erzaufbereitung sowie Inbetriebnahme einer Filteranlage für die Kohlenwaschwässer wurden die anfallenden Klärschlammengen in den letzten Jahren erheblich vermindert.

Daß der untertägige Kohleabbau der Zechen auch bei Vollversatz der entstehenden Hohlräume zwangsläufig eine gewisse Senkung des über den Grubenbauen befindlichen Geländes zur Folge hat, ist bekannt. Von den dadurch entstehenden Schäden ist vielfach auch das erdoberflächennahe Grundwasser und gelegentlich auch die Wasserführung der Vorfluter betroffen. Auch diese Frage, die für die gesamte Hydrologie von Bergbaugebieten von großer Bedeutung, außerhalb dagegen völlig unbekannt ist, wurde im Rahmen der Nachmittags-Exkursion berührt. Der Sickingmühlenbach, wenig unterhalb des Zusammenflusses von Silvertbach und Loemühlenbach, bot ein interessantes Beispiel einer Geländesenkung durch Bergbaueinwirkung.

Den Abschluß der Nachmittags-Exkursion bildete ein Besuch des Schachtes 8 der Zeche Auguste-Victoria bei Lippramsdorf, der z. Z. abgeteuft wird. J. WENDEL und D. WOLANSKY berichteten über die petrographisch-physikalische Beschaffenheit des Deckgebirges und die sich daraus ergebenden Folgen für das anzuwendende Schachtbauverfahren. Abbildung 5 kennzeichnet neben den makroskopisch erkennbaren Eigenschaften die Druckfestigkeit und die Wasserdurchlässigkeit der Schichtenfolge. Im Bereich der oberen 220 m ist das höhere Santon infolge Einschaltung von Schwimmsandschichten so wenig standfest, daß dasselbe vor Beginn der Teufarbeiten erst verfestigt werden mußte. Dies erfolgte durch Anwendung des Gefrierfahrens. Die Exkursion besichtigte die Gefrierbohrlöcher einschließlich der Kältemaschinen und den erst wenige Meter tiefen Schacht. Die in größerer Tiefe im Turon und Cenoman zu erwartenden Klüfte werden, wenn sie wasserführend sind, nach dem Zementierverfahren abgedichtet werden.

Die Exkursion endete gegen 19.00 Uhr in Essen.

### **Exkursion B: Besuch auf der Zeche Franz Haniel in Bottrop am 6. Mai 1964**

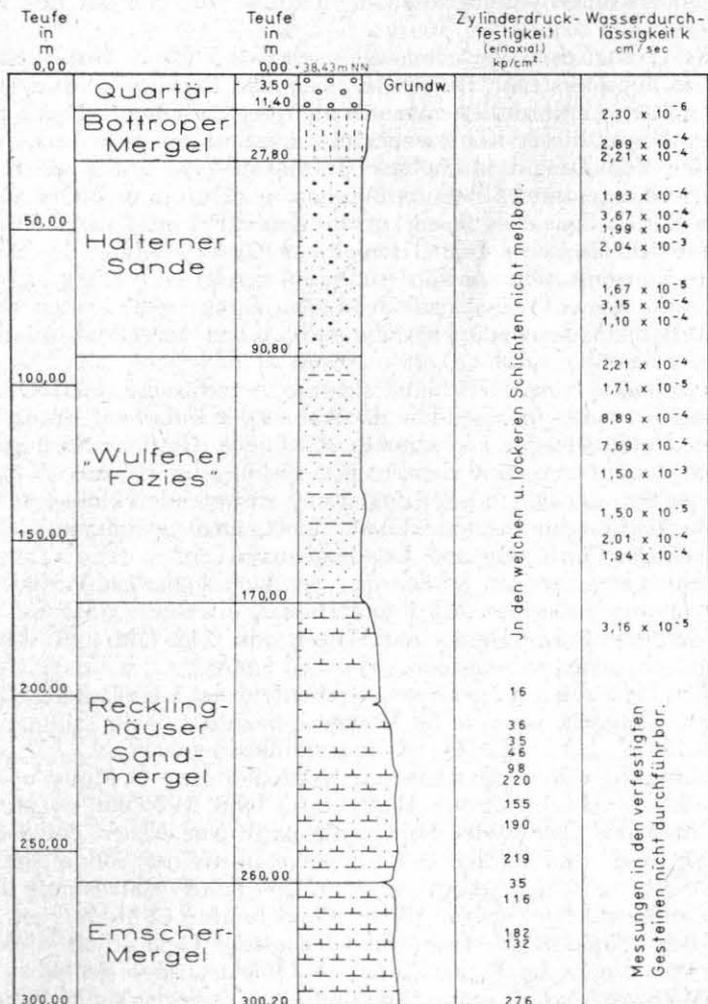
Teilnehmerzahl: 34.

Führung: H. BOLDT, H. J. CLASSEN, K. H. RÜLLER, W. SEMMLER.

Bergwerksdirektor Bergassessor a. D. G. MOGK begrüßte die Teilnehmer und hieß sie im Namen der Hüttenwerk Oberhausen AG. Bergbau, herzlich auf der Schachanlage Franz Haniel 1/2 in Bottrop willkommen. Er führte aus, daß sich die Schachanlagen der Hüttenwerk Oberhausen AG. im westlichen Teil des Ruhrreviers befinden, und daß die Hüttenwerk Oberhausen AG. ein Grubenfeld von 37 Normalfeldern besitzt. In diesem Bereich führen die Schachanlagen Osterfeld, Jacobi und Franz Haniel bei insgesamt 13 vorhandenen Schächten

## Auguste Victoria Schacht 8

Schichtenaufbau des Deckgebirges bis 300m nach Ergebnissen der Schachtvorbohrung (Ausführung C.Deilmann Bergbau GmbH) und Untersuchungen der Geologischen Abteilung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, Sachbearbeiter Dr. D. Wolansky.



Breite des Schnittes bedeutet:

- Lockerschichten.
- Leichtbindig, mürbe, schneidbar.
- Mittelfest, schwer schneidbar, schwer zerdrückbar.
- Hart, kompakt, zäh, nur mit dem Hammer zu zerschlagen  
Sicher standfest

Abb. 5.

den Abbau auf Steinkohle durch. Die ehemaligen Schachtanlagen Oberhausen, Vondern, Sterkrade und Hugo Haniel sind inzwischen stillgelegt. Von den 3 in Betrieb befindlichen Förderanlagen ist die Schachtanlage Franz Haniel 1/2 die am weitesten nach Norden vorgeschobene und hat daher mit den hydrogeologischen Schwierigkeiten am stärksten zu kämpfen. Sie stößt mit ihren Aufschlußarbeiten in absolutes Neuland vor und hilft mit ihren Untersuchungen die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Norden des Reviers zu klären.

Auf die geologischen Verhältnisse eingehend, legte G. Mock dar, daß der Abbau sich in den Dorstener, Horster, Essener und Bochumer Schichten bewegt. Die Kohle gehört damit zu den Flammkohlen bis Fettkohlen. Die Folge davon ist, daß der Absatz dieser Kohlen zeitweise ins Stocken gerät, sofern nicht die Kohle in der Veredlung und für das Hüttenwerk gebraucht wird. Im Jahre 1963 förderte die gesamte Abteilung Bergbau der Hüttenwerk Oberhausen AG. 19740 t Kohle. Davon entfielen auf die Zeche Franz Haniel 5625 t. Zur Zeit befindet sich die Zeche Franz Haniel in einer Umstellung des Betriebs auf eine erhöhte Konzentration der Förderung, die bereits auch zügig angelaufen ist und ihre ersten Auswirkungen nach mehreren Seiten zeigt. Dabei machen sich naturgemäß Bergschäden bemerkbar, die auch an der Oberfläche in der verschiedenen Form erkennbar sind.

In tektonischer Hinsicht befindet sich die Berechtsame der HOAG südlich der Lippemulde, wobei insbesondere der Abbau der Kohle auf Franz Haniel im Bereich des Südfügels der Lippemulde stattfindet. Größere Sprünge, die die Berechtsame durchsetzen, sind der Prosper Sprung, der Hünxer, Vondern- und Oberhausener Sprung. Die in ihrer Begleitung auftretenden kleineren Störungen seien für die hochmechanisierten Abbaubetriebe unangenehm und können sich nachteilig auf die Förderung und Leistung auswirken.

Nach einer eingehenden Schilderung der hydrologischen Verhältnisse, insbesondere auf der Schachtanlage Franz Haniel, erwähnte G. Mock, daß z. B. die Wasserhaltung Franz Haniel mit Kosten von  $0,12 \text{ DM/t} = 0,25 \text{ DM/m}^3$  gehobenes Grubenwasser belastet werde.

Im Jahre 1963 seien im gesamten Grubenfeld der Gesellschaft  $1\,323\,000 \text{ m}^3$  Grubenwasser gehoben worden. Im Vergleich dazu hat das gesamte Ruhrgebiet im gleichen Jahre rd.  $125\,000\,000 \text{ m}^3$  Wasserzuflüsse gehabt.

Im Rahmen der hydrogeologischen Exkursion ging G. Mock auf den Zusammenbruch des Schachtes Franz Haniel 2 im Jahre 1925 ein, wo aus den sandigen Schichten der Osterfelder Formsande nach dem Ziehen der Gefrierrohre ein Tübbing brach und infolge des Einschwemmens der Sande Schachtgerüst und Fördermaschine in den Schacht stürzten. Erst Jahre später konnte der Schacht wieder neu aufgewältigt werden. Abschließend brachte G. Mock zum Ausdruck, daß er es begrüße, daß die Deutsche Geologische Gesellschaft diese Tagung veranstalte und die Zeche Franz Haniel als Objekt ausgesucht habe, um bergdabei, daß die Wasserwirtschaft über Tage und über Tage zu zeigen. Er unterstrich die wesentliche Entlastung des Zechen- und des Kraftwerkbetriebes bedeute und daß schließlich auch bei der Eigenversorgung ein finanzieller Vorteil sowie das geologisch-hydrologischen Untersuchungsarbeiten der Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse besonders hervorgehoben und auch betont, daß das Haldenproblem, das am Nachmittag eingehend noch studiert

werden sollte, mit Hilfe der Untersuchungen der Wasserwirtschaftsstelle für die Zechen der HOAG-Bergbau zu allgemeiner Zufriedenheit gelöst worden sei. Anschließend lud dann G. MOGK zur Grubenfahrt ein.

Die Grubenfahrt führte über Schacht 2 zur 3. Sohle in den 1. westlichen Abteilungsquerschlag nach Norden. Hier wurden zunächst Wasseraustritte in der Rückbaustrecke Flöz Iduna 2 nach Osten besichtigt, die durch einen erhöhten Chloridgehalt ausgezeichnet waren. Außerdem wurde ein Bohrloch, das in den unmittelbaren Bereich des Zechsteins geführt hatte und maximal 1000 l/min brachte, besucht. Die Hauptwasserzufüsse stammen aus dem Konglomerat im Hangenden von Flöz Loki, die z. Z. etwa 500 l/min betragen. Anschließend wurde die neue Sumpfstrecke und die Wasserhaltung befahren. Nach der Grubenfahrt, die bereits ein eindrucksvolles Bild von den hydrologischen Schwierigkeiten in einem Betrieb unter Tage vermittelte, lud die HOAG zu einem Mittagessen ein. Im Anschluß an das Mittagessen fand zunächst anhand von Lichtbildern ein Vierer-Gespräch zwischen den Herren H. BOLDT, H. J. CLASSEN, K. H. RÜLLER und W. SEMMLER statt. In diesem Gespräch wurde erst von H. BOLDT die Unter-Tage-Situation erläutert und der konzentrierte Abbau dargestellt. Der Abbau, der in den Flözen D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, A und Zollverein 2/3 umgeht, hatte zur Folge, daß im Kölnischen Wald und den benachbarten Gebieten erhebliche Senkungen auftraten. Von der Markscheiderei vorausberechnet, senkte sich die Tagesoberfläche innerhalb kurzer Zeit um bisher 5 m ab. H. BOLDT erläuterte dabei, wie es dazu kommen mußte und legte auch dar, daß zukünftig bei der Konzentration des Abbaues mit weiteren starken Senkungen der Geländeoberfläche innerhalb kurzer Zeit an verschiedenen Stellen zu rechnen sei.

K. H. RÜLLER erklärte sodann nochmals die Situation unter Tage und ging insbesondere auf die Grubenfahrt am Vormittag ein. Anhand verschiedener Diagramme und Profile gab er einen Überblick über die Lagerungsverhältnisse im Baufeld der Zeche Franz Haniel und zeigte, daß der Abbau aufgrund der geologischen Verhältnisse in der bisher durchgeführten Weise so konzentriert notwendig war. Die erzeugten Absenkungen an der Tagesoberfläche führten dabei bisher zu folgenden Schwerpunkten:

1. Kölnischer Wald.
2. Kleekamp.
3. Fernewald.

Da durch diese Absenkungen gleichzeitig in vielen Fällen die Vorflut gestört werde, sei die Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse eingeschaltet worden, um Lösungsvorschläge für die Beseitigung der eingetretenen Versumpfung auszuarbeiten.

H. J. CLASSEN zeigte dann am Beispiel des Kölnischen Waldes, wie die Wasserwirtschaftsstelle derartige hydrologische Probleme untersucht und welcher Hilfsmittel sie sich dabei bedient.

W. SEMMLER erläuterte eine Möglichkeit, um die Versumpfung im Kölnischen Wald ohne Pumpeninstallation beseitigen zu können. Durch eine Bohrung, die von der Wasserwirtschaftsstelle am tiefsten Punkt der Geländeabsenkung niedergebracht worden war, wurde ein tiefer gelegener Grundwasserhorizont erreicht. Der dabei aufgetretene hydrostatische Druck habe es möglich gemacht, daß an der Oberfläche angestaute Wasser in diesen tieferen Grundwasserhorizont zu versenken. Da es sich bei dieser Bohrung aber nur um eine Versuchsbohrung handele, sei diese von vornherein nicht so dimensioniert wor-

den, daß sie als Schluckbrunnen im Dauerbetrieb hätte arbeiten können. Darüber hinaus waren die wasserrechtlichen Voraussetzungen für einen solchen Versuch bisher nur im Betriebsplan verankert. Eine Genehmigung durch den Regierungspräsidenten sei zwar beantragt worden, aber z. Z. noch nicht ausgesprochen. Der Versuch, der im Anschluß an die Vortragsfolge vorgeführt werde, zeige aber, daß das Verfahren durchführbar ist.

H. J. CLASSEN schilderte sodann, welche Maßnahmen im Köllnischen Wald, am Kleekamp sowie im Fernewald erforderlich waren, um die dortigen Versumpfungen wieder rückgängig zu machen. In allen 3 Gebieten seien Polderanlagen gebaut worden, die die jeweils anfallenden Niederschlagswässer in den nächsten Vorfluter heben. Diese Einrichtungen seien deswegen von besonderer Wichtigkeit, weil durch ihre rasche Installation wertvolle Baumbestände vor der Vernichtung bewahrt blieben. Dies treffe insbesondere für den Köllnischen Wald sowie den Fernewald zu. Im Zusammenhang mit den Poldermaßnahmen wurde auch auf die besonderen Verhältnisse am Ebersbach eingegangen. Hier sei das Problem aufgetaucht, ob der Ebersbach verlegt oder aber durch das Versumpfungsgebiet wieder stromabwärts in sein altes Bett gepumpt werden sollte. Letzteres sei durchgeführt worden. Da am Unterlauf des Ebersbaches alte Wasserrechte vorhanden sind und diese von den Anliegern geltend gemacht wurden, sei eine Beibehaltung des natürlichen Bachverlaufes unumgänglich. Einer der Anlieger des Ebersbaches an der Oleynik-Mühle habe bereits versucht, einen Bergschadensanspruch gegen die Zeche geltend zu machen.

W. SEMMLER erklärte, wie es zu diesem Schadensanspruch gekommen sei und daß er sich nach einer eingehenden Prüfung durch die Wasserwirtschaftsstelle als unbegründet herausgestellt hat.

H. BOLDT ging sodann auf das Haldenproblem ein und erläuterte, daß aus verschiedenen betrieblichen Gründen die Zechen des Hüttenwerkes Oberhausen dazu gezwungen seien, ihr Bergematerial im Bereich des Sterkrader Venn abzulagern. Die dabei zu befürchtenden wasserrechtlichen Bedenken hatten wiederum zur Einschaltung der Wasserwirtschaftsstelle geführt.

W. SEMMLER schilderte darauf hin die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund des Sterkrader Venns und erläuterte die durch die Wasserwirtschaftsstelle angestellten Untersuchungen. Das Ergebnis lautete dahingehend, daß ein Kippen von Bergematerial im Sterkrader Venn insbesondere wegen der Gutartigkeit der auf den Zechen der HOAG anfallenden Berge (geringer  $\text{SO}_4$ -Gehalt) unbedenklich ist. Darüber hinaus sei aber auch das bereits vorhandene oberflächennahe Grundwasser im Sterkrader Venn derart mit Huminsäuren versetzt, daß es ohnehin für den menschlichen Genuß nicht in Frage komme. Das weiter unterhalb in den Osterfelder Formsanden befindliche Grundwasserstockwerk, das von den Brunnen des Kraftwerkes Franz Haniel angezapft wird und gutes Wasser liefert, komme mit diesem oberflächennahen Grundwasser nicht in Berührung.

Abschließend erläuterten H. BOLDT und W. SEMMLER die Wassergewinnung des Kraftwerkes Franz Haniel. Hierzu wurden verschiedene Bodenprofile gezeigt und anhand eines Schaubildes die Arbeitsweise der Pumpenanlage verdeutlicht.

Die Vortragsfolge endete um 15.30 Uhr.

Die Teilnehmer der Exkursion begaben sich anschließend mit dem Autobus in den Köllnischen Wald, wo das Absenkungsgebiet des Köllnischen Waldes, die

in Betrieb befindliche Polderanlage sowie der Versenkungsversuch von oberflächennahem Grundwasser in ein tieferes Grundwasserstockwerk vorgeführt wurden. Sodann wurde den Exkursionsteilnehmern vom Autobus aus das Absenkungsgebiet Kleekamp erläutert und die Fahrt zur neuen Bergehalde im Venn fortgesetzt. Hier erklärte H. BOLDT die technischen Probleme, die bei der Anlage einer solchen nahezu 90 m hohen Bergehalde auftreten. Der sofortigen Begrünung der Halde werde dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei der Weiterfahrt zum Fernewald wurde kurz ein Brunnen der Wassergewinnungsanlagen des Kraftwerkes besichtigt, um dann eingehend die Polderanlage im Fernewald zu betrachten. Diese Polderanlage, deren Wasserzulauf zwischen 300 bis 1500 l/min schwankt, ist die modernste dieser Art im Bereich der Schachtanlage Franz Haniel. Im Anschluß daran begab sich die Exkursion zur Oleynik-Mühle, wo W. SEMMLER den bereits im Vortrag erwähnten scheinbaren Bergschaden den Exkursionsteilnehmern vor Augen führen konnte.

Den Abschluß der Exkursion bildete schließlich die Besichtigung einer Haldebegrünung nordwestlich der Schachtanlage Franz Haniel.

Die Exkursion endete gegen 19.00 Uhr in Essen.

### **Exkursion C: Grubenfahrt Zeche Präsident, Bochum und Zeche Shamrock, Herne, am 6. Mai 1964**

Teilnehmer: 22.

Führung: R. SCHMIDT, E. SCHUM.

#### **I. Zeche Präsident**

Die Zeche Präsident ist seit 1943 stillgelegt, da die vorhandenen Kohlenvorräte entweder abgebaut oder an Nachbaranlagen verpachtet worden sind. Das Grubenfeld befindet sich im wesentlichen in der Bochumer Mulde. Der Abbau hat fast auf allen Flözen der Bochumer Schichten stattgefunden. Tektonisch ist das Gebiet stark beansprucht — es wird vom Sutan-Wechsel und einer Anzahl mehr oder weniger starker Querstörungen durchschnitten.

Eine Pumpgemeinschaft der Anlieger hebt seit der Stilllegung die zuffießenden Grubenwässer. Durch den Abbau der Flöze ist das Gebirge weitgehend aufgelockert und entlang der natürlichen Klüftung aufgerissen. Da das Kreidedeckgebirge nur eine geringe Mächtigkeit besitzt (durchschnittlich 60—80 m) und ebenfalls unter Abbaueinwirkung der z. T. oberflächennah gebauten Flöze gelitten hat, können die Niederschläge ungehindert in das Grubengebäude eintreten. Dadurch unterliegen die Grubenwasserzuflüsse auf der Zeche Präsident starken Schwankungen in Abhängigkeit von den Niederschlägen. Das Einzugsgebiet beträgt 5,2 km<sup>2</sup> bei einer streichenden Länge des Baufeldes von 4000 m und einer querschlägigen Ausrichtung von 1300 m. Die Tagessituation des Grubenfeldes der Zeche Präsident ist gekennzeichnet durch relativ schwache Bebauung und die weitflächigen industriellen Anlagen des Bochumer Vereins für Gußstahlfabrikation AG. mit großräumigen Klärbecken der Granulanlage und Wasserkühlbecken. Der kanalisierte Maarbach mit einer Wasserführung von 0,45 m<sup>3</sup>/sec durchzieht zudem oberflächlich etwa in N—S-Richtung das Grubenfeld.

Dadurch ergeben sich zusätzlich zu den natürlichen Niederschlägen von jährlich rd. 760 mm zahlreiche künstliche Versickerungsmöglichkeiten aus den Oberflächenwässern der Industrie.

Die Grubenwasserzuzufüsse auf der Schachanlage Präsident schwanken zwischen  $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$  in Trockenzeiten (z. B. Herbst 1959 und Sommer 1964) und maximal  $7,9 \text{ m}^3/\text{min}$  nach nassen Sommern und gleichzeitig starker künstlicher Versickerung aus undichten übertägigen Anlagen, wie z. B. im November 1958.

Die dem Grubengebäude zuzitenden Wässer werden während der Nachtstunden gepumpt, um Energiekosten zu sparen. Die Wasserhebung erfolgt von 4 Sohlen mit einer gesamten installierten Pumpenleistung von  $48 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Bei der Grubenfahrt wurde zunächst die 10. Sohle (962 m-Sohle) befahren. Hier sitzen aus den abgeworfenen Strecken Wässer mit verschiedener chemischer Zusammensetzung zu, die zum Teil zu Ausfallerscheinungen in den Wasserseigen geführt haben. Es handelt sich dabei einmal um stark NaCl-haltige ( $123 \text{ g/l}$ ) Wässer mit einem Bariumgehalt von  $1,1 \text{ g/l}$  und andererseits um Wässer mit einem NaCl-Gehalt von  $69,9 \text{ g/l}$  und  $\text{SO}_4$ -Werten von  $0,804 \text{ g/l}$ . Beim Zusammenfließen dieser Wässer wird Schwerspat ( $\text{BaSO}_4$ ) ausgefällt. Auf der anschließend befahrenen 9. Sohle (763 m-Sohle) treten dagegen nur Wässer etwa gleichen Chemismus auf ( $967 \text{ mg/l}$  NaCl und  $880 \text{ mg/l}$   $\text{SO}_4$ ). Die Wasseraustrittsstellen selbst liegen im Bereich der abgeworfenen Feldesteile und konnten im einzelnen nicht beobachtet werden.

Mit abnehmender Teufe ändert sich auf den anschließend befahrenen oberen Sohlen der Chemismus weiter und erreicht immer geringere NaCl-Werte. So liegt der Chemismus der Wässer auf der 8. (612 m)-Sohle mit 367 bis  $787 \text{ mg/l}$  NaCl und  $\text{SO}_4$ -Werten zwischen 376 und  $596 \text{ mg/l}$ . Wesentlich geringer ist er auf der 7. (511 m)-Sohle mit einem NaCl-Gehalt von  $237 \text{ mg/l}$  bei gleichzeitiger  $\text{SO}_4$ -Führung von  $495 \text{ mg/l}$ . Auf der 6. (432 m)-Sohle schließlich sinkt der NaCl-Gehalt auf  $132 \text{ mg/l}$  bei einem  $\text{SO}_4$ -Wert von  $292 \text{ mg/l}$ .

Das gesamte als Mischwasser auf der 6. Sohle zusammenfließende Wasser erreicht Durchschnittswerte von  $636 \text{ mg/l}$  NaCl und  $488 \text{ mg/l}$   $\text{SO}_4$ .

Die Abhängigkeit der NaCl-Gehalte von der Teufe sind in Abbildung 11 (siehe Vortrag SEMMLER) graphisch dargestellt. Aus dieser Abbildung ist zu entnehmen, daß die zu erwartenden Kochsalz-Gehalte entsprechend der linearen Kurve nicht auftreten, vielmehr wesentlich geringer sind. Dies ist durch die starke bergbauliche Beanspruchung der hangenden Schichten zu erklären, die ein sehr rasches Eindringen der Tageswässer mit entsprechend geringerem Chemismus ermöglichen.

Auf der 7. Sohle wurde eine dort 1936 aufgefundene Amphibienfährte von *Megapezia praesidentis* H. SCHMIDT über Flöz Plafhofsbank besichtigt. Die Fährte ist sehr gut erhalten und stammt von einem Amphibium mittlerer Größe (vgl. H. SCHMIDT, Paläont. Z., 30, S. 199—206, 1956).

## II. Zeche Shamrock

Die Zeche Shamrock der Bergwerksgesellschaft Hibernia AG. in Herne hat, wie Bergwerksdirektor Bergassessor a. D. H. MENDE in seinen Begrüßungsworten ausführte, erst in neuerer Zeit mit großen Wasserschwierigkeiten zu kämpfen gehabt, nachdem in den früheren Jahren die Grubenwasserzuzufüsse auf der Schachanlage Shamrock  $1/2$  zwischen  $0,7$  und  $0,9 \text{ m}^3/\text{min}$  und auf der Schachanlage Shamrock  $3/4$   $0,4$  bis  $0,6 \text{ m}^3/\text{min}$  betragen haben. Erst beim Auffahren der neuen 8. Sohle ( $-882 \text{ m NN}$ ) trat beim Durchhörtern mit der Richtstrecke nach

Westen im Bereich des Julia-Constantin-Sprunges ein starker Wasserzufluß auf. Die Austrittsstelle ist in der 120 m breiten Störungszone auf rd. 20 m begrenzt. Die Zuflüsse betragen während der Streckenauffahrung maximal  $1,2 \text{ m}^3/\text{min}$  bei einer Temperatur von  $48^\circ \text{C}$  und sind dann langsam auf  $0,250 \text{ m}^3/\text{min}$  zurückgegangen. Bei dem Wasser handelt es sich um eine Sole mit einem Abdampfrückstand von  $105,3 \text{ g/l}$ . Der Analyse nach ist es z. T. ein Tiefenwasser mit einem Bariumgehalt von  $1246 \text{ mg/l}$  und einem Strontiumgehalt von  $285 \text{ mg/l}$ . Auch der Kalzium- und Magnesiumgehalt sind mit  $3410$  bzw.  $988 \text{ mg/l}$  für diese Teufe und im Vergleich zu anderen Austritten auf benachbarten Schachtanlagen sehr beachtlich. Es überwiegt jedoch der  $\text{NaCl}$ -Gehalt mit rd.  $98\,000 \text{ mg/l}$ . Da das Kochsalz mit Sicherheit zum allergrößten Teil aus den norddeutschen Salzablaugeungen herrührt, kann die zugeflossene Sole als Auslaugungssole mit Tiefenwasser vermischt bezeichnet werden. Der Soleinbruch brachte für die Zeche erhebliche Schwierigkeiten sowohl durch die hohe Temperatur wie auch durch den Chemismus. Infolge der hohen Gehalte an Sr und Ba traten bei Vermischung mit den  $\text{SO}_4$ -haltigen Wässern der oberen Sohlen starke Inkrustationen an Pumpen und Steigleitungen auf.

Bei der anschließenden Grubenfahrt wurde im wesentlichen die 8. Sohle befahren. Zunächst wurden die Sumpfstrecken gezeigt. Die Zechendirektion sah sich seinerzeit veranlaßt, nach dem plötzlichen Wassereinbruch 2 getrennte Sümpfe für die chemisch unterschiedlichen Wässer anzulegen. So werden seit dieser Zeit die Ba-haltigen Wässer aus der Störungszone des Julia-Constantin-Sprunges in einem Sumpf gesammelt und getrennt davon die  $\text{SO}_4$ -haltigen Wässer aus den übrigen Betriebspunkten und den oberen Sohlen. Diese vorbildliche Lösung ermöglicht ein reibungsloses und getrenntes Pumpen der chemisch unterschiedlichen Wässer mit ein und derselben Pumpe und nur einer Steigleitung. Dies Verfahren hat sich sehr bewährt und Ausfallerscheinungen von  $\text{BaSO}_4$  an Pumpen und Steigleitungen konnten vermieden werden.

Im Bereich der eigentlichen Störungszone des Julia-Constantin-Sprunges werden die Wässer seit mehreren Monaten durch eine Verschalung von der Richtstrecke ferngehalten und in abgedeckten Wasserseigen fortgeführt. Dadurch ist erreicht worden, daß eine Aufheizung der Frischwetter vermieden wird und die Luftfeuchtigkeit konnte ebenfalls erheblich gesenkt werden.

Die Grubenfahrt fand ihren Abschluß mit einer Besichtigung der neuen automatischen Förderanlagen des Schachtes Shamrock II und einer Besteigung des Schachtförderturmes mit einer Höhe von  $86 \text{ m}$ , von dessen oberster Plattform die Exkursionsteilnehmer einen schönen Rundblick über die Industrielandschaft des rheinisch-westfälischen Steinkohlenreviers hatten.

### **Exkursion D: Hydrogeologie des Ruhrgebietes am 8. Mai 1964**

Teilnehmerzahl: 84 (2 Autobusse).

Führung: K. FRICKE, W. SEMMLER.

Die Exkursion begann an dem Erinnerungsmal für die Berne-Quelle am Berne-Wäldchen in Essen-Süd. Anhand von geologischen Übersichtskarten wurde zunächst die Geologie des Deckgebirges am Südrande des Ruhrgebietes allgemein besprochen und die Hydrologie im Bereich des Ausstriches der Schichten des Cenomans und des Turons insbesondere erklärt. Dabei spielte die Berne-

Quelle, wie auch zahlreiche andere Quellen in dieser Zone des Unterturons (Labiatus-Mergel) eine besondere Rolle. Sie lieferte das Wasser über mehrere hundert Jahre für den Hauptfluß der Stadt Essen und war, wie auch andere Quellen der gleichen Herkunft, sehr wasserreich. Heute ist sie versiegt infolge der Baumaßnahmen, sowie der Entwässerungsarbeiten und des tiefen Einschnittes der Bundesbahn in diesem Stadtteil. Der Bergbau ist nicht an diesem Wasserentzug beteiligt. Das Material des Erinnerungsmals aus Karbonsandstein ist weder an der richtigen Stelle errichtet, noch entspricht das Gestein dem wirklichen Ursprungsgestein. Die Berne-Quelle lag etwa 400 m weiter südlich und entsprang aus dem kalkigen Labiatus-Mergel.

Von der Berne-Quelle aus ging es im Bernetal mit dem Autobus etwa 1500 m nach Norden, wobei die Exkursionsteilnehmer vom Autobus aus die Morphologie des Bernetals kennenlernten. Dabei wurde in unmittelbarer Nähe des Burgwallbrunnens vom östlichen Talhang der Berne aus die inselähnliche Lage der Altstadt von Essen, zwischen der Limbecke und der Berne, aufgezeigt. Bei der Besichtigung von Burgwallbrunn, wo die Teilnehmer von Oberstadtdirektor a. D. Dr. WOLFF herzlich mit einem Umtrunk begrüßt wurden, konnte zunächst die Stratigraphie des Deckgebirges anhand des Bohrprofils aufgezeigt werden. In den oberflächennahen Schichten steht das Turon mit Bochumer Grünsand an. Darunter folgt der Labiatus-Mergel und dann das Cenoman mit dem Essener Grünsand. Die Bohrung war bis 32 m Tiefe niedergebracht und von 28 m Tiefe ab in das Karbon eingedrungen und konnte noch rechtzeitig angehalten werden, bevor das hier erschlossene Mineralwasser schließlich in alte aufgelassene, darunter befindliche Grubenbaue sich verlaufen hätte. Die Schüttung der Brunnen von Burgwallbrunn ist ausreichend, um den Bedarf an Mineralwasser zu decken. Nach der Besichtigung der Abfülleinrichtungen ging die Fahrt nach Wattenscheid zu den Mineralwasserbrunnen der Heimdienst Getränke GmbH. Unterwegs wurden dabei in beiden Autobussen Erklärungen über Morphologie, Geologie, Stratigraphie und Tektonik gegeben, so daß sich bereits vom Ruhrschnellweg aus, zwischen Essen und Wattenscheid bei guten Sichtverhältnissen den Teilnehmern ein eindruckvolles Bild der gegebenen geologischen Verhältnisse des Ruhrreviers bot.

Bei den Mineralwasserbrunnen der Heimdienst Getränke GmbH. wurde zunächst oberhalb der Hofwiese von Beckmannshof die Stratigraphie des Kreidedeckgebirges behandelt. Ferner konnten die bergbaulichen Verhältnisse, so wie sie sich durch den Abbau der Flöze innerhalb des Karbons in den vergangenen Jahrzehnten ergaben, den Teilnehmern klar gemacht werden. Ein ausgesprochenes Bergschadensgebiet liegt hier vor, wo die Mineralwasserbrunnen stehen. Bereits von 1887—1923 hat der Hofbesitzer Beckmann Schadenersatz wegen Wasserentzug erhalten, dann stellte sich jedoch das Wasser wieder ein. Die Erscheinung wurde erklärt und dabei auch darauf hingewiesen, daß im Ausstrich des Labiatus-Mergels und auch des Bochumer Grünsandes, die Niederschläge im Süden versickern und entsprechend dem geringen Einfallen des Kreidedeckgebirges nach Norden in der gleichen Richtung abfließen. Im Bereich des Beckmannshofes begegneten sie dabei dem von Norden herkommenden Salzwasser und vermischten sich mit diesem zu einem Mineralwasser, das die Qualität eines staatlich anerkannten Heilwassers besitzt. Anhand der Auflagen, die die Bewilligungsbehörde im Zusammenhang mit der Genehmigung zur Wassergewinnung für die Heimdienst Getränke GmbH. gemacht hatte, konnten die umfangreichen Maßnahmen und geologischen Untersuchungen vorgeführt werden. Insbesondere war für alle

Teilnehmer sehr eindrucksvoll, welche Sanierungsmaßnahmen aus hygienischen Gründen durchgeführt werden mußten. In diesem Zusammenhang wurde die neuartige Auskleidung eines Vorflutgrabens mit PVC-Folie gezeigt. Weiter war die mächtige Überlagerung des Lößes bis zu 15 m Gegenstand der Diskussion. Die hydrologischen Verhältnisse waren daher sehr eindrucksvoll. Viele Fragen wurden von den beiden führenden Herren den Teilnehmern beantwortet. Eine Besichtigung der Abfällanlagen, sowie der vorbildlichen hygienischen Einrichtungen und die Einladung zum Mittagessen beschlossen den Vormittag. Am Nachmittag wurde zunächst die Carolus-Quelle in Bochum kurz besichtigt, da diese der gleichen Entstehung ist wie die vorgenannten Brunnen der Heimdienst Getränke GmbH., sich jedoch im Chemismus davon unterscheidet.

Von hier aus ging es dann über den Ruhrschnellweg und Autobahn nach Hamm-Oberwerries zur aufgelassenen Schachanlage Maximilian, wo ein Versenkungsversuch von Oberflächenwasser eingehend erörtert wurde. Es hat sich bei diesem Versenkungsversuch herausgestellt, daß das Deckgebirge einschließlich Steinkohlengebirge durchaus in der Lage ist, eingeleitetes Wasser zu schlucken. Jedoch konnte aus technischen Gründen der Versuch nicht mit vollem Erfolg abgeschlossen werden. Weitere Untersuchungen sind daher notwendig.

Die alsdann besichtigte Bohrung Werries, wo eine Sole von rd. 8,3% mit Kohlendioxyd beladen in einer Bohrung hochkommt und zum Mineral- und Solebad Hamm gepumpt wird, erläuterte K. FRICKE alle Merkmale dieses Wassers. Er führte aus:

Das Bad Hamm entnimmt seine Sole dem etwa 3 km östlich liegenden Bohrloch Haus Werries, das im Jahre 1876 auf Steinkohle abgeteuft wurde. Die Solquelle wurde bei 651,89 m im Turon mit einer Temperatur von 33,2° und einer Ergiebigkeit von 0,5 cbm/min angeschlagen. Von 1884 bis 1941 wurde die Saline Königsborn mittels einer 26 km langen Leitung mit Rohsole versorgt. Ein Teil der Sole wurde gegen Entgelt an das Bad Hamm abgegeben. 1941 wurde die Saline Königsborn stillgelegt (Erneuerung des Rohrleitungsnetzes war unrentabel) und Hamm kaufte die Quelle für 40 000.— Mark an.

Die austretende Kohlensäure wird aufgefangen und komprimiert. Durch ein 30 m langes Rohr wird die komprimierte Kohlensäure wieder in das Bohrloch gedrückt. In bestimmten Abständen sind in dem Rohr Schlitz angebracht, so daß die dort austretende Kohlensäure die Sole nach über Tage fördern kann. Durch eine 200 l/min- und eine 800 l/min-Pumpe wird die Sole angesaugt und mittels Rohrleitung nach Bad Hamm transportiert. Die Pumpen arbeiten durchschnittlich 12 Stunden am Tag (rd. 700—800 cbm/Tag).

Durch das Abpumpen wird der Wasserspiegel, der normal 1 m unter Tagesoberfläche steht, nur um einige cm abgesenkt. Eine Abhängigkeit des Wasserstandes von den Niederschlägen ist vorhanden (Überlaufen nach regenreichem Winter), jedoch nicht systematisch untersucht worden. Bei dem Wassereinbruch in Schacht III der Zeche Sachsen (1938) senkte sich der Wasserspiegel um 30 m, nahm aber nach  $\frac{1}{4}$  Jahr wieder den alten Stand ein. Als der Schacht Bayern im Jahre 1943 ersoff, fiel der Wasserspiegel um 23,5 m, ging dann aber mit dem Ansteigen des Wassers im versoffenen Schacht wieder in die alte Höhe.

Das Wasser der Quelle tritt mit 31,5° aus und wird in Bad Hamm nach dem Wärmeverlust des Leitungsweges wieder aufgeheizt.

Die u. a. chemische Analyse (n. FRESENIUS) ist bereits sehr alt. Eine neuere liegt nicht vor.

1 kg enthält:

Chlornatrium	74,745 g	Schwefels. Na	—
Chlorkalium	0,686 g	Schwefels. K	—
Chlorlithium	0,065 g	Schwefels. Mg	—
Chlorammonium	0,097 g	Kohlensaurer Kalk	0,157 g
Chlorkalzium	3,005 g	Kohlensaures Mg	0,896 g
Chlormagnesium	—	Kohlensaures Eisenoxydul	0,041 g
Brommagnesium	0,19 g	Kohlensaures Manganoxydul	0,0004 g
Jodmagnesium	0,0002 g	Kieselsäure	0,01 g
Bromnatrium	—	Freie Kohlensäure	0,764 g
Schwefelsaures Strontium	0,135 g	Halbgeb. Kohlensäure	0,554 g
Schwefels. Kalk	1,934 g		
			83,154 g

Ferner Spuren von Baryt, Tonerde, Borsäure und Schwefel. Die Sole wurde auf Radioaktivität untersucht und ergab folgende Werte:

- a) Sinter am Bohrloch: 1,7 M. E. i. 103 (für 125 g Substanz),
- b) Sole am Bohrloch: 0,28—0,46 M. E. i. 103 (für 1 l).

Die Thermalsole von Bad Hamm wird zu Bade- und Inhalationskuren und für ein Bewegungs-Thermalbad genutzt. Als Heilanzeigen werden genannt:

Rheuma	Katarrhe der oberen Atemwege
Frauenkrankheiten	Kinderkrankheiten.

Folgende Behandlungsmöglichkeiten vorhanden:

- Hydrotherapie
- Elektrotherapie
- Massage und Gymnastik.

Von Werries aus führte der Exkursionsweg dann nach Nateln. Hier tritt eine konzentrierte Sole von 4—8% Mineralgehalt, schwankend mit einer Temperatur um 21—22° C aus einer alten Mutungsbohrung aus. Sie enthält mehr als 2 g Kohlensäure. K. FRICKE gab hier eingehende Erläuterungen über die Entstehung, die Art des Wassers und seinen Chemismus, wie sie nachstehend folgen.

Dieser interessante Salzwasseraustritt liegt im südlichen Münsterland zwischen Hamm und Soest.

Eine Zusammenstellung der verstreut vorhandenen Daten erfolgte in den letzten Jahren durch W. SEMMLER und K. FRICKE.

Im Jahre 1898 wurde die Steinkohlenmutungsbohrung Aurora 2 abgeteuft, die in 220 m einen starken Solezufluß erschrotete. Das Schichtenverzeichnis ist nicht bekannt, läßt sich aber von der im gleichen Jahr in enger Nachbarschaft abgeteuften Bohrung Aurora 4 übertragen.

0— 11,00 m	Diluvium
—163,00 m	Emscher-Mergel
—230,80 m	Soester Grünsand
—260,00 m	Kalkmergel
—267,15 m	Bochumer Grünsand
—369,35 m	Cenoman
—408,00 m	Karbon

Die Bohrung Aurora 2 soll nur 241 m tief sein. Über die Verrohrung, die inzwischen ± zerstört ist, sind keine weiteren Angaben vorhanden. Der Durchmesser der Bohrung wird in den oberen Teufen mit 300 mm, unten mit 76 mm angegeben.

Nach einer anderen Auslegung ist 1894 die Bohrung Aurora 2 mit dem o. a. Schichtenverzeichnis abgeteuft, während 1898 die Bohrung Aurora 4 folgendes Profil erschloß:

0—412,00 m	Oberkreide
—461,50 m	Schieferton
—462,30 m	Flöz
—464,60 m	Schieferton

SEMMLER sieht den Zutritt der Sole in einer Störungszone in 170 m im Weißen Mergel und stellt diese in Verbindung mit dem „Münster-Sprung“ des Grabens von Maximilian. Eine Verbindung mit Schacht Sachsen III wird für möglich gehalten.

Im Jahre 1898 wurden folgende Angaben zum Soleabfluß gemacht:

Salzgehalt	8%
Temperatur	20° C
Schüttung	30 cbm/h
CO <sub>2</sub>	1.936 mg/kg

Der Salzgehalt und auch die Schüttung sind — in Abhängigkeit von den Niederschlägen — gewissen Schwankungen unterworfen, die im vorliegenden Fall besonders ins Gewicht fallen, da die Bohrung technisch nicht mehr intakt ist.

1898:	8 %	20°	30 cbm/h	1 936 mg/kg CO <sub>2</sub>
III 1935:	8,13%			
III 1939:	13,05%			
III 1944:	4,4 %			
1948:	7,2 %			
VI 1959:			60 cbm/h	2 000 mg/kg CO <sub>2</sub>
III 1960:	8,49%	21,1°	30 cbm/h	

Folgende Analysen liegen vor:

#### 1948 (Königsborn)

NaCl	72,190 g/kg	MgJ	0,00001 g/kg
KCl	0,88 g/kg	CaSO <sub>4</sub>	0,126 g/kg
LiCl	0,06 g/kg	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,021 g/kg
MgCl <sub>2</sub>	0,89 g/kg	Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,06 g/kg
CaCl <sub>2</sub>	1,38 g/kg	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,01 g/kg
NH <sub>4</sub> Cl	0,06 g/kg	CO <sub>2</sub> , frei	0,410 g/kg

#### 1960 (WBK)

pH	6,2 g/kg	Ba	—
Abdampf	84,936 g/kg	Ca	1,744 g/kg
Cl	48,650 g/kg	Mg	0,309 g/kg
SO <sub>4</sub>	1,517 g/kg	Gesamthärte	301° dH

#### 1963 (Hygiene-Institut)

21° C		K	234 mg
pH	5,8	CaO	3 800 mg
Abdampf	87,12 g/kg	MgO	626 mg
NO <sub>3</sub>	5 mg	Fe	14 mg
NO <sub>2</sub>	0,1 mg	SiO <sub>2</sub>	10 mg
NH <sub>4</sub>	40 mg	HCO <sub>3</sub>	1 740 mg
Cl	50 200 mg	CO <sub>2</sub> (geb.)	628 mg
SO <sub>4</sub>	2 400 mg	Gesamthärte	460° dH
Na	27 500 mg	Karbonathärte	80° dH

Die Ergiebigkeit liegt also maximal bei etwa 60 cbm/h, d. h. der Vorfluter wird mit 113 t Salz pro Tag und 74 t Eisen pro Jahr belastet. Die stündliche CO<sub>2</sub>-Abgabe beträgt 120 kg.

Das Solwasser tritt heute ständig sprudelnd in einem Quelltümpel von 5 m Durchmesser aus, der je nach den meteorologischen Verhältnissen bis etwa 2 m Höhe gefüllt ist oder aber nur auf der Sohle mit dem Solwasser bedeckt ist. Im Quelltümpel haben sich größere Mengen von rotem Schlamm abgesetzt, die den Zulauf gelegentlich verstopfen, jedoch immer wieder freigespült werden.

Es ist gelegentlich, auch in neuester Zeit, über eine mögliche Nutzung der Solquelle verhandelt worden.

Eine Zufuhr mittels Rohrleitung nach Bad Sassendorf scheidet wegen hoher Kosten aus und ist nach den dortigen Neubohrungen in den Jahren 1960/62 auch nicht erforderlich.

Eine örtliche Nutzung der Sole (Schwimmbad usw.) ist noch im Gespräch, ebenso eine Nutzung der freien Kohlensäure (s. u.).

Voraussetzung für jede Nutzung, aber auch für eine Verhinderung der Salzbelastung des Vorfluters ist eine sachgemäße Neufassung der Bohrung.

W. SEMMLER hat entsprechende Vorschläge unterbreitet, und seitens einer Bohrfirma sind weitere technische Überlegungen angestellt.

Wenn es gelingt, eine Rohrtour von 1500 mm und kleiner bis etwa 20 bis 25 m zu versenken und eine vorläufige Abdichtung (Stahlrohrtour mit Betonhinterfüllung) im Bereich des Emscher-Mergels zu erzielen, könnte der freie Auslauf unter Kontrolle gebracht werden und später zur gegebenen Zeit über die Verwendung entschieden werden.

Von einigem Interesse sind die berg- und wasserrechtlichen Überlegungen.

Das Oberbergamt hat bereits 1921 die Verfüllung verfügt. Da die Gewerkschaft Aurora II in Liquidation war, konnten keine Mittel für die Verfüllung bereitgestellt werden. Ein Verkauf des Bergwerkseigentums war nicht möglich.

Zweiter Eigentümer durch Kaufvertrag vom 12. November 1957 ist die Gewerkschaft Pattberg GmbH. in Koblenz, die an der CO<sub>2</sub>-Gewinnung interessiert ist. Der Schadenersatzanspruch des Lippe-Verbandes ist von dieser Gewerkschaft also übernommen.

Der Kreis Soest vertrat auf einem Behördentermin die Ansicht, daß es sich um die Belastung eines Wassergrabens III. Ordnung handele, für den das Amt Borgeln-Schwefe zuzulassen ist. Da es sich nicht um eine konkrete Gefährdung handele, wäre ein ordnungsbehördlicher Eingriff nicht möglich. Seitens des Regierungspräsidenten Arnsberg wird geltend gemacht, daß lediglich eine Klage des Lippeverbandes gegen die Gewerkschaft Pattberg auf Unterlassung möglich ist, da es sich um eine privatrechtliche Nutzung handele. Demgegenüber vertritt der Lippeverband die Meinung, daß es hier im wesentlichen nicht um Schadenersatzforderungen, sondern um die Wahrung wasserwirtschaftlicher Interessen geht.

Auf einem weiteren Termin wurde festgestellt, daß Aurora II im Bereich der Salzgerechtnisse von Sassendorf liegt, daß also Sassendorf auch hier das Mutungsrecht gehört (Aurora II verfügt also nicht über ein Salzschrüferecht). Bis zum Jahre 1934 lagen die Salznossenschaftsvermögen zwangsversteigert und die Grundstücke z. T. von der Landesbank Münster erworben. Die Nutznießung der Sole ging auf die Badeverwaltung Sassendorf über. Heute gehört das Grundstück Aurora II der Gew. Pattberg, das Solerecht nach wie vor der Badeverwaltung Sassendorf, die seit 1694 Rechtsnachfolgerin der ehemaligen Saline ist.

Aurora II hat also lediglich das Grundstück verkauft, der Bergwerksbesitz ist nicht zu veräußern. Das Schürfb Bohrloch gehört also dem Repräsentanten von Aurora II.

#### Aurora 4

- 1898 durch Bergwerksdirektion in Herne erbohrt. Mutung Aurora 4.
- 1901 Rechte an Baron v. Königswarten/Hannover abgegeben.
- 1902 Bergwerk Aurora 4 an die Gewerkschaft Aurora 2 aufgelassen.

- Repräsentanten:  
 1903—1906 E. Bergengruen, Hannover.  
 —1921 M. Beermann, Hannover.  
 —1926 E. Middelschulte.  
 —1939 Dr. Kollmann.  
 ab 1939 Hertin.

Für Schäden haften nach §§ 108, 152 ABC der Bergwerkeigentümer. Da kein Vermögen vorhanden ist, kann das Oberbergamt die Verfüllung der Bohrung nicht erreichen (s. o.).

Im Jahr 1960 ist die Gewerkschaft Pattberg in Liquidation gegangen und das Grundstück in den Besitz der Vermögensverwaltung der Gew. Pattberg gelangt. Da es sich um einen privatrechtlichen Vertrag handelt, besteht keine Verfügungsbefugnis über die Sole, die nach wie vor der Genossenschaft der Salzbeerbtten gehört bzw. deren Nachfolgerin, der Badeverwaltung Sassendorf.

Ob über die Kohlensäure verfügt werden kann, ist zweifelhaft. Nach bergrechtlicher Auffassung ist für freie  $\text{CO}_2$ , soweit sie alleine an der Erdoberfläche auftritt, der Grundstückseigentümer Verfügungsberechtigt. Wenn sie jedoch in enger Vermischung mit der Sole auftritt, gehört sie zur Sole selbst.

Im Anschluß an diese Ausführungen, erklärte Reg.-Baudirektor KEIL, daß der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten die Mittel zur Schließung der Bohrung zur Verfügung gestellt hat.

Nachdem die Teilnehmer so bereits einen umfassenden Überblick über die Mineralwasseraustritte am Südrande des Ruhrreviers innerhalb des Bereiches des Deckgebirges erhalten hatten, sollten sie anschließend in das Zentrum des Münsterländischen Beckens geführt werden, wo in den Halterner Sanden, im Santon bei Haltern, ein großes Wasserwerk sowohl Grundwasser wie auch infiltriertes Wasser in einer Menge von rd. 250 000 m<sup>3</sup> täglich fördert und damit einen großen Teil des Bedarfes der Bevölkerung und der Industrie des Ruhrreviers befriedigt. Die Führung und Erklärung am Halterner Wasserwerk gab Dipl.-Ing. SCHMIDT vom Wasserwerk für das nördlich-westfälische Kohlenrevier in so verständlicher Form, daß die 84 Teilnehmer der Exkursion voll befriedigt von der Besichtigung dieses großen Wasserwerkes und seiner hydrogeologischen Grundlagen waren. Der Einladung zum abendlichen Imbiß wurde bestens dankend und gern Folge geleistet.

Rückkehr nach Essen gegen 19.50 Uhr.

### **Exkursion E: Hydrogeologie des linksrheinischen Braunkohlengebietes**

Teilnehmerzahl: 44.

Führung: H. KARRENBERG, R. NIEDER, E. QUITZOW.

Seit Kriegsende befindet sich der rheinische Braunkohlenbergbau in einem Strukturwandel. Alle, teilweise schon seit 80 Jahren bestehenden Bergwerksbetriebe auf dem Höhenrücken der Ville im Süden des Reviers gehen in wenigen Jahren der Erschöpfung entgegen. Für diese Betriebe muß Ersatz geschaffen werden. Trotz der noch sehr großen Braunkohlenvorräte im Rheinland (rd. 60 Mrd. t) stößt das aber insofern auf erhebliche Schwierigkeiten, als der größte Teil des bis zu 80 m mächtigen Kohlenflözes am Westrand der Ville an einer großen Verwerfung, dem Erftsprung, bis zu 500 m abgesunken ist.

Um den Abbau bis in die geplanten Tagebautiefen von 250 m zu ermöglichen, waren umfangreiche Maßnahmen zur Bewältigung des Grundwasserzuflusses nötig, da mit den Abraumböschungen der Tieftagebaue das Erftgrundwasserbecken angeschnitten werden muß. Von dem Grundwasserinhalt von rd. 40 Mrd. cbm müssen mehr als ein Viertel gehoben werden. Hierzu wurden und

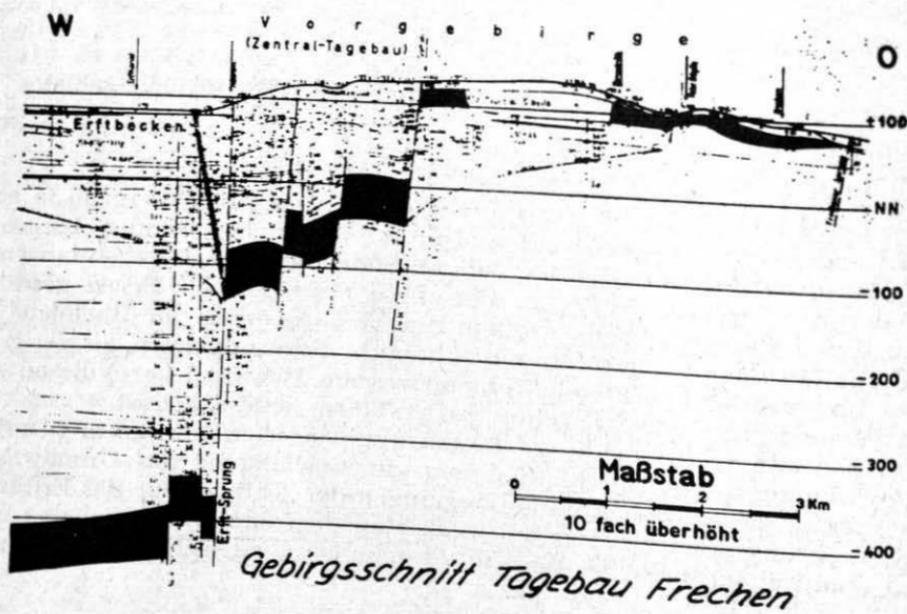
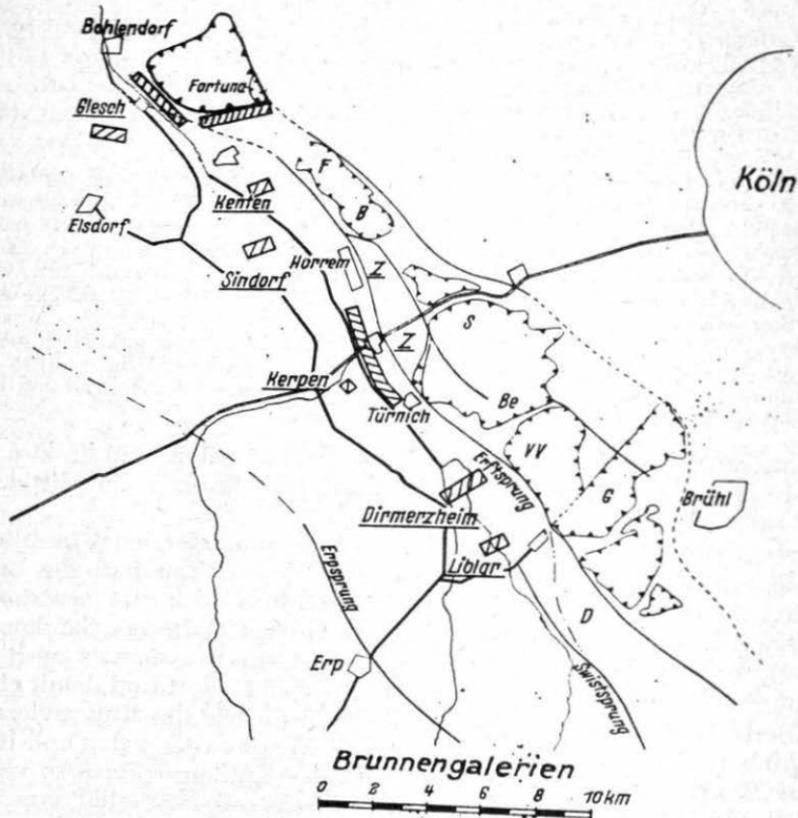


Abb. 1.

# Grundwasserabsenkung u. Ersatzwasserbeschaffung

der Rheinischen Braunkohlenwerke A.G. Köln

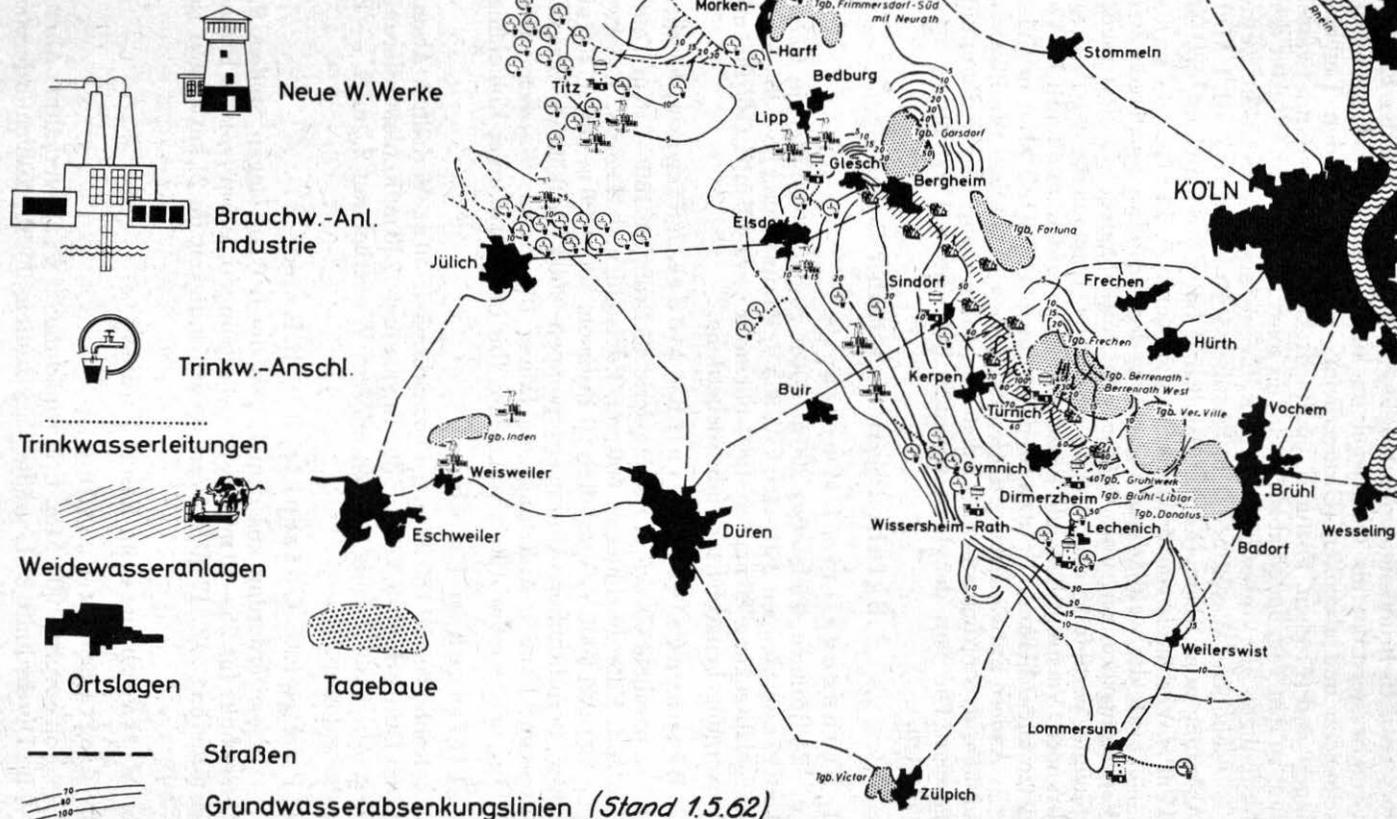


Abb. 2.

werden noch Brunnengalerien angelegt, die teils den von der Eifel kommenden Grundwasserstrom als Querriegel im Süden des Erftbeckens weitgehend abschneiden und absenken (Dirmerzheim), und die teils den Tagebauen vorgelegt sind (Frechen, Fortuna), um durch Absenkung des Grundwassers den Zufluß zu den Tagebauen abzuriegeln, da sonst keine Standfestigkeit der Tagebauböschungen als Vorbedingung zur Kohlegewinnung ermöglicht werden könnte.

Gehobene Wassermenge bisher über 5 Mrd. cbm (z. Z. rd. 1 Mrd. m<sup>3</sup>/Jahr). Ableitung zum Rhein (Kölner Randkanal bei Götzenkirchen) und zur Erft, je 17 m<sup>3</sup>/s. Verhältnis von Wasserhebung zu Kohle = 13 : 1.

Durch die weitflächige Absenkung des Grundwasserspiegels wurden viele Versorgungsbrunnen und Wasserwerke trockengelegt. In den meisten Fällen genügte Vertiefung oder Herstellung neuer Brunnen neben den vorhandenen Brunnen. Verstreut liegende Einzelversorger wurden an öffentliche Versorgungsnetze angeschlossen. Ersatzwasserlieferungen etwa 130 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr.

Andere Entwässerungsschäden haben sich, abgesehen von lokalen Gebäudeschäden in Störungszonen, bei dem nun schon mehrjährigen Pumpbetrieb nicht gezeigt. Die von der Landwirtschaft befürchtete Versteppung ist nicht eingetreten.

### Befahrungen (in zeitlicher Reihenfolge)

#### 1. Brunnengalerie Dirmerzheim

24 Brunnen, Tiefe etwa 200 m, 600er gummierter Filter, je 100 m Abstand, Unterwasserpumpen 280—400 kW, 865 V, Pumpleistung bis 1963 5 m<sup>3</sup>/s, Wasserspiegelabsenkung 80 m. Seit 1963 nur noch etwa 1,5 m<sup>3</sup>/s (165 000 m<sup>3</sup>/Tag) zur Versorgung benachbarter Industriebetriebe.

#### 2. Brunnengalerie Türnich—Mödrath (Tagebau, Frechen)

2 parallele Galerien: Hauptgalerie 47 Brunnen, 150—310 m Teufe, je 50 m Abstand, Filterdurchmesser 800 mm, Edelstahl und Hagusta, Unterwasserpumpen 800 kW, 3000 V. Vorstaffel: 20 Brunnen, 300—350 m tief, je 100 m Abstand, 800er Ferrolithfilter, Unterwasserpumpen 800 kW, 3000 V, Wasserförderung insgesamt 13 m<sup>3</sup>/s, Ableitung zum Kölner Randkanal, Wasserspiegelabsenkung 150 m, noch weitere 100 m vorgesehen (bis etwa 50 m unter Kohlenliegendes).

#### 3. Tieftagebau Frechen

Kohlenvorrat 180 Mio. t, Flözmächtigkeit 50 m, Verhältnis Abraum : Kohle = im Durchschnitt 3,5 : 1, größte Tagebautiefe 230 m, Kohlenförderung 40 000 t/Tag, Abraumförderung 140 000 m<sup>3</sup>/Tag, Wasserhebung 2,5 m<sup>3</sup>/s. — Erftsprung aufgeschlossen.

#### 4. Pumpwerk Götzenkirchen b. Horrem

Wasserförderung aus dem Erfttal durch 6 km langen Stollen, 9,5—7,5 m<sup>2</sup> Querschnitt für 25—30 m<sup>3</sup>/s, 6 Propellerpumpen, je 5 m<sup>3</sup>/s, 13 m Hubhöhe, Wasserförderung z. Z. 17 m<sup>3</sup>/s, Wassergeschwindigkeit im 21 km langen Kanal 2 bis 5 m/s.

#### 5. Mittagspause im Kasino Fortuna

#### 6. Tieftagebau Fortuna

Kohlenvorrat 900 Mio. t, Flözmächtigkeit 55 m, Verhältnis Abraum : Kohle = im Durchschnitt 2 : 1, größte Tagebautiefe 260 m, Kohlenförderung 80 000 t/

Tag, Abraumförderung 300 000 m<sup>3</sup>/Tag, Wasserhebung 6 m<sup>3</sup>/s. — Quadrather Sprung (Fortsetzung des Erftsprungs) aufgeschlossen.

#### 7. Brunnengalerie Bohlendorf (Tagebau Fortuna)

43 Brunnen, Tiefe 310—350 m, 800 mm Durchmesser, Hagusta und Edelstahlfilter, Unterwasserpumpen 800—1100 kW, 3000—6000 V, Nennleistung je Brunnen 15 m<sup>3</sup>/min. Wasserhebung z. Z. 7,5 m<sup>3</sup>/s. Ableitung zur Erft, Wasserspiegelabsenkung 180 m, noch weitere 80 m vorgesehen.

#### 8. Brunnensaugbohrgerät

Spülbohrgerät mit indirekter Spülung, Spülwasser ohne Zusatz von Tontrübe, keine Verrohrung, Bohrdurchmesser 1500 mm und mehr. Teufen bis etwa 400 m, Bohrleistung bis 100 m/Tag.

## VORTRÄGE

Semmler, W. (1964): Hydrogeologie in Bergbaugebieten. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 38-54; 11 Abb.

### Hydrogeologie in Bergbaugebieten

Mit 11 Abbildungen

Von W. SEMMLER \*), Essen

Bei den Tagungen der Deutschen Geologischen Gesellschaft ist es schon fast zur Tradition geworden, eines Jubiläums zu gedenken, das entweder Personen oder die Gesellschaft bzw. das Thema betrifft. Bei dieser Frühjahrstagung können wir zum Thema auf die hundertste Wiederkehr des Tages hinweisen, an dem die Kaupe-Quellen, die seit dem Jahre 1434 über 400 Jahre lang einen wesentlichen Teil der Wasserversorgung der Stadt Essen übernahmen, infolge Einwirkung des Bergbaues im Jahre 1864, versiegten. Es waren Quellen, die nicht aus dem Steinkohlengebirge genährt wurden, sondern aus dem weißen Mergel der oberen Kreide austraten. Dieses Geschehnis dürfte eine gute Einleitung zu meinem Vortrag sein.

Hydrogeologie in Bergbaugebieten ist ein Thema, mit dem sich mit großer Wahrscheinlichkeit schon die Bergleute der Steinzeit befassen mußten, da sie beim Schürfen und Graben nach Feuerstein mit dem Grundwasser in Berührung kamen. Später haben dann im Altertum und insbesondere im Mittelalter die Bergleute sozusagen hydrogeologisch gearbeitet und eine intensive Wasserwirtschaft betrieben. Sie kannten versiegte Quellen und Brunnen, versinkende Bäche und Teiche sowie versaufende Schächte und vollgelaufene Grubenbaue. In vielen Fällen haben sie die zusammenhängenden hydrologischen Fragen nicht erkannt bzw. nicht erkennen können. Erst die hydrogeologische Wissenschaft mit ihren vielseitigen Untersuchungen hat auf diesem Gebiet in jüngster Zeit Erkenntnisse gebracht, die es ermöglichen, einen Überblick über die hydraulischen Zusammenhänge innerhalb des Gebirges zu geben. So stellt das Thema „Hydrogeologie in Bergbaugebieten“ heute den Inbegriff einer umfassenden wissenschaftlichen Erfahrung dar, den es in früheren Zeiten nicht gegeben hat. Wenn man daher die Frage nach der Berechtigung dieser Tagung stellt, dann ist dazu zu sagen, daß der Bergbau wohl der größte Grundwasserförderer in Deutschland ist und das Wasser den Vorkommen in Mengen entnimmt, die wohl eine besondere Beachtung verdienen. Der Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik hebt z. B. jährlich rund 220 Millionen m<sup>3</sup> zu Tage, der Ruhrbergbau hat einen Wasserumsatz von annähernd 500 Millionen m<sup>3</sup> jährlich, so daß auf eine Tonne Kohle etwa 5 m<sup>3</sup> Wasser umgesetzt werden. Darin ist das Grubenwasser enthalten. Der westdeutsche Braunkohlenbergbau fördert weit über 1 Milliarde m<sup>3</sup> Wasser je Jahr als Grubenzufluß und der mitteldeutsche Braunkohlenbergbau hebt nach Milde ebenfalls über 1 Milliarde m<sup>3</sup> Wasser, so daß der Braunkohlenbergbau Deutschlands allein über 2 Milliarden m<sup>3</sup> Wasser jährlich aus dem Grundwasser entnimmt. Für Mitteldeutschland bedeutet diese Entnahme von 1 Milliarde m<sup>3</sup> Wasser etwa einen Anteil von 60% der öffentlichen Wassergewinnung. Aber

\*) Anschrift des Autors: Prof. Dr. W. SEMMLER, 43 Essen-Bredeney, Heierbusch 6

auch andere Zahlen machen die Bedeutung der Hydrogeologie bzw. anderer hydrogeologischer Maßnahmen deutlich. Der Kali-Bergbau hat bis heute mehr als 375 Millionen m<sup>3</sup> Kali-Abwässer versenkt und weitere Millionen werden sicher folgen. Außerdem sind noch der Erzbergbau und der Bergbau der Steine und Erden sowie andere zu erwähnen, die jährlich zwischen 80 und 100 Millionen m<sup>3</sup> Wasser fördern. So kommen etwa für den deutschen Bergbau rund 3 Milliarden m<sup>3</sup> Wasser jährlich = 5700 m<sup>3</sup>/min oder 950 m<sup>3</sup>/sec in Betracht, die aus den verschiedenen Gebirgsschichten als Grundwasser entnommen werden. Der größte Teil dieser Wassermengen wird im Zusammenhang mit der Aufschließung und dem Abbau der Lagerstätten gefördert und muß daher bewältigt werden. Änderungen im Grundwasserhaushalt sind damit naturgemäß verbunden. Aber auch andere Gründe berechtigen, diese Tagung abzuhalten.

Der Gebirgskörper, in dem sich eine Lagerstätte befindet, ist selten einheitlich. Meist wechselt er von einer Lagerstätte zur anderen, oft sogar von einer Abbaustelle zur anderen. Alle Sedimentgesteine können als Grundwasserleiter auftreten. Selbst dichte Schiefertone oder mobile Tone werden durch den Abbau so beansprucht und verändert, daß sie wasserleitend werden und ihre Dichtigkeit verlieren. Wie oft muß der Bergmann kopfschüttelnd feststellen, daß er unter Berücksichtigung der dichten Schiefertönüberdeckung den Abbau so sicher und zuversichtlich ansetzte und führte, um dann nach einiger Zeit zu erleben, daß er aus diesem, in jedem Lehrbuch als dicht bezeichneten Gestein, einen erheblichen Wassereinbruch hinnehmen muß. Konglomerate, Sandsteine, Sandschiefertone, zum Teil mit unwahrscheinlich niedrigem Porenvolumen in trockener Ausbildung bei der Aufschlußbohrung, ergeben beim Abbau dann plötzlich Wasser. Von den lockeren und klüftigen Gesteinen brauche ich nicht zu sprechen, da sie dem Bergmann auf jeden Fall als wasserführend und gefährlich bekannt sind. So gibt bereits ein kurzer Hinweis auf die Gesteine und ihr Verhalten hinsichtlich der Wasserführung in Bergbaugebieten einen Überblick über die vielen Möglichkeiten und Varianten der hydrogeologischen Erscheinungen. Sie lassen sich noch vermehren durch die Tektonik, die nicht nur durch die Faltung, sondern auch durch die großen Brüche beachtlichen Einfluß auf die gesamten hydrologischen Verhältnisse im Bergbaugebiet nehmen kann. Dabei ist es nicht nur die Groß-Tektonik, sondern auch die Klein-Tektonik, die eine Rolle spielt. Die Skala der verschiedenen hydrologischen Möglichkeiten ist in ihrer Gesamtheit noch nicht bekannt. Sie zu vervollständigen soll neben dem rein wissenschaftlichen Wert das Ziel dieser Tagung sein. Aus diesem Grunde glaube ich, sollte die Veranstaltung der Tagung „Hydrogeologie in Bergbaugebieten“ ihre Berechtigung haben.

Wir sahen bereits, daß die hydrologischen Verhältnisse in einem Bergbaugebiet manchmal anders gelagert sind als in einem unberührten. Da aber zu den hydrologischen Verhältnissen und damit überhaupt zur Grundwasserbildung die Niederschläge gehören, müssen auch diese kurz behandelt werden.

Mit der Erscheinung des Bergbaues treten meist auch andere Industrien zu Ballungsräumen zusammen und bilden dann Reviere, wie wir sie in verschiedenen Größen in Deutschland und Europa kennen. Wenn ich bei dieser Betrachtung das Ruhrevier herausgreife, so sind es hier 3 Faktoren, die den Niederschlag besonders beeinflussen. Die Staubemission, die Thermik über den Städten und Gemeinden sowie den Industriewerken und die großen Wasserdampfmen- gen, die täglich in die Atmosphäre gelangen. Sie schaffen eine lokal so verschiedene Disposition, daß auf eine Entfernung von nur wenigen km die Nieder-

schläge sich um 100% von den benachbarten unterscheiden können. Diese Unterschiede und Verschiedenheiten in den meteorologischen Verhältnissen müssen bekannt sein, wenn man die Hydrologie eines solchen Bergbauggebietes richtig beurteilen will.

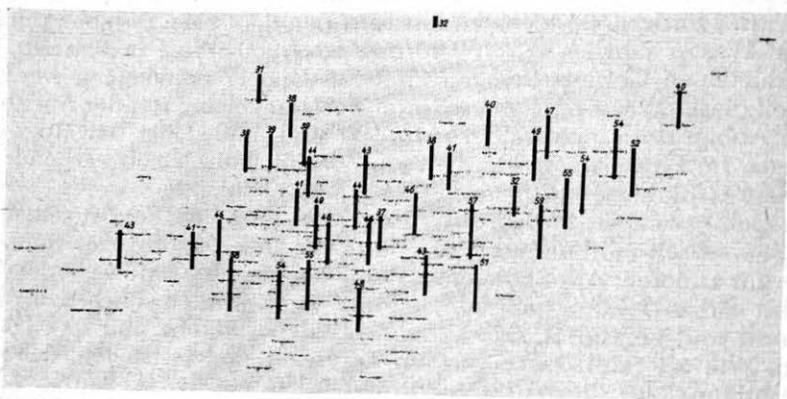


Abb. 1. Niederschlagshöhen (in mm) April 1956 im rheinisch-westfälischen Bergbauggebiet. (Beobachtungen Wetterwarte der WB. Bochum)

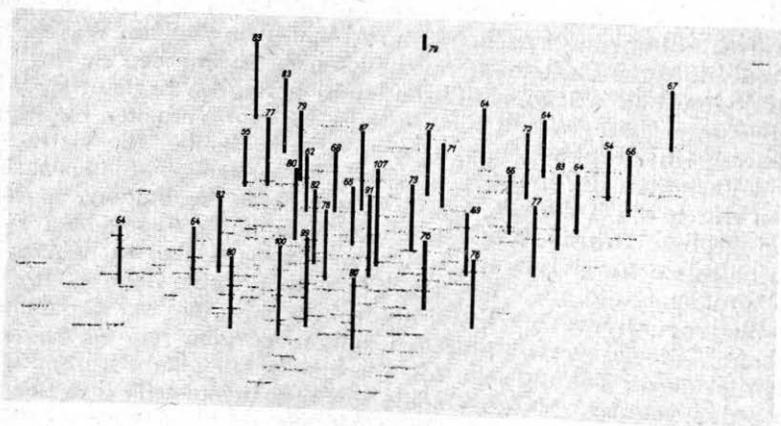


Abb. 2. Niederschlagshöhen (in mm) Januar 1956 im rheinisch-westfälischen Bergbauggebiet. (Beobachtungen Wetterwarte der WB. Bochum)

Zwei Abbildungen sollen dies deutlich machen. Die Abbildung 1 über die Niederschlagshöhen vom April 1956 zeigt, daß der geringste Niederschlag mit 31 mm, der größte mit 59 mm, angegeben ist. Ein anderes Bild (Abb. 2) vom Januar 1956 läßt als geringste Niederschlagshöhe 54 mm und als größte 107 mm erkennen. Für das ganze Jahr 1956 lag die geringste Niederschlagshöhe im Revier bei 743 mm, die größte bei 1074 mm. Die Unterschiede lassen sich beliebig vermehren für andere Jahre und dürften allgemein gültig sein.

Vom Niederschlag sind naturgemäß die Grubenwasserzufflüsse stark abhängig. Dies ist nach den vorausgegangenen Ausführungen über die Verände-

zung des Gebirges durch bergbauliche Einflüsse verständlich. Es ist insbesondere dort der Fall, wo dem Bergbau ein schützendes Deckgebirge fehlt, wo also das Steinkohlengebirge unverhüllt zu Tage ausstreicht. Die Darstellung der Grubenwasserzuflüsse auf den Zechen des südlichen Reviers in den Jahren 1956 bis 1961 (Abb. 3) macht die Abhängigkeit von den Niederschlägen sehr deutlich. Die Spitzen der Grubenwasserzuflüsse liegen ausnahmslos in den Winter-Monaten, während in den Sommer-Monaten die Grubenwasserzuflüsse sich stark vermindern. Das Jahr 1959 mit seiner großen Trockenheit fällt dabei besonders durch ein Zurückgehen der Kurven auf, während das Jahr 1961 als nasses Jahr einen sehr hohen Stand der Kurven zeigt. Ein anderes Bild über die Niederschläge und den Wasserstand im Schacht Hermann soll auch die Abhängigkeit

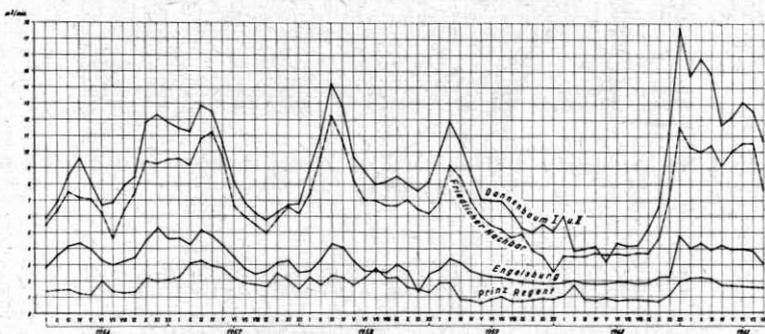


Abb. 3. Grubenwasserzuflüsse auf den Zechen Prinz Regent, Engelsburg, Friedlicher Nachbar und Damenbaum in den Jahren 1956—1961.

des Grubenwasserzuflusses von den Niederschlägen in großer Teufe zeigen. Der Schacht Hermann 1 hat eine Teufe von über 1050 m. Der Grubenwasserzufluß aus dem Deckgebirge ist seinerzeit bei etwa 850—900 m Teufe erfolgt. Man erkennt in dem Verlauf der Kurve, der Niederschläge und dem der Wasserstandsmessungen die Abhängigkeit der Wasserspiegellage im Schacht (Abb. 4). Die Reaktion des Wasserstandes auf die Niederschläge im Trockenjahr 1929 erfolgte etwa 3 Monate später. Mit diesem Abstand reagiert sehr deutlich der Grubenwasserzufluß auf den Niederschlag auch in den übrigen Jahren.

In diesem Rahmen sei auch kurz auf das Verhältnis von Kohle zur Wasserhebung im Ruhrbergbau eingegangen. Das Bild zeigt das Verhältnis für die Jahre von 1885—1961, soweit Unterlagen darüber zu ermitteln waren (Abb. 5). Dieses Verhältnis ist sowohl von der Kohlenförderung als auch von der Wasserhebung her zu verändern und liegt zur Zeit bei rund 1:1 für 1963. Es hat sich mithin durch die Stilllegung der südlichen Zechen, die einen Ausfall von etwa 40 Millionen m<sup>3</sup> Grubenwasserzufluß ausmachen, zunächst bedeutend verbessert, wobei aber betont werden muß, daß das günstige Verhältnis von 1963 auch auf die Niederschlagsarmut des Jahres zurückzuführen ist. Dagegen hat sich das Verhältnis zur Kohle in Abhängigkeit von der geologischen Position der Zeche erheblich verschlechtert. In dem nächsten Bild (Abb. 6) ist dieses Verhältnis aufgetragen. Man erkennt, daß im Ausgehenden des Karbons 1954 noch ein Verhältnis von Kohle zu Wasser, mit 1:8,8 bestanden hat. Im Ausgehenden von Turon und Cenoman betrug das Verhältnis 1:2,5 und unterhalb des Emschers und des Ter-

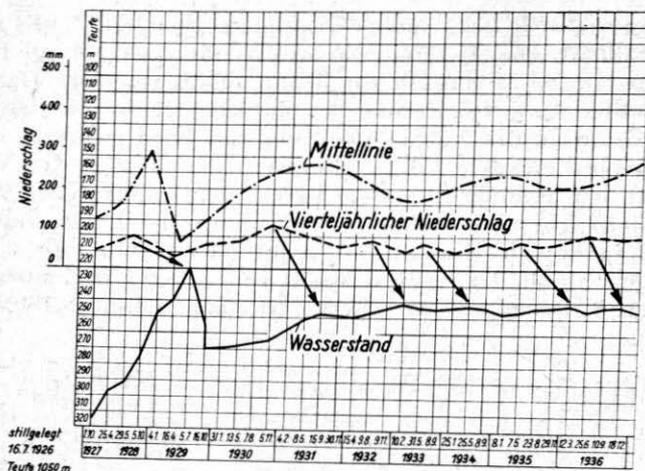


Abb. 4. Niederschläge und Wasserstand im Schacht Hermann in der Zeit vom 1. 10. 1927 bis 18. 12. 1936.

### VERHÄLTNISS VON KOHLE-ZUR WASSERHEBUNG IM RUHRBERGBAU 1885 - 1961

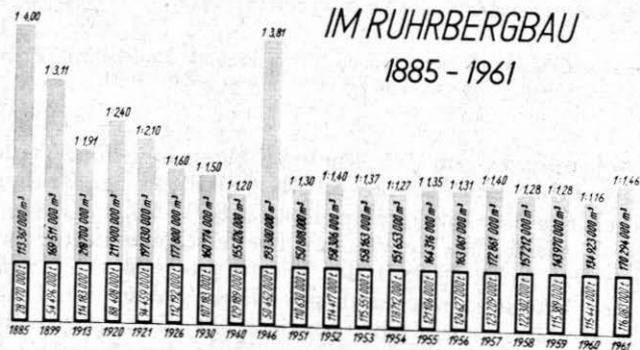


Abb. 5. Verhältnis von Kohle- zur Wasserhebung im Ruhrbergbau 1885—1961.

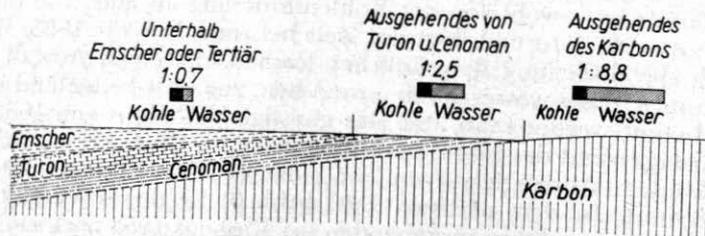


Abb. 6. Das Verhältnis von Kohle zu Wasser auf den Schachtanlagen des Ruhrgebietes unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse (1954).

tiärs im Mittel 1 : 0,7. Demgegenüber hat im Jahre 1961 nach Stilllegung der südlichen Zechen dieses Verhältnis (Abb. 7) in den gleichen Bereichen 1 : 15,9 und 1 : 2,9 sowie 1 : 0,57 betragen. Daraus ist ersichtlich, wie sehr das Wasser die Kohle belastet und welche Bedeutung es haben würde, wenn man auf das Wasser einen größeren Einfluß nehmen könnte. Es sei daher nun auf die dem Ruhrbergbau zuzitzenden Wässer eingegangen.

Dem Ruhrbergbau sitzen Wässer aus 4 verschiedenen Herkunftsgebieten zu. Es sind zunächst die Wässer, die unmittelbar aus dem Niederschlag durch das aufgerissene Steinkohlengebirge in das Grubengebäude eindringen und fast unverändert im Abbau wieder erscheinen. Sie sind besonders auf den südlichen



Abb. 7. Das Verhältnis von Kohle zu Wasser auf den Schachtanlagen des Ruhrgebietes unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse (1961).

Zechen vorhanden. Eine andere Herkunft hat das Wasser, das im Grubengebäude auftritt und als Deckgebirgswasser bezeichnet wird. Es stammt vorwiegend im Süden des Reviers ebenfalls aus den Niederschlägen, die im Deckgebirge versinken und sowohl senkrecht, wie auch im Einfallen der Schichten in die Tiefe wandern und nach Anzapfen durch den Grubenbau oder Abbau-Einwirkung in das Grubengebäude gelangen. Diese Grundwässer sind sozusagen autochthon, d. h. sie bilden sich an Ort und Stelle. Dagegen weisen eine besonders bemerkenswerte Herkunft die Salzwässer auf, die aus den Salzvorkommen des Zechsteins in Nord- bzw. Nordwestdeutschland stammen und über die zahlreichen großen Störungen in das Ruhrgebiet einwandern (Abb. 8). Es sind die vagabundierenden oder migrierenden Wässer, die in der Tiefe angefahren werden und je nach der Teufe in verschiedenen Konzentrationen auftreten.

Und schließlich ist ein vierter geringer Teil als Tiefenwasser zu bezeichnen. Sicher wird diese Tagung etwas über den Anteil dieses Wassers aussagen können und uns neuen Erkenntnissen zuführen, wie auch die Herkunft des Salzwassers, glaube ich, auf dieser Tagung endgültig eindeutig geklärt wird.

Nachdem wir nun über die Verhältnisse im Bergbauegebiet der Ruhr einen Überblick gewonnen haben, können wir uns mit den besonderen Aufgaben der Hydrogeologie befassen. Dazu gehört die Wassergewinnung zur Versorgung des Bergbaues.

Es besteht auf vielen Steinkohlenbergwerken, aber auch allgemein bei anderen Bergwerken die Möglichkeit, durch Anschluß an das öffentliche Wasserversorgungsnetz die Sorge um die Beschaffung von Trink- und Brauchwasser los zu werden. Es gibt aber auch bei vielen Zechen die Möglichkeit, eine eigene Wassergewinnungsanlage zu schaffen, wozu das Grundwasser, das Oberflächenwasser sowie das Grubenwasser herangezogen werden kann. Die Grundwassergewinnung ist jedoch oft in einem Bergbaugebiet beschränkt. Dies liegt daran, daß das Deckgebirge oder die Gebirgsschichten, wie wir sahen, vom Bergbau bereits entwässert wurden, oder aber daran, daß die Gewinnung des Wassers wegen seiner stofflichen Eigenschaften nicht ratsam erscheint. Außerdem wird wegen der Befürchtung, daß später durch Einwirkung des Bergbaus nachteilige Einflußnahmen erfolgen können, von der Möglichkeit der Eigenversorgung Ab-

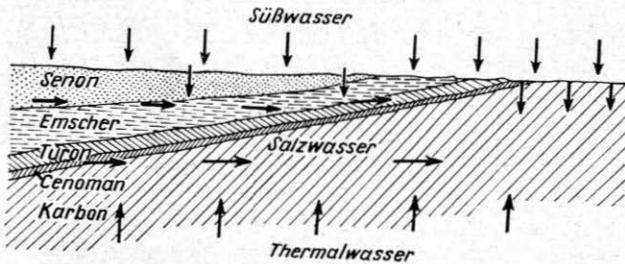


Abb. 8. Die verschiedenen dem Ruhrbergbau unter Tage zuzitenden Wässer.

stand genommen. Ich habe daher einen Fall von vielen hier besonders herausgegriffen, der die Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse intensiv beschäftigt hat. Aus den nachfolgenden Bildern können Sie ersehen, wie wir vorgehen und welche Maßnahmen notwendig sind, um in der Nähe eines Zechengeländes noch das notwendige Trink- und Brauchwasser aufzuspüren und hinsichtlich seiner Verwendungsmöglichkeit zu prüfen.

Im ersten Bild sind die Grundwasserhöhenlinien dargestellt, wie sie sich auf Grund der Bohrungen sowie der Brunnenmessungen ergeben haben (Abb. 9). Man erkennt den Abfluß des Grundwassers in der südlichen Richtung und damit vom Recklinghauser Höhenrücken, d. h. in den oberen Schichten des Emschers bzw. in den untersten Schichten des Recklinghauser Sandmergels. Bei der Aufnahme wurden alle Besitzer von Brunnen und Quellen befragt, wie weit die Wasserentnahme auch in den trockenen Zeiten möglich gewesen ist und welche Nachteile der einzelne Brunnen aufgewiesen hat. Dabei ergaben sich auch Einflüsse des Bombenkrieges, wobei durch Bombenfall Quellen versiegten und Brunnen trocken gelegt wurden. Dennoch konnte auf Grund dieser Voruntersuchungen der Zeche empfohlen werden, Bohrungen bis zu 50 m Tiefe zu beginnen, um die gewünschte Wassermenge zu erschließen. Die nächsten Bilder — wegen Raumersparnis sind die Abbildungen hier fortgelassen worden — zeigen sowohl die chemischen Zusammensetzungen wie auch die Schichtenprofile und die Ergebnisse der Pumpversuche. Nachdem feststand, daß die Leistung der Brunnen etwa bei einer Entnahme von 1,5 Millionen m<sup>3</sup> Wasser konstant blieb, konnte der Bewilligungsantrag über eine jährliche Entnahme in dieser Höhe gestellt werden.

Eine weitere Maßnahme, mit der wir uns über Tage befassen und die das Deckgebirge angeht, ist das Verfahren des Schachtabteufens im Grundwasserabsenkungstrichter. Dieses Verfahren hat dank dem Wagemut und dem bergmännischen Unternehmer-Risiko bereits in zwei Schächten Anwendung gefunden. Ausgehend von der Tatsache, daß die Entwässerung eines Sedimentgesteins oder eines Klufthorizontes durch eine Bohrung bzw. durch eine größere Anzahl von Bohrungen erfolgen kann, sind auch in dem an sich schon schwer entwässer-

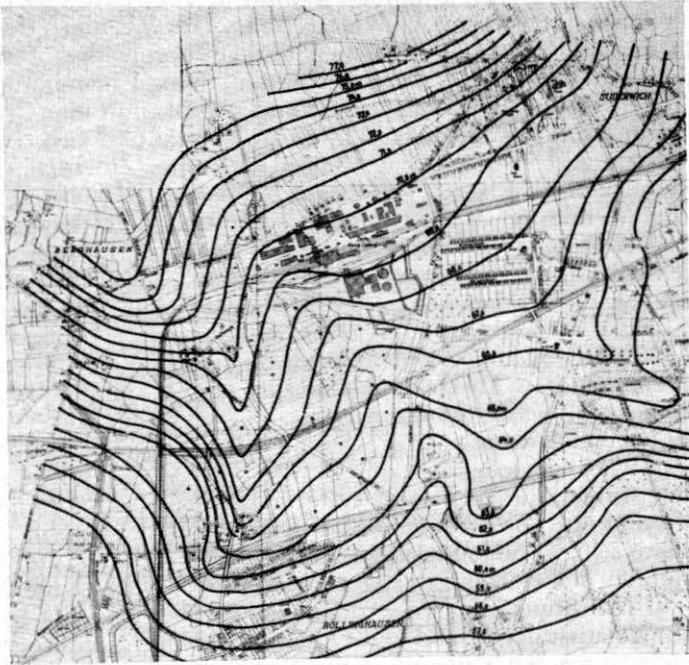


Abb. 9. Grundwasserhöhenlinienplan der Grundwasseraufnahme (Zeche König Ludwig).

baren Deckgebirge an der Ruhr große Erfolge erzielt worden. Zwei Bilder sollen das deutlich machen — wegen Raumersparnis sind die Abbildungen fortgelassen worden —. Die Emschergenossenschaft entwässerte durch Grundwasserabsenkung die Talsande der Emscher-Niederung in der Baugrube an der Bottroper Straße und förderte dies Verfahren durch wesentliche Untersuchungen. Über das Schachtabteufen im Grundwasserabsenkungstrichter wird demnächst noch näher berichtet.

Ich will mit den Ausführungen das Deckgebirge vorerst verlassen und mich dem Untertagebetrieb zuwenden, in dem wir heute viele hydrogeologische Untersuchungen verschiedener Art durchführen und berichten, zu welchen Ergebnissen wir gekommen sind.

Auf Grund der Untersuchungen vom Jahre 1932 über die Grubenwasserzuflüsse und deren Auftreten im Flöz Wilhelm der Zeche Gneisenau wissen wir heute, wie die damaligen Erscheinungen, die mit dem Abbau hinsichtlich des

Auftretens von Wasser verbunden sind, gedeutet werden können. Es hat sich herausgestellt, daß das von Haack und Patteisky dargestellte Druckgewölbe für die Verteilung des Wassers im Abbaubetrieb verantwortlich gemacht werden kann. Sowohl der Austritt des Wassers am Kohlenstoß, wie auch das geringere Auftreten von Wasser in Tropfenform im Alten Mann bei der Auflagerung des Hangenden auf dem Liegenden, wie auch die Trockenheit in der Mitte des Druckgewölbes machen deutlich, wie stark dieses auf die Verteilung des Wasserzuflusses im Abbaubetrieb einwirkt. Das Druckgewölbe spielt heute bei der Abbauplanung hinsichtlich der Wasserführung, sowohl in der Nähe des Deckgebirges wie auch von Sohle zu Sohle eine besondere Rolle. Das Wandern des Wassers in die Tiefe ist schließlich auf das Entstehen des Druckgewölbes zurückzuführen und damit auf das Aufreißen der Gebirgsschichten. Seine Entstehung darf jedoch nicht dazu führen, daß man es dramatisiert und glaubt, nun alle Grubenwasserzuflüsse mit dem Druckgewölbe allein klären zu können und sich danach richten zu müssen, ob ein Abbau unter dem Mergel und unter einem Sprung geführt werden sollte oder nicht. Ehe ich jedoch auf ein solches Verfahren zu sprechen komme, möchte ich noch etwas über Sumpfstrecken und Wasserseigen ausführen.

„Sumpfstrecken und Wasserseigen sind die Stiefkinder des Bergbaues.“ So kann man sie bezeichnen, wenn man manchmal ihren Zustand bei der Befahrung kennengelernt hat. Es war daher immer ein besonderes Anliegen der Wasserwirtschaftsstelle, darauf aufmerksam zu machen, daß von ihrer Instandhaltung und einer dauerhaften Überwachung dem Betrieb nur große Vorteile erwachsen. Es ist daher unseren Zechen Anlage und Gestaltung der Sumpfstrecke dargelegt worden, wie auch ihr wasserdichter Ausbau und auch der dichte Ausbau der Wasserseigen behandelt wurden. Auf diesem Gebiet sind Fortschritte gemacht worden, so daß wir allgemein sagen dürfen, die bereits vorhandenen guten Verhältnisse haben sich auf diesem Gebiet weiter gebessert. Kreisläufe innerhalb der Sumpfstrecken und der Abbaubetriebe sind heute selten geworden.

Eine andere sehr wichtige hydrogeologische Untersuchung, die besonders in den letzten Jahren immer häufiger angefordert wird, ist die Untersuchung der Möglichkeit zur Errichtung von Wasserdämmen. Hierbei sind die hydrogeologischen Verhältnisse ausschlaggebend und es kann daher nicht eindrucksvoll genug darauf hingewiesen werden, daß eine solche Untersuchung unbedingt notwendig ist, da das durch den Abbau aufgelockerte Gebirge oft gar nicht imstande ist, die großen Drücke, die nach dem Aufstau auftreten, aufzunehmen. Der sichtbare Teil eines Dammes ist immer nur ein Bruchteil des verdeckten und eingebauten. Die Größe des letzteren richtet sich nach der Beschaffenheit des Gebirges, dem Druck des gestauten Wassers und dem verwendeten Material.

Unter Tage ist weiterhin der Schwefelkies von besonderer Bedeutung. Zunächst ist der Schwefelkies zu nennen, der sich im Nebengestein des Karbons und in der Kohle stark bemerkbar macht und auf manchen Gruben im Wasser pH-Werte erzeugt, die bis auf 2,2 absinken. Wie die Oxydation des Schwefelkieses zustande kommt, ist im einzelnen noch nicht geklärt, jedoch wissen wir, daß zur Oxydation Feuchtigkeit und Luftsauerstoff erforderlich sind. Wie weit hier auch Schwefelbakterien mitwirken, entzieht sich noch unseren Kenntnissen, wenngleich die Amerikaner auf diesem Gebiet inzwischen neue Erkenntnisse gewinnen konnten. Das Bild — die Bilder sind wegen Raumersparnis fortgelassen — über den zersetzten Schwefelkies im Liegenden eines Flözes zeigt die Bildung von Calcium- und Eisensulfat am Stoß und macht deutlich, wieviel Sulfat nur aus einem Flöz durch Oxydation sich bilden kann und schließlich in

Lösung übergeführt wird. Der Ablauf der Oxydation und die Verwandlung in Eisenoxyd, Eisensulfat, Schwefeldioxyd und Schwefelsäure ist beachtlich und zeigt den komplizierten Vorgang. Die Oxydation verläuft nicht innerhalb kürzester Zeit, sondern verhältnismäßig langsam. Sie wird durch erhöhte Wärmezufuhr sowohl durch Oxydationswärme als auch Druck infolge Lagerung gesteigert. Dennoch sind die Verhältnisse sehr verschieden, da der Pyritgehalt größere Unterschiede in den einzelnen Schichtenfolgen aufweist. Wie sich schließlich diese Umwandlung des Pyrits in der Praxis auswirkt, zeigen Bilder — Bilder sind wegen Raumersparnis fortgelassen — über Korrosion am Gestänge. Andere Wäs-

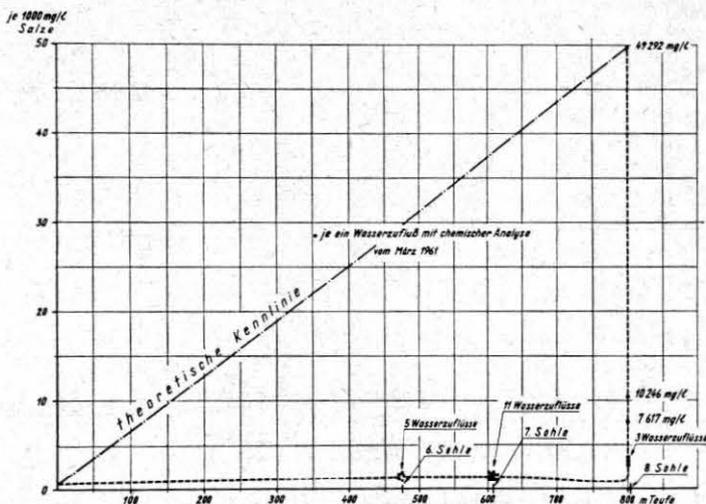


Abb. 10. Kennlinie der chemischen Zusammensetzung der Grubenwässer von der 6. bis 8. Sohle der Zeche Friedlicher Nachbar.

ser, wie die Salzwässer, aber auch die Deckgebirgswässer, lassen beim Eintritt in die Grubenbaue erhebliche Stalagmiten- und Stalaktitenbildung erkennen. Die Korrosion wird auch daher an allen eingebauten Materialien, wie Ausbau, Rohrleitung und Gestänge sowie Maschinen, erheblich sein. Dennoch darf nicht angenommen werden, daß auf allen Gruben des Ruhrreviers die Grubenwässer gleichmäßig vertikal und horizontal nach gleichem Chemismus verteilt sind. Eine einfache Methode gibt sehr schnell Auskunft, ob Salzwasser oder Tageswässer bis in größere Teufen hinabreichen. Dazu dient die hydrologische Kennlinie. Das Bild der Kennlinie von der chemischen Zusammensetzung der Grubenwässer von der 6. bis 8. Sohle auf einer Zeche zeigt einen höchsten Salzgehalt von 49 292 mg Salz im Liter (Abb. 10). Nimmt man aber die wirklichen Salzgehalte und verbindet sie mit einer Linie, so weicht diese sehr stark davon ab. Diese Abweichung kann nur dadurch zustande kommen, daß Süßwasser über das aufgelockerte Gebirge bis in größere Teufen vordringt. Ein ähnliches Bild zeigt die Darstellung der Kochsalzgehalte der Grubenwasser einer anderen Zeche (Abb. 11). Hier war die Linie durch die niedrigen Prozentgehalte zu ziehen, um aufzuzeigen, wie sehr diese hydrologische Kennlinie von der wirklichen abweicht. Die hydrologische Kennlinie stellt demnach ein Hilfsmittel zur Unterscheidung der verschie-

denen Wässer innerhalb des Steinkohlengebirges bei ihrem Auftreten in den Grubenbauen dar.

Ein besonderer Fall der Berücksichtigung der chemischen Beschaffenheit des Wassers, des Druckgewölbes und einer präzisen geohydrologischen Untersuchung war die Prüfung der Verhältnisse im Liegenden des Königsborner Sprunges auf der Zeche Haus Aden, um dort die anstehende Flözfolge abzubauen. Diese Untersuchung wurde zuerst im Rahmen einer Diplom-Arbeit durchgeführt. Sie ist von dem Diplom-Kandidaten mit großer Unterstützung der Direktion der Zeche Haus Aden auch zufriedenstellend erledigt worden. Jedoch hatten die

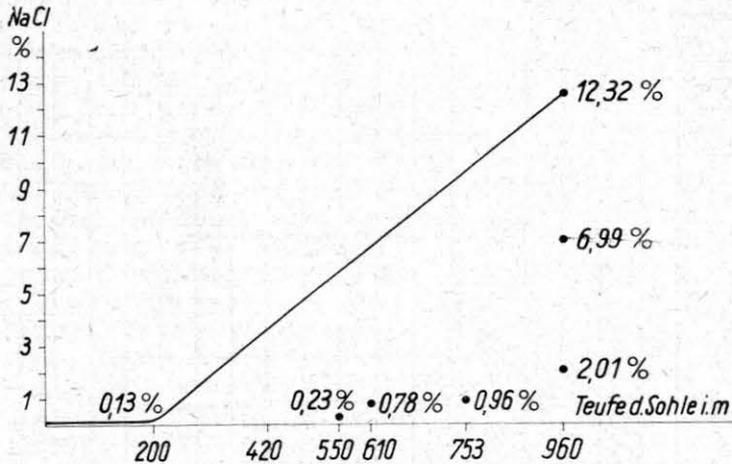


Abb. 11. Darstellung der Kochsalzgehalte der Grubenwässer der Zeche Präsident.

Schlüsse, die auf Grund des Anlegens eines jeweiligen Druckgewölbes sich ergaben, es dahin gebracht, daß von dem vorhandenen Kohlenvorrat so wenig übrig blieb, daß die Flöze nicht mehr wirtschaftlich abgebaut werden konnten. Es wurde daher ein anderer Weg beschritten, der dahin ging, die vorhandenen Wassermengen im Deckgebirge festzustellen und nach Möglichkeit herauszubekommen, wie groß diese sind und welche Gefahren beim Abbau der Flöze hinsichtlich von Wassereinbrüchen auftreten können. Daher trieb man von der 2. Sohle Bohrlöcher gegen das Hangende und bohrte dabei Wasser an. Diese Zuflüsse ergaben Mengen, die es als bedrohlich erscheinen ließen, den Abbau im Liegenden des Königsborner Sprunges zu führen. Man analysierte daher alle übrigen Wasseraustrittsstellen von der 3. Sohle und ebenso von der 2. Sohle, um hydraulische Verbindungen festzustellen. Nach einiger Zeit stellte sich heraus, daß die meisten dieser Wässer auf die Bohrlöcher reagierten, sofern diese frei auslaufen konnten. Insgesamt kann man sagen, daß, nachdem die Untersuchung abgeschlossen ist und der Abbau gegen den Königsborner Sprung vorrückt und sich gegenwärtig rund 70 m von ihm entfernt befindet, bisher kein Wasserzufluß aufgetreten ist. Zugleich ist der Druck in dem Bohrloch erheblich zurückgegangen und die Auslaufmenge sank von 1,2 m<sup>3</sup> auf 0,4 m<sup>3</sup>/min. Zusammen mit der Direktion der Zeche Haus Aden hoffen wir, daß der Abbau im Liegenden des Königsborner Sprunges zügig durchgeführt werden kann, ohne daß ein gefährlicher

Wassereinbruch eintritt. Ähnliche Erfahrungen sind beim Abbau der Flöze unter dem Deckgebirge gewonnen worden und könnten noch vorgebracht werden; jedoch möchte ich aus Zeitmangel mich einem anderen Thema zuwenden, nämlich den hydrologischen Untersuchungen, die an der Tagesoberfläche erfolgen müssen, wo der Bergbau sich durch verschiedene Einwirkungen bemerkbar machen kann. Es sind dies zunächst die Berge-Halden.

Wie wir bereits bei den Ausführungen über die Oxydation des Pyrits sahen, enthält das Nebengestein mehr oder weniger größere Mengen von Pyrit, dieser kann ebenso wie unter Tage auch über Tage durch den Einfluß von Wasser- und Luftsauerstoff möglicherweise oxydieren und in Sulfat bzw. Säure umgewandelt werden. Daraus ergeben sich unter Umständen Verhältnisse, die nach dem neuen Wasserhaushaltgesetz einer besonderen Untersuchung im Interesse des Bergbaues unterliegen müssen. Ich möchte daher nur ein Beispiel einer solchen Untersuchung bringen, wobei das Verderben einer öffentlichen Trinkwassergewinnungsanlage durch Sulfatbildung infolge Anlage einer Halde einem Bergwerk angelastet wurde. Die nähere Untersuchung ergab jedoch, daß nicht nur von der Bergkippe aus das Grundwasser mit Sulfat angereichert wurde, sondern auch von einem, während des letzten Krieges angelegten und aus Bergematerial aufgeschütteten Bahnkörper. Dieser Bahnkörper befindet sich zwischen der Bergkippe und dem Wasserwerk, so daß die Sulfatgleichen, von diesem Punkt ausgehend, das Wasserwerk erreichen, während von der Kippe aus diese im See stecken bleiben.

Ein anderes Problem beschäftigt uns immer wieder. Es handelt sich um das Problem der Versenkung von Wasser. Darüber habe ich sowohl schriftlich in Gutachten als auch in Vorträgen die Ansicht vertreten, daß es in gewissen Bereichen des Ruhrreviers möglich sein könnte, Wasser, insbesondere das salzige Grubenwasser, vom Gebirge schlucken zu lassen und damit der Vorflut fernzuhalten. Zusammen mit dem Steinkohlenbergbauverein wurde ein solcher Versuch auf der Zeche Maximilian  $\frac{1}{2}$  mit Zustimmung der Direktion durchgeführt, der an sich ein durchaus brauchbares Ergebnis lieferte. Jedoch mußte dieser Versuch abgebrochen werden, da sowohl die technischen wie auch die finanziellen Mittel nicht ausreichend waren, um ihn weiterführen zu können. Über diesen Versuch wird auf der Exkursion gesprochen werden. In diesem Zusammenhang sind auch die Versenkungsversuche zu sehen, die zur Überwindung der Grundwasserüberflutung im Köllnischen Wald auf der Zeche Franz-Haniel durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um eine Geländesenkung von über 4 m bei einer Grundwasserspiegellage von 5 m unter Oberfläche. Hier bot sich die Versenkung so lange an, bis sich herausstellte, daß die Absenkung des Geländes den relativen Anstieg der Grundwasseroberfläche so groß macht, daß ein genügend großer hydrostatischer Druck nicht mehr vorhanden ist. Die Absenkung der Geländeoberfläche erfolgte so schnell, daß der hydrostatische Überdruck nicht mehr ausreichte, um das Wasser aufzunehmen. Es könnte die Frage entstehen, ob diese Einleitung nicht gegen das Wasserhaushaltgesetz verstößt. Dazu ist zu sagen, daß das einzuleitende Wasser nicht schlechter ist als das Grundwasser, daß also von diesem Gesichtspunkt aus keine Bedenken bestehen. Allgemein sollte man in Bergbaugebieten prüfen, ob es bei Überflutung von Gelände infolge Abbaueinwirkung nicht möglich ist, diese durch solche Maßnahmen zu verhindern oder zu beseitigen, bevor man Pumpwerke und Vorflutregelungen anlegt und durchführt.

Auf hydrogeologischem Gebiet spielen die scheinbaren Bergschäden gegenüber den echten Bergschäden, wie wir sie vorstehend kennenlernten, eine ebenso

große Rolle. Von diesem Untersuchungszweig möchte ich Ihnen zwei Fälle vorführen. In dem ersten handelte es sich darum, einen angemeldeten Bergschaden, der als landwirtschaftlicher Nutzungsschaden vorhanden sein sollte, durch die hydrogeologische Untersuchung aufzuklären und den Klagenden zu überzeugen, daß andere Ursachen dafür vorliegen. Der Grundwasserhöhenlinienplan zeigt, daß über 40 Bohrungen niedergebracht worden sind, um die Lage der Grundwasser Oberfläche festzustellen. Es ergibt sich dabei, daß die Grundwasser Oberfläche in dem geschädigten Feldesteil durch die Handbohrungen nicht erreicht werden konnte, obwohl diese bis in den festen Mergel hineinreichten. Erst östlich davon traf man die Grundwasser Oberfläche an. Die Zeche hatte jedoch schon seit vielen Jahren auf dem angeblich geschädigten Feld 4 Meßbohrlöcher niedergebracht und in diesen regelmäßig den Grundwasserspiegel gemessen. Da auch weiterhin der Grundwasserspiegel beobachtet worden war — die Meßbohrlöcher waren während der Bohrarbeiten trocken — konnte zunächst nicht eindeutig das Vorliegen eines scheinbaren Bergschadens bewiesen werden. Auf Grund der hydrogeologischen Untersuchungen war aber ein solcher aller Voraussicht nach nicht vorhanden, da eindeutig der als Ursache angesehene Eisenbahneinschnitt erst einen Wasserhorizont in 8 m Tiefe erreicht hatte. Dieser befand sich aber bereits tief im Mergel und konnte die Entwässerung nicht herbeigeführt haben. Die weitere Messung der Wasserspiegel in den Meßbohrlöchern ergab dann nach Eintritt von anhaltenden Niederschlägen wieder die ehemalige Lage der Grundwasser Oberfläche. Damit war erwiesen, daß die Untersuchung zu einem richtigen Ergebnis gekommen war. Der Bau des Eisenbahneinschnittes fiel mit dem Einsetzen der trockenen Witterung des Jahres 1959 zusammen.

Ein besonderer Fall von scheinbarem Bergschaden lag im Feld eines Steinkohlenbergwerkes an, das durch Abbauwirkung eine Senkung der Geländeoberfläche von 0,25—0,75 m in gleichmäßiger Neigung hervorgerufen hatte. Mehrere Bauern fanden sich dabei zusammen, um einen Schaden am Nutzungsertrag zu konstruieren, wobei für die angeblich verursachte Unbrauchbarkeit des Grundwassers als Trinkwasser die Verlegung einer Wasserleitung, Anschluß an das öffentliche Versorgungsnetz sowie freie Wasserlieferung verlangt wurde. Die Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse wurde seitens des Steinkohlenbergwerkes beauftragt, die hydrogeologischen Verhältnisse zu untersuchen und die Möglichkeit eines Bergschadens zu überprüfen. Es ergab sich dabei nach Niederbringen von etwa 60 Bohrungen, daß die Verhältnisse in früheren Jahren durchaus normal gewesen sind, aber durch die Anlage von Kies- und Sandgruben stark gestört wurden. Die Untersuchung zeigte bald, daß die Grundwasserhöhenlinien von Norden nach Süden zu in Richtung zum Dortmund-Ems-Kanal verlaufen und durch die Kies- und Sandgruben etwas verändert sind. Dadurch aber, daß man die nördliche Sandgrube mit Phenolabkömmlingen und die südliche mit vielfältigem Unrat verfüllte, ergaben sich in chemischer Hinsicht sehr starke Veränderungen, auf die noch später eingegangen wird.

Der Flurabstandsplan ließ im Norden an der Sandgrube erkennen, daß die Grundwasser Oberfläche hier sehr stark abgelenkt wird. Eine dauernde Entwässerung der Kiesgrube über eine Leitung zur Vorflut ruft diese Absenkung hervor. Die weitere Folge davon ist eine gleichmäßig anhaltende Absenkung der Grundwasser Oberfläche nach Süden zu, so daß die Brunnenbesitzer der unterliegenden Höfe ihre ursprünglichen Brunnen vertiefen mußten.

Interessant war auch die Versauerung des Bodens. Bei der allgemeinen Untersuchung ergab sich, daß in der Nähe der Sandgrube das Grundwasser

sauer bis schwach-sauer war und nur ein kleiner Bereich den normalen pH-Werten entsprach.

Die chemische Beschaffenheit der Wässer ist schon vorstehend angedeutet worden, hat aber wohl alle bisher gemachten Erfahrungen bei Grundwässern übertroffen. Abgesehen von den pH-Werten und den hohen Sulfatgehalten zeigten sich bei den Wässern Geruchsschwellenwerte, die bei allen Bauernhöfen zwischen 700 und 1000 schwankten. Damit waren alle Wässer so stark verseucht, daß sie auch aus diesem Grunde nicht mehr für die Trinkwasserversorgung geeignet angesehen werden konnten.

Die Wasserproben sind im Laboratorium der Wasserwirtschaftsstelle fotografiert worden, um einmal zu zeigen, wie diese Wässer aussehen. Nur ein Brunnen (A) hat optisch ein einwandfreies Wasser, alle anderen Wässer sind gefärbt durch Urochrome und Phenolabkömmlinge oder sonstige Stoffe. Insgesamt konnte in diesem Fall nachgewiesen werden, daß eine Beeinträchtigung durch bergbauliche Einwirkungen nicht stattgefunden hat.

Schließlich soll noch eine größere Untersuchung erwähnt werden und zeigen, wie wir hydrogeologische Fragen klären, die an den Bergbau herangetragen werden. Es handelt sich in diesem Fall um einen landwirtschaftlichen Ertragschaden, in größerem Ausmaß, der durch mehrere Gründe bedingt ist und durch die Einwirkung des Bergbaus nicht hervorgerufen werden konnte. Morphologisch ist es ein Gelände, in dem sich durch den Recklinghäuser Sandmergel wegen des Auftretens von Sandkalksteinbänken ein Höhenrücken ausgebildet hat und an dessen Hängen sich Versumpfungstellen seit Jahrzehnten befinden. Sie wurden auf Einwirkung des Bergbaus zurückgeführt. Die eindeutige Untersuchung und Klärung durch 232 Bohrungen ergab die Lage der Mergeloberfläche, die Mächtigkeit der Lößauflagerungen, die Aufnahme der Grundwasseroberfläche und schließlich auch das Vorhandensein von natürlichen Grundwasseraustritten. Bei einem Vergleich der Senkungslinien durch Abbaueinwirkungen erkennt man, daß in der Flurabstandskarte die versumpften Stellen sich dort befinden, wo das Gefälle durch den Bergbau verstärkt worden ist. Dort, wo die großen Senkungen sind, liegt die Grundwasseroberfläche verhältnismäßig tief. Die Versumpfung stellt nichts anderes als eine Staunässe dar, die seit Jahrzehnten schon besteht und daher kein Bergschaden ist. Sie wurde schon festgestellt, bevor der Bergbau dort Abbau betrieb.

Die Direktion dieser Zeche hat daraus den Schluß gezogen, daß es außerordentlich nützlich ist, ihren eigenen Landbesitz und ebenfalls den fremden Landbesitz auch dort untersuchen zu lassen, wo sie heute noch gar keinen Abbau betreibt. Es dürfte dies Verfahren allen Zechen zu empfehlen sein, weil wir immer wieder feststellen, daß die gerechte Beurteilung von Bergschäden am Grundwasser viel leichter möglich wäre, wenn Unterlagen darüber vorlägen.

In diesem Zusammenhang gewinnt die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks, die die Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Maßstab 1:10 000 herausgibt, eine große Bedeutung. Sie soll nicht nur im Übertagebetrieb, dem Markscheider und Betriebsmann ein Mittel in die Hand geben, um sich über die Grundwasserverhältnisse schnell und übersichtlich zu orientieren, sondern auch dem Bergmann eine Unterlage darüber geben, wie er seinen Abbau führen kann, ohne große Schäden in Zukunft am Grundwasser zu verursachen. Aus diesem Grunde haben wir auch die Hydrologische Karte des Ibbenbürener Steinkohlenbezirks begonnen. Von beiden Karten sind auf dem Flur Exemplare ausgehängt, wie auch aus den Über-

tage-Bergbaugebieten vom Geologischen Landesamt von Nordrhein-Westfalen und von der Forschungsstelle für Regionale und Angewandte Geologie an der TH Aachen solche Karten ausgestellt sind. Ich möchte nicht auf die Karten im einzelnen eingehen. Es finden sich in den Vorträgen genügend Aussagen über die Bedeutung und den Zweck der Hydrologischen Karten. Als letztem Teil meines Vortrages möchte ich mich nun den stillgelegten Zechen zuwenden.

Die Entwicklung der hydrogeologischen Verhältnisse in der näheren und weiteren Umgebung einer stillgelegten und vollgelaufenen Zeche ist von besonderer Bedeutung. Für alle Bergbauzweige kann man allgemein sagen, daß der Betrieb einer Schachanlage die hydrogeologischen Verhältnisse ändert. Dabei braucht sich diese Änderung zunächst über Tage nicht bemerkbar zu machen. Aber die Tatsache, daß durch den Abbau der Lagerstätte das Gebirge verändert wird, schafft andere geologische Grundlagen und für die Hydrologie neue Voraussetzungen. Es sind die Durchörterung der Schichtenfolge durch Querschläge und Schächte, das Herausnehmen des Minerals aus dem Gebirgsverband, das Nachbrechen des Hangenden, die Bewegungen auf den Gebirgsstörungen und die Entspannung des Gebirges allgemein, die zur Erweiterung bzw. zum Aufreißen von Schichten und Klüften sowie Rissen führen. Wird eine Grube stillgelegt, so füllt sie sich mit Wasser. Dies geschieht auch dann, wenn nur geringe Zuflüsse vorhanden sind und zunächst keine Verbindung mit einer Nachbaranlage über Störungen bestehen soll. Eine Entwässerung über Stollen, Abbaue und Vorflut ist dabei außer Betracht gelassen. In den Gebirgskörper werden nach Füllung des Grubengebäudes Wassermengen eingebracht, die vorher nicht darin vorhanden waren. Da das Wasser alle Hohlräume erfüllt, auch die engen, so stellt sich ein Grundwasserleiter und -behälter von einer ganz neuartigen Ausbildung ein. Er könnte verglichen werden mit einem riesigen Karst-System. Dies tritt auch ein, wenn schon vor Beginn des Bergbaus ein Grundwasserleiter in einem lockeren oder klüftigen Gestein, aber von einem bestimmten Horizont angezapft, vorhanden war. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zu dem ursprünglichen Zustand. Während primär bei Erschließung das Wasser durch die Gestaltung des Grundwasserleiters im Ausfluß gehemmt ist, kann der neue Grundwasserbehälter sein Wasser in größeren Mengen und sogar schlagartig abgeben. Hiergegen hat der Bergmann eine größere Anzahl von Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen. Darauf soll nur kurz hingewiesen sein. Jedoch beschäftigt uns das Problem der stillgelegten Zechen nach wie vor sehr stark. Insbesondere im Ruhrgebiet schafft es eine Lage, mit der der Bergbau und die Allgemeinheit sich in zunehmendem Maße befassen müssen, letztere auch dann noch, wenn ersterer schon längst vergessen sein sollte. Einige Bilder — wegen Raumersparnis sind die Bilder fortgelassen — mögen dies deutlich machen.

Eingangs meines Vortrages habe ich auf die Abhängigkeit der Grubenwasserzuflüsse von den Niederschlägen hingewiesen und auch den Chemismus der Grubenwasserzuflüsse an Hand der Hydrologischen Kennlinie behandelt. Ich komme darauf noch zu sprechen. Zunächst wollen wir das Bild des Ruhrbergbaus betrachten, das im Schnitt von Norden nach Süden die Verhältnisse aufzeigt, wie sie zur Zeit bestehen. In diesem ersten Bild ist eine Grube im Süden des Reviers stillgelegt worden und steht nunmehr voll Wasser. Das Druckniveau liegt in allen Schachanlagen auf der Hauptfördersohle nördlich davon bei 0 atü, während es in der südlichen Schachanlage bei 40 atü sich befindet. Dies bedeutet, daß gegenüber der Nachbaranlage im Süden das Wasser mit diesem Druck im Gebirge vorzudringen sucht. Da aber alle Schachanlagen pumpen, hat nur

die südliche Anlage als Nachbar zunächst den anfallenden großen Wasserzufluß aufzunehmen.

Ein anderer Schnitt von Norden nach Süden durch das Revier zeigt, daß bei Stilllegung einer Schachtanlage in der Mitte des Reviers sich die Verhältnisse ganz anders gestalten. Während im Süden nur die nach Norden angrenzenden Anlagen betroffen sind, werden in der Mitte des Reviers die umgebenden Anlagen in allen Richtungen in Mitleidenschaft gezogen und müssen den sogenannten Grundwasserberg abbauen.

Wenn im Süden und im Norden Zechen stillgelegt werden und vollaufen, so haben sowohl im Süden wie auch im Norden die Schachtanlagen mehr Wasser zu übernehmen.

Wenn einmal der Bergbau seine Pumptätigkeit einstellt, d. h. nach Auslaufen des Ruhrbergbaues über das ganze Revier hinweg, dann müssen wir feststellen, daß in allen Schächten das Wasser aufsteigt und in der Emscher-Niederung aus den Schächten auslaufen muß. Es wird dies eines Tages die Aufgabe unserer Nachkommen sein, mit diesem Problem fertig zu werden, denn es wird dann ein Zustand wiederhergestellt sein, der einmal vor Jahrhunderten hier geherrscht hat, als die Emscher-Niederung ein großer Bruch gewesen ist. Nur ist dann die Emscher-Niederung einige Meter tiefer gelegen als ehemals — infolge der Abbaueinwirkung — und damit ist das Potential größer geworden. Da aber kein Unglück so groß ist, daß nicht doch ein Glück dabei herauskommt, wird dieses Wasser einmal für die Versorgung der Bevölkerung und der Industrie eine besondere Rolle spielen können. Mit dem Vollaufen der Zechen ist nämlich eine Erscheinung verbunden, auf die nicht eindringlich genug hingewiesen werden kann.

Wir haben gesehen, daß auf den stillgelegten Zechen im südlichen Ruhrrevier im vorgeführten Beispiel die größte Konzentration des zufließenden Wassers über 49 000 mg betragen hat. Nachdem jetzt das Wasser angestiegen ist, haben die 3 Wasserproben bereits ergeben, daß der Abdampfdruckstand sich auf ungefähr 1400 mg je Liter verminderte. Diese Abnahme ist eine Tatsache, die wir in vielen Fällen feststellen konnten. Als die Schachtanlage Hermann I/II in Bork bei Selm stillgelegt wurde und man die ersten Wasserproben aus dem Schacht entnahm, lag der Salzgehalt bei rd. 14%. Nach 2 Jahren hatte sich das Wasser bereits soweit entmischt, daß der Salzgehalt nur noch 6% ausmachte. Da hier der Wasserstand bei 280 m Teufe im Jahre 1936 zuletzt gemessen und dabei die letzte Wasserprobe entnommen worden ist, können wir über die weitere Abnahme des Salzgehaltes nichts aussagen. Es geht aber daraus hervor, daß nach der chemischen Differentiation das schwere Wasser sich in der Tiefe befindet. Wir wissen heute, daß dieses Wasser über die transversalen Störungen in das Ruhrgebiet einströmt. Bei Stilllegung einer Grube und fortlaufend ansteigendem Wasserspiegel wird der Druck auf diese schwereren Wässer fortlaufend größer und drückt dieses Wasser auf die Wege und Bahnen zurück, auf denen es zugeflossen ist. Aus diesem Grunde verlaufen die Füllungen der stillgelegten Schachtanlagen nicht in dem berechneten Maße.

Es läßt sich aus diesen Erkenntnissen noch manche andere Folgerung ziehen, als sie hier in den einleitenden Ausführungen erfolgen konnten. Diese Folgerungen werden sicher noch Gegenstand von Erörterungen im engeren Kreise sein. Ich möchte daher mit den Beispielen zur Hydrogeologie in Bergbaugebieten schließen und sagen, daß wir auf dem Wege über neue Erkenntnisse zur Lösung

der vielseitigen bergbaulichen Aufgaben weitergekommen sind. Noch bleibt uns viel zu tun übrig.

Wir beschäftigen uns mangels Personal und finanzieller Mittel nicht genügend mit der Pyritführung des Nebengesteins, mit der Einwirkung von Schwefelbakterien bei der Umsetzung des Pyrits in Schwefelsäure und Sulfaten. Die bakteriologische Untersuchung des Grubenwassers hinsichtlich der Gesunderhaltung unserer Bergleute, die Einwirkung des Wassers auf das Quellen der Streckensohlen und des Liegenden in den Abbaubetrieben, die Bruchgefahr des Hangenden infolge Durchtränkung mit Wasser sowie die Wanderung des Wassers im Gebirge. Trotz der Beschränkung in den Mitteln ist es gelungen, über eine größere Anzahl von Meldearbeiten, Diplomarbeiten und Dissertationen über die hydrogeologischen Verhältnisse in den verschiedenen Bergbaugebieten bessere Kenntnisse zu erlangen. Es laufen auch gegenwärtig mehrere Meldearbeiten, Diplomarbeiten und Dissertationen, z. B. bei mir über die Frage, ob man eine Wasserhaltung nach hydrologischen oder wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten anlegen soll oder eine andere Arbeit, welche Form und Aufgaben sollte man einer Grubenwasserfördergemeinschaft geben, sowie eine Arbeit, die sich mit der Möglichkeit der Versenkung von stark salzhaltigem Grubenwasser beschäftigt. Auch auf diesem Gebiete sind wir tätig. Ein vielseitiges und für die Sicherheit des Bergbaus wichtiges Arbeitsgebiet liegt noch vor uns.

Wenn solch ein riesiges Arbeitsgebiet mit seinen vielfältigen Aufgaben vor einem liegt und man über der Sache steht, dann fühlt man sich verpflichtet, vorzuschlagen, daß für die Hydrologie und die bergmännische Wasserwirtschaft ein Institut geschaffen werden sollte, das nicht nur für den Ruhrbergbau, sondern für alle Zweige des Bergbaus tätig werden müßte. Dies ist eine Forderung, die im Interesse des gesamten Bergbaus, aber auch der Allgemeinheit gestellt werden muß. Die Allgemeinheit hat in Jahrzehnten den Nutzen des Bergbaus gehabt, sie muß auch jetzt darauf vorbereitet werden, einmal die Folgen und Lasten des Bergbaus zu tragen, wenn dieser einmal nicht mehr tätig sein kann.

Wenn dann ein solches Institut vorhanden ist und bei der großen Anzahl von Aufgaben sich die Notwendigkeit ergibt, mehr Geologen und Ingenieure zu ihrer Lösung einzustellen, dann ist es eine zwingende Notwendigkeit, daß wir an unseren Hochschulen den Ausbildungsgang für einen Diplom-Ingenieur der Fachrichtung Hydrologie und Wasserwirtschaft schaffen. Es muß ein Vollstudium mit dem Schwergewicht auf der Hydrogeologie und der Wasserwirtschaft sein. Ich glaube, daß damit einem fühlbaren Mangel abgeholfen wird.

Letzten Endes steht all unsere Tätigkeit im Dienste am Menschen. Hydrogeologische Forschung in Bergbaugebieten bedeutet Erhöhung der Sicherheit für die Erhaltung der Gesundheit und das Leben unserer Bergleute. Sie ist und darf nicht Selbstzweck sein, sondern muß auch dem Bergbau und der Allgemeinheit in wirtschaftlicher Hinsicht dienen und zur Vermehrung ihres Nutzen beitragen. Wenn insgesamt mein Vortrag diesen Eindruck hinterlassen hat, dann würde ich mich sehr freuen, über das Thema „Hydrogeologie in Bergbaugebieten“ einleitend gesprochen zu haben.

Wolansky, D. (1964): Die Hydrogeologie des Deckgebirges im niederrheinisch-westfälischen Revier in ihrer Bedeutung für den Bergbau. - Z. dt. geol. Ges. 116(1): 55-69; 5 Abb.

## Die Hydrogeologie des Deckgebirges im niederrheinisch-westfälischen Revier in ihrer Bedeutung für den Bergbau

Mit 5 Abbildungen

VON DORA WOLANSKY \*), Bochum

### Zusammenfassung

Die hydrologischen Verhältnisse des Deckgebirges im Ruhrgebiet sind dadurch ausgezeichnet, daß — im großen gesehen — 2 Typen von Grundwasser vorhanden sind: einmal oberflächennahes Süßwasser, das unmittelbar durch den versickernden Anteil der Niederschläge gespeist wird, zum anderen Sole, die in tieferen Schichten umläuft und, meist unter hydrostatischem Überdruck stehend, beim Anbohren oder Anfahren aufsteigt.

Horizontale Trennschicht ist im allgemeinen im Kreide-Verbreitungsgebiet der tonige „Emscher-Mergel“, im Tertiärgebiet außerhalb der Kreideüberlagerung die „Tonmergelstufe“.

Je nach der Gesteinsbeschaffenheit der Wasserleiter kommen beide Typen sowohl als Poren-Grundwasser in Lockergesteinen als auch als Kluft-Grundwasser in klüftigen Gesteinen vor. Zu den ersteren gehören die quartärzeitlichen Sande, Kiese und Schotter, die Sande des Tertiärs, der Oberkreide und des lockeren Buntsandsteins, zu den letzteren die klüftigen Mergel des Senons und Emschers (Campan, Santon und Coniac), die Kalke des Turons und Cenomans, der verfestigte Buntsandstein und gewisse Kalke und Dolomite im Zechstein.

Verbreitung und Lagerung dieser Schichten bewirken für die einzelnen Teile des Ruhrreviers völlig unterschiedliche hydrogeologische Verhältnisse, die um so verwickelter werden, je komplizierter der Aufbau des Untergrundes ist. Die „Deckgebirgskarte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks i. M. 1:25 000“, die von der Geologischen Abteilung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse herausgegeben wird, vermittelt einen Eindruck davon.

Am Beispiel von Aufschlüssen im Zechstein-Buntsandstein, an den Kreidemulden im Westrevier und am Haarstranggebiet im Ostrevier werden Fälle aufgezeigt, wie der Bergbau sich mit den von Natur gegebenen hydrologischen Verhältnissen auseinanderzusetzen hat und welche Folgerungen sich daraus für die Praxis ergeben.

### Süßwasser-Vorkommen:

In Ergänzung früherer Veröffentlichungen (TRÜPELMANN 1924, KUKUK 1933 und 1938, WOLANSKY 1954) gibt die Abb. 1 einen Überblick über die süßwasserführenden Schichten des Kreidedeckgebirges im Ruhrbezirk östlich der Tertiärverbreitung. Da die Quartärüberlagerung im allgemeinen geringmächtig ist, gelangen die versickernden Niederschläge verhältnismäßig rasch in den kreidezeitlichen Untergrund, wo die Anreicherung und Fortbewegung des Wassers stark von der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins abhängig ist. Im Mittel- und Ostrevier finden sich die Kluftwasser-Bereiche im Cenoman, Turon, „Emscher“ und „Senon“ (Coniac, Santon und Campan), im Nordwestbezirk die reichen Porenwasservorkommen der sandigen Faziesbereiche des Untersenons bzw. höheren Santons (insbes. die „Halturner Sande“

\*) Anschrift der Autorin: Dr. DORA WOLANSKY, Geologische Abteilung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 463 Bochum, Herner Straße 45.

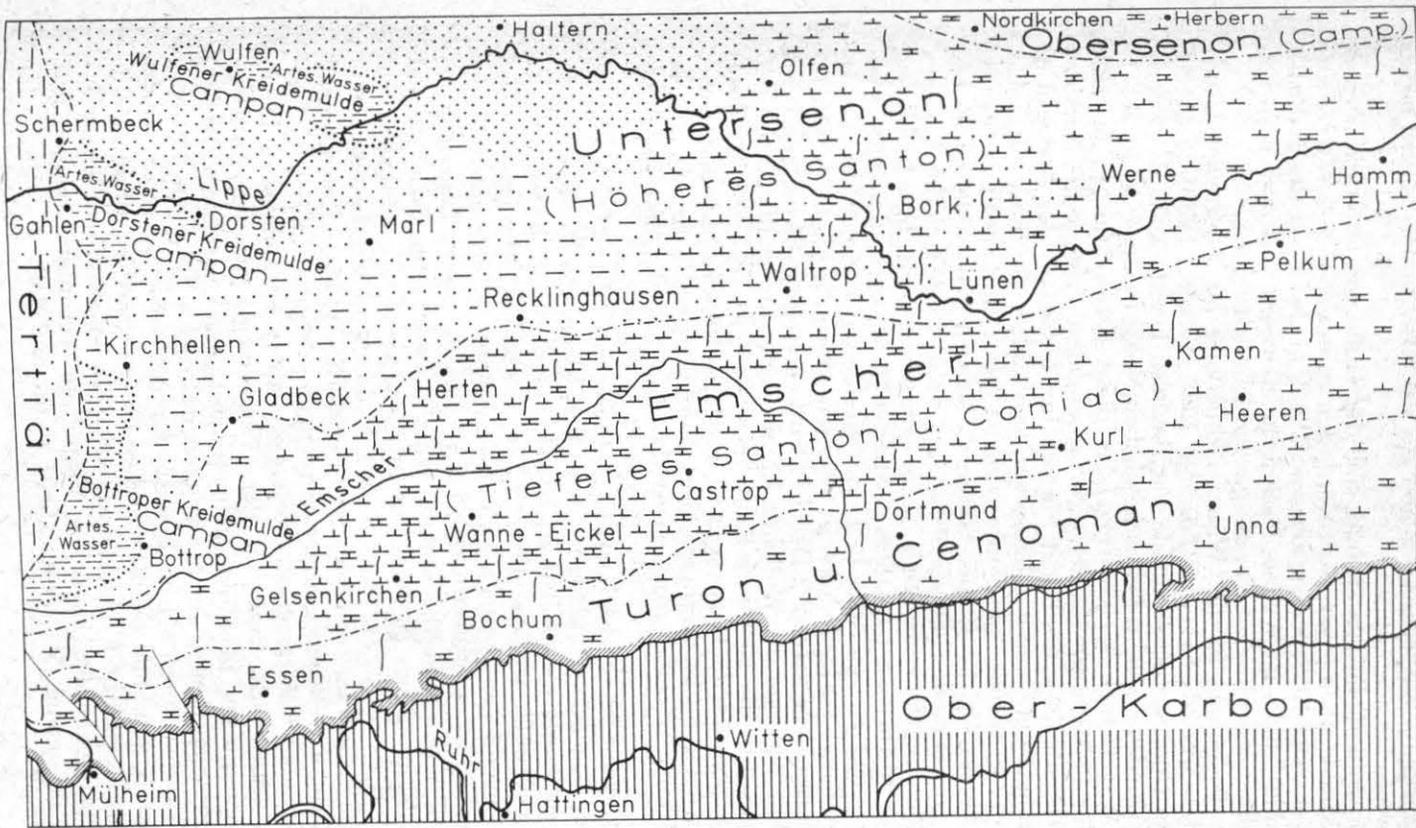
und „Osterfelder Sande“). In der Abb. 1 ist versucht worden, die Bereiche größerer und geringerer Wasserführung durch Signaturen zu unterscheiden.

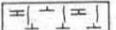
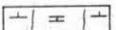
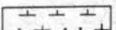
Im Bereiche bergbaulicher Einwirkungen entspricht die Kluftwasserführung im Cenoman und Turon heute nicht mehr den ursprünglichen natürlichen Verhältnissen, da durch den Bergbaubetrieb starke Abzapfungen des Grundwassers aus dem Kluftnetz unvermeidlich sind. Im Streifen des ausgehenden Cenomans und Turons am Südrande des Bezirks sind daher die Wassererschließungsmöglichkeiten sehr unterschiedlich zu beurteilen. Je nach der örtlichen Lage wechseln völlig unergiebigere Bereiche mit solchen, in denen beispielsweise durch einen Bohrbrunnen 5—25 m<sup>3</sup>/h gewonnen werden können. Aber auch weiter östlich außerhalb des Bergbaugesbietes wechseln wasserreiche Zonen („Spaltenwasserzüge“) mit trockenen Bereichen ab, wie H. BODE (1954) es näher ausgeführt hat.

Im „Emscher-Mergel“ (Coniac und tieferes Santon) tritt im Bereiche seines Ausstreichens bis gegen 40 m unter Tagesoberfläche (in besonderen Fällen auch tiefer) der sog. „obere Kluftwasserhorizont des Kreidemergels“ auf. Auf Grund der Gesteinsbeschaffenheit ist der mittlere Ruhrbezirk im Raume Wanne-Eickel—Herne—Castrop am ergiebigsten. Hier ist dem Tonmergelstein eine größere Sandkomponente beigemischt, so daß offene Klüfte und Spalten nicht so rasch wieder verschmiert und verschlossen werden. Abteufschächte mit einem Ausbruchdurchmesser von 7—8 m haben Zuflüsse von 0,5—2 m<sup>3</sup>/min. angetroffen. Im tiefgelegenen Emschertal kommt es örtlich sogar zu einem artesischen Austritt des Kluftwassers aus dem „Emscher-Mergel“ in sehr beachtlichen Mengen (WOLANSKY 1959). — Weiter nach Osten zu wird das Gestein stärker tonig, die Klüfte haben keine weitreichenden Verbindungen mehr; die Ergiebigkeit vermindert sich daher stark. Auch nach Westen zu läßt die Wasserführung im ausstreichenden Emscher-Mergel nach, was offenbar mit dem geringeren Einzugsgebiet zusammenhängt.

Im „Untersanton“ (höheres Santon) tritt in der tonigen Fazies des Ostreviers eine sehr geringe, im Übergangsbereich zur sandigen Ausbildung im Raume Lünen—Waltrop dagegen eine stärkere Kluftwasserführung auf. Die größten Wassermengen befinden sich jedoch zweifellos im Verbreitungsgebiet der lockeren Sande des Nordwestreviers in Gestalt von Porenwasser, dessen Gesamtvorrat im Bereich der „Halturner Sande“ von HESEMANN (1950) auf 18 Milliarden m<sup>3</sup> geschätzt wurde. Großgewinnungsanlagen entnehmen in diesem Raum mehr als 70 Mio. m<sup>3</sup> jährlich. Die ersten fertiggestellten Blätter des Hydrologischen Kartenwerkes des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks i. M. 1:10 000 (vgl. K. KÖTTER, dieses Heft S. 93) liegen in diesem Bereich.

Neuere Untersuchungen und erfolgreiche Wassererschließungen haben es inzwischen deutlich gemacht, daß der Bereich der wasserführenden Sande, wie HESEMANN ihn umgrenzt, nach Südwesten in das Gebiet der „Bottroper Kreidemulde“ und unter die Tertiärüberdeckung erweitert werden muß. Wasserleiter sind hier die „Osterfelder Sande“, die im Bereiche ihres Ausstreiches in der Gegend von Osterfeld und Bottrop als Formsande gewonnen werden und dort entwässert sind, während sie bei ihrem Untertauchen nach Nordwesten unter den „Bottroper Mergel“ und das Tertiär sich als ergiebiger Grundwasserspeicher erweisen. Ein einzelner Bohrbrunnen vermag aus diesen Schichten etwa 50 m<sup>3</sup>/h zu liefern. Bis etwa 7 km westlich der Tertiär-



- |  |                            |   |   |
|--|----------------------------|---|---|
|    | Reichste Wasserführung     |    | Ziemlich reiche Kluftwasserführung                    |
|    | Reiche Wasserführung       |    | Nachlassende Kluftwasserführung                       |
|  | Nachlassende Wasserführung |  | Wechselnde im allgemeinen schwache Kluftwasserführung |

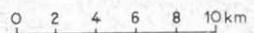


Abb. 1. Die Süßwasser führenden Schichten in der Oberkreide des Ruhrgebietes.

grenze sind derartige Wassererschließungen aus den Osterfelder Sanden bereits erfolgreich gewesen.

Nach ihrer stratigraphischen Stellung sind die Sande von Osterfeld älter als die Halterner Sande, gehen jedoch nach Nordosten zu in der sog. „Wulfener Fazies“ (WOLANSKY 1957, KALTERHERBERG 1960) in die Basis der Halterner Sande über. Schichtlücken im Westen, Faziesschwankungen und noch nicht ausreichende Fossilfunde erschweren hier die genaue Parallelisierung.

Besondere Bedeutung für die Wassererschließung im Westrevier kommt dem Bereich der Kreidefalten (LÖSCHER 1929, WIEGEL 1956) zu (Abb. 2 und 3). Für die Dorstener Kreidemulde hat BREDDIN bereits 1935 das Prinzip der artesischen Quellen erläutert. Inzwischen haben Neuaufschlüsse in der Bottroper und Wulfener Kreidemulde diese Beobachtungen bestätigt und ergänzt. Für die Bottroper Kreidemulde insbesondere erfolgte der Nachweis auch für den Bereich ihrer westlichen Fortsetzung unterhalb der Tertiärüberlagerung zum mindesten bis in den Raum von Sterkrade und Hünxe. — Abb. 2 zeigt die Lage der Kreidefalten im Nordwestrevier durch die Grenzlinie des Verbreitungsgebietes des sog. „Bottroper Mergels“. Nach neuen paläontologischen Befunden ist der wasserundurchlässige Bottroper Mergel eindeutig jünger als die Osterfelder und Halterner Sande. Seine grünsandig-mergelige Ausbildung gehört ins Unter Campan („Quadratenschichten“), die tonig-mergelige, glaukonitfreie Ausbildung im Kern der Bottroper Kreidemulde unter der Tertiärüberdeckung im Raum Sterkrade-Nord im höheren Abschnitt sogar ins Ober Campan („Mucronatenschichten“). Darüber wird an anderer Stelle noch näher zu berichten sein. Während die Wulfener Kreidemulde außerhalb der Tertiärgrenze wannenartig in die Halterner Sande eingetieft ist (vgl. F. BIRK, dieses Heft S. 204, erstrecken sich die Dorstener und Bottroper Kreidemulde noch weiter nach Westen hin unter die Tertiärüberdeckung. Infolge mangelhafter Aufschlüsse und auf Grund von Faziesschwankungen ist ihre Umgrenzung dort jedoch unsicher.

Abb. 3 zeigt einen Schnitt durch das Gebiet der Kreidefalten von SW nach NO aus der Gegend von Sterkrade bis in den Raum von Wulfen. Um die Faziesverhältnisse leserlich darstellen zu können, mußte eine sehr starke Überhöhung gewählt werden (40fach). Das tatsächlich sehr geringe Ausmaß der Schichtenverbiegungen zeigt der nicht überhöhte Schnitt unterhalb der Zeichnung. Trotzdem ist die geohydrologische Auswirkung dieser Lagerungsverhältnisse von großer praktischer Bedeutung. Die eingezeichneten Bohrloch- und Schachtschnitte stammen zum größten Teil aus neuester Zeit. Sie haben den artesischen Wasserauftrieb in den Muldengebieten bestätigt, was sich bei den Schachtbauvorhaben in der dortigen Gegend erschwerend bemerkbar gemacht hat. Neben einem kostspieligen Abteufverfahren (Gefrierverfahren) ist ein den Gebirgsverhältnissen angepaßter Spezialausbau bis in größere Tiefen erforderlich. Bezüglich der Wassergewinnungsmöglichkeiten dagegen sind die Muldengebiete naturgemäß besonders ergiebig, wenn auch die Brunnen je nach der Mächtigkeit des undurchlässigen Bottroper Mergels tiefer sein müssen als im Bereich der frei ausströmenden Sande. So haben Brunnen in den Muldengebieten schon Tiefen zwischen 80 und 150 m unter Tagesoberfläche erreicht. Für das Durchteufen der wasserführenden Lockerschichten der Oberkreide sind besonders sorgfältige Voruntersuchungen und Spezialverfahren notwendig (WOLANSKY 1963, SEMMLER 1959).

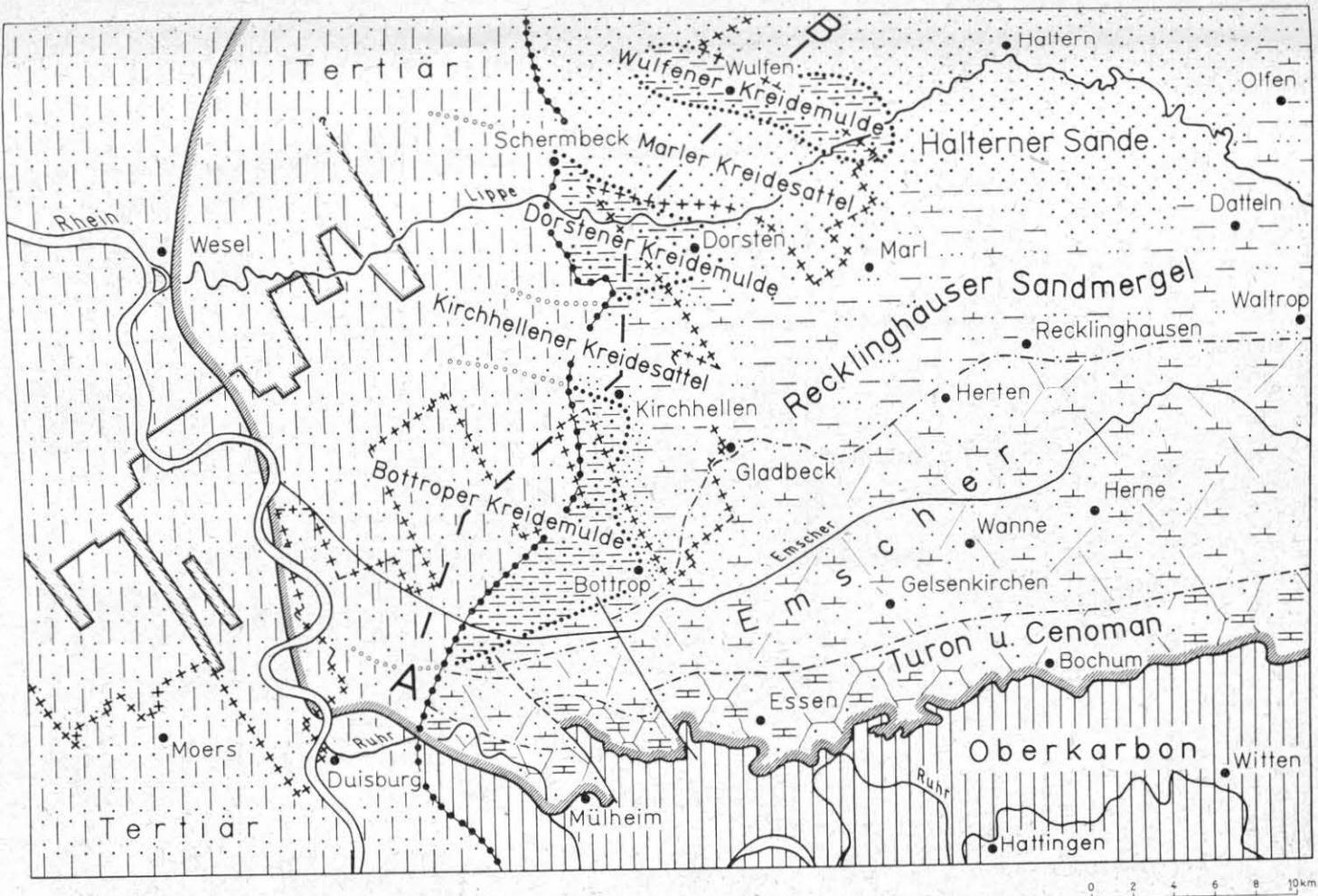


Abb. 2. Stratigraphie und Tektonik des Deckgebirges im westlichen Ruhrbezirk (A—B: Schnittlinie der Abb. 3). Erklärung der Grenzlinien wie bei Abb. 4.

Kirchhellener Kreidesattel      Marler Kreidesattel  
 Bottroper Kreidemulde      Dorstener Kreidemulde      Wulfener Kreidemulde

Wassereinzugsgebiet  
 für die Osterfelder Sande

Wassereinzugsgebiet  
 für die Osterfelder Sande

Schacht E  
 (ca. 6,4 km östlich)

Wassereinzugs-  
 gebiet  
 f. d. Halterner Sande

Bohrung A  
 (ca. 2,2 km östlich)

Schacht B  
 Artes. Wasserauftrieb

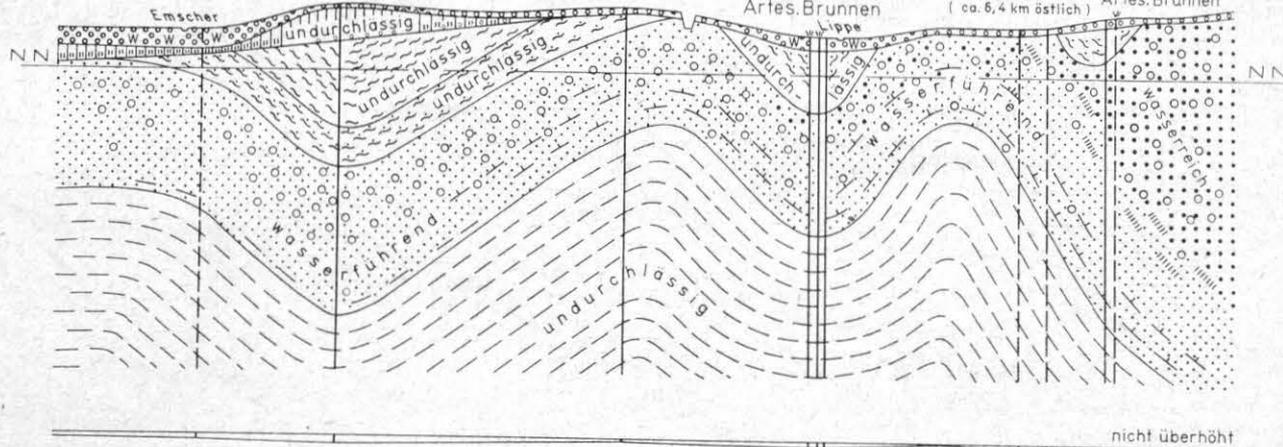
Bohrung C

Bohrung D  
 (westlich)

Schacht E  
 (ca. 6,4 km östlich)

Schacht G  
 (östlich)

Artes. Brunnen



### Erklärung:

Quartär W = wasserführend

Tertiär

Ober- Campan  
 Grauer Tonmergel } Bottroper Mergel

Unter- Campan  
 Glaukon. Mergel }

Unter- Campan  
 Halterner Sande

Osterfelder Sande

Wulfener Fazies

Recklinghäuser Sandmergel

Emscher- Mergel

Wasserführung

Höheres Santon

Tieferes Santon

Höhenmaßstab:  
 0 100 m

Längenmaßstab:  
 0 5 km

Abb. 3. Schnitt durch die Kreidemulden im westlichen Ruhrbezirk (40fach überhöht!).

Während die Schichten des Campans im Westrevier ganz überwiegend undurchlässig sind, führen sie im nordöstlichen Revier, im Raume Nordkirchen—Herbern—Ahlen, in der Faziesausbildung als Mergelkalke mit zwischengeschalteten Kalksteinbänken, in der Oberflächennähe einen Kluftwasserhorizont, der in seiner Ergiebigkeit stellenweise dem ausstreichenden „Emscher-Mergel“ entspricht. Einzelne Bohrbrunnen können 5—10 m<sup>3</sup>/h liefern.

Im Tertiär des westlichen Revierteiles, unter dem hier nur der Bereich des Steinkohlenbergbaus verstanden wird, sind es die sandigen Ablagerungen des Oligozäns und Miozäns, die wasserführend entwickelt sind. Von besonderer hydrogeologischer Bedeutung ist dabei das Auftreten der Tone im Mitteloligozän (Ratinger Ton und Septarienton), die eine undurchlässige Trennschicht bilden. Der unterlagernde Walsumer Meeressand, der im behandelten Bereich überwiegend als wenige Meter bis 25 m mächtiger Feinsand auftritt, führt teils Süßwasser, teils Salzwasser (MICHEL 1963). Nach meinen Beobachtungen enthält er in dem Gebiet, in dem das Tertiär Schichten der Kreide überlagert, also zwischen der am Rhein verlaufenden Kreidegrenze und der Tertiär-Ostgrenze (s. Abb. 2), nur Süßwasser, wo er unmittelbar das Karbon überlagert, dagegen Salzwasser. Wo sich Zechstein und Buntsandstein zwischen Karbon und Tertiär schieben, überwiegt im Walsumer Meeressand — mit seltenen Ausnahmen — ebenfalls die Soleführung. Im Bereiche der Ostgrenze des ausstreichenden Tertiärs, wo die Grundwassergewinnung aus oberflächennahen Schichten wegen ihres Tongehaltes schlecht ist, haben die Walsumer Sande für die Versorgung von Einzelbrunnen eine gewisse Bedeutung.

Die oberhalb der Tone abgelagerten Sande (Lintforter Schichten, Grafenberger Sande und Sande des Miozäns), die von BREDDIN (1931) als „Mehlsandschichten“ zusammengefaßt wurden, führen im behandelten Bereich stets Süßwasser. Infolge der Kornfeinheit geben sie das Wasser jedoch nur sehr schwer ab; Versuche haben immerhin gezeigt, daß aus zwischengeschalteten feinsandigen Lagen örtlich Wasser gewonnen werden kann. Beim Durchteufen werden in diesen fließgefährlichen Schichten Spezialverfahren (Gefrier- oder Schachtbohrverfahren) angewendet.

Bedeutungsvoller ist die Wasserführung in den Ablagerungen des Quartärs. Die Hauptwasserleiter sind hier ohne Frage die Talabsätze der Wasserläufe, also in erster Linie die Terrassenkiese und -sande von Rhein, Lippe, Emscher, Ruhr und deren Zuflüssen. Allein die rechtsrheinischen Wassergewinnungsanlagen fördern aus den bis zu 25 m mächtigen Kiesen und Sanden der Rhein-Niederterrasse mehr als 90 Millionen m<sup>3</sup> jährlich.

Die Quartärablagerungen des Lippetal sind nach den Erhebungen für das Hydrologische Kartenwerk der Westfälischen Bergwerkschaftskasse (Blätter Marl-Hüls und Hervest) als „mäßig ergiebiger Leiter“ mit einer möglichen Tagesförderung von 100—500 m<sup>3</sup> anzusprechen.

Auch aus den Absätzen des Emschertales, dessen eiszeitliche Füllung bis zu 4 km Breite und 12—15 m Mächtigkeit erreichen kann, sind örtlich beachtliche Wassermengen zu gewinnen. Im Bottroper Raum haben Pumpversuche je Bohrbrunnen bis zu 20 m<sup>3</sup>/h erbracht. Die Verunreinigungsfahr in diesen oberflächennahen Schichten ist naturgemäß besonders groß.

Je nach der Gesteinsbeschaffenheit sind diese quartärzeitlichen Ablagerungen für Schachtbauvorhaben sowie für Tiefbauvorhaben und Gründungen oft recht unangenehm. Es sei nur auf den berüchtigten „Emschertal-Fließ“ und Torfab-

lagerungen in den alten Flußläufen hingewiesen. Ihre Überwindung erfordert Spezial-Abteufverfahren (Senk- oder Spundschächte, Druckkammerverfahren). Zu erwähnen ist noch, daß in die Oberfläche des Kreidemergels eingetiefte, heute oberflächlich verhüllte Flußrinnen häufiger sind, als man gewöhnlich erwartet. Es sei an die eiszeitliche Verbindung vom Lippe- zum Emschertal zwischen Waltrop und Henrichenburg und die am südlichen Kreiderrand im Raume Essen und Bochum beobachteten Rinnen erinnert.

Wenn die Möglichkeiten einer Wassergewinnung aus derartigen Bildungen auch nicht groß sind, so sind sie im Hinblick auf Bauvorhaben doch zu beachten.

Die „Castroper Höhengotter“ auf der „Castroper Hochfläche“ nordöstlich von Bochum sind ein Beispiel dafür, daß eine besondere Gesteinsausbildung auch auf begrenztem Raum und in vergleichsweise beachtlicher Höhenlage noch wasserergiebig sein kann. Für örtliche Gewinnungsanlagen wird der Wasservorrat dieser Schotter heute noch ausgebeutet.

### Salzwasser-Vorkommen:

Die Verbreitung der Sole-Vorkommen im Ruhrgebiet — soweit sie für den Steinkohlenbergbau Bedeutung haben — ist in Abb. 4 dargestellt worden. Die verschiedenen Signaturen für die Soleführung sollen kenntlich machen, in welchen Stufen des Deckgebirges diese Wässer heute hauptsächlich angetroffen werden.

Im Rheintalgraben ist es zunächst der Buntsandstein, der Salzwasser in einer Konzentration bis zu 8% NaCl führt. Da es sich besonders westlich des Rheins um überwiegend sandige, vielfach nur schwach verfestigte Sedimente handelt (vgl. Boick 1956), besteht beim Anfahren dieser Schichten die Gefahr von Fließsand einbrüchen. Das Durchteufen des wasserführenden Buntsandsteins hat daher, angefangen von dem mühsamen Niederbringen der Borthschächte zu Beginn des Jahrhunderts, bis in die neueste Zeit die Schachtbauer vor schwierige Probleme gestellt. Fazieswechsel beeinflussen jedoch — besonders östlich des Rheins — das hydrologische Verhalten weitgehend. Während die Schächte zwischen Bottrop und Gladbeck im Kirchhellener Graben noch eine sandige bis konglomeratische Gesteinsausbildung mit reicher Soleführung antrafen, wird der Buntsandstein nach Norden zu feinklastischer, schluffig-tonig und dicht. Die Soleführung läßt merklich nach; allenfalls kann man mit dem Auftreten von Kluftwasser rechnen, das auf Störungen Verbindung mit dem Zechstein haben kann. Hier ist das Durchteufen von Hand unter Zementierung etwaiger Wasserklüfte durchaus möglich.

Nach den Ausführungen von MICHEL (1963) tritt örtlich, so z. B. auf dem Rossenrayer Horst, Süßwasser mit unter 1000 mg/l gelösten Stoffen im Buntsandstein auf. Er folgert daraus, daß das versalzene Grundwasser nur dort im Buntsandstein vorhanden ist, wo es an Klüften und Störungen einwandern konnte. Lieferant des Salzes ist der Zechstein oder — weiter nördlich — das Röt. Infolge der starken tektonischen Zerlegung des Rheintalgrabens in Schollen kommt der vertikalen Migration des Wassers hier offenbar eine größere Bedeutung zu als der horizontalen. Dafür sprechen u. a. auch Grubenaufschlüsse von unter Tage her, sind doch z. B. Hochbohrungen bis in den Zechstein hinein in den angetroffenen Zufüssen ganz verschieden. Trockene Bohrlöcher wechseln ab mit mehr oder weniger

wasserreichen, je nachdem, ob man sich in ungestörtem oder von Störungen durchsetztem Gebirge befindet.

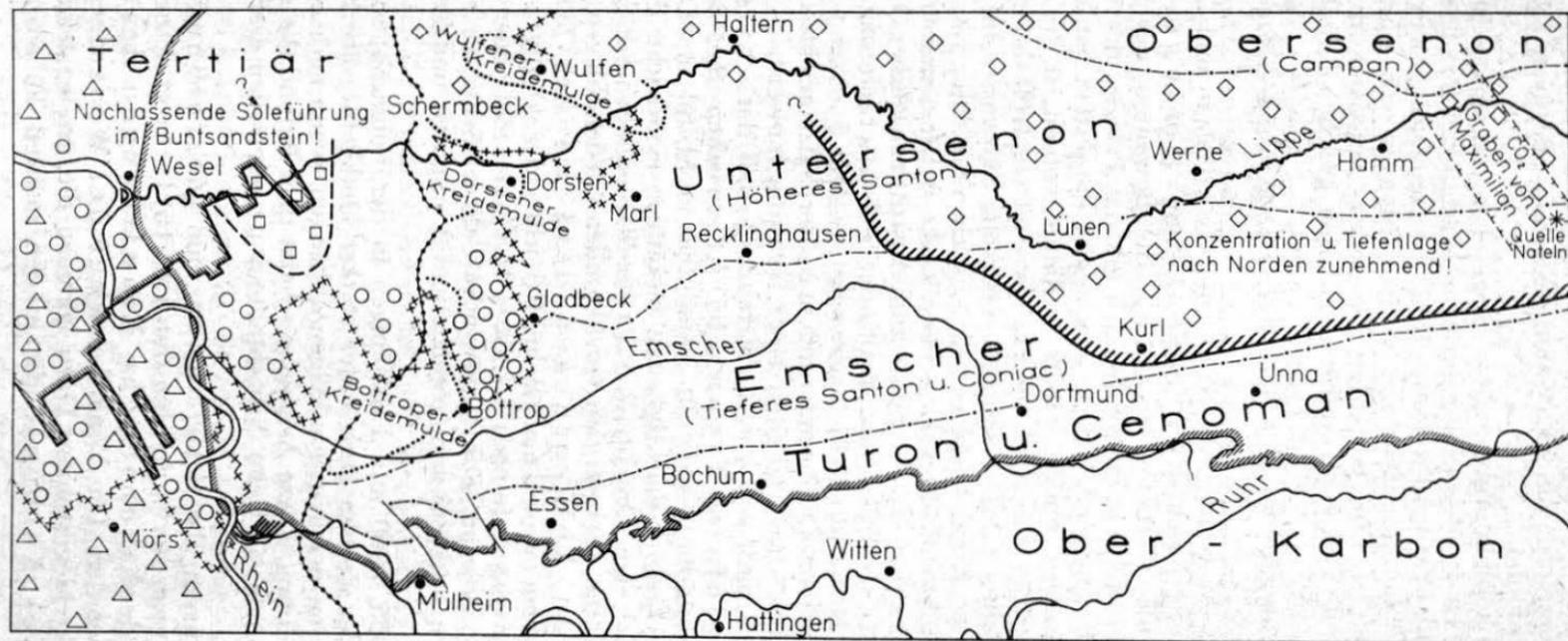
Im Bereich des Steinkohlenbergbaus ist — abgesehen von einigen Störungszonen — der Zechstein infolge seiner geringen Mächtigkeit im allgemeinen wasserarm. Der in Mitteldeutschland so gefürchtete Plattendolomit ist nur wenige Meter stark und kann daher allenfalls nur geringe Mengen von Kluftwasser führen, das stets versalzen ist. Eine besondere Darstellung auf der Karte Abb. 4 erübrigt sich, da Zechstein und Buntsandstein auf den gleichen Schollen verbreitet sind.

Eine größere Bedeutung kommt der Soleführung in den Ablagerungen der Oberkreide zu.

Bezeichnend ist das Auftreten der Sole im Cenoman und Turon unterhalb der Überdeckung durch den „Emscher-Mergel“ (Coniac und tieferes Santon) in erster Linie als Kluftwasser. Für die Bewegung des Wassers im durch den Bergbau nicht beeinflussten Bereich gilt das Prinzip, das WEGNER (1922) für das Haarstranggebiet so anschaulich dargestellt hat, und das seitdem von jüngeren Autoren immer wieder bestätigt worden ist. Im Bereich des austreichenden „Emscher-Mergels“, im Hellwegtal, trifft das im Haarstranggebiet im ausgehenden Turon-Cenoman versickerte Süßwasser auf die aus der Tiefe des Münsterschen Kreidebeckens in den gleichen Schichten von Norden nach Süden unter der undurchlässigen Emschergeldecke aufsteigende Sole. Das Zusammentreffen dieser beiden Wässer führte zum Austritt zahlreicher Quellen im Zuge des Hellweges, deren Salzgehalt oder Süßwasserlieferung je nach den Niederschlägen im Haarstranggebiet schwankte (s. Abb. 5). Wenn MICHEL (1963) auch auf verschiedene Differenzierungen in der Salzkonzentration der Tiefenwässer und auf die Schwierigkeiten einer Deutung hinweist, so gilt für den Bergbaubereich doch nach wie vor die Erfahrung, daß der „Emscher-Mergel“ die horizontale Trennschicht zwischen Süßwasser (oberhalb) und Sole (unterhalb) darstellt. Namentlich im Mittel- und Ostrevier im Bereich größerer Deckgebirgsmächtigkeiten bestätigen es Schachtaufschlüsse stets von neuem, daß nach dem Durchteufen der oberflächennahen Schichten mit süßwasserführenden Klüften, die von den versickernden Niederschlägen gespeist werden, die tieferen Ablagerungen des Emscher-Mergels trocken angetroffen werden. Beim Erreichen der klüftigen Turonkalke fährt man sodann meistens je nach der Tiefenlage unter mehr oder weniger starkem Druck stehende Sole an. Die Überwindung dieser Schichten erfordert besondere Vorkehrungen, insbesondere rechtzeitiges Vorbohren und Zementieren (WOLANSKY 1956).

Nach SEMMLER (1955, 1960 und Erhebungen in der Folgezeit) sollen die Grubenwasserzuffüsse der Zechen auch unter starker Deckgebirgsüberlagerung in beachtlichem Maße von den Niederschlägen abhängen, wenn auch mit einer gewissen Phasenverschiebung. Diese Annahme scheint dem Befund der getrennten Wasserstockwerke, wie sie beim Schachtabteufen angetroffen werden, zu widersprechen.

Zur Erklärung müssen die Störungen und Zerreißen im Schichtenverband, und zwar hervorgerufen durch natürliche (tektonische) Ursachen als auch durch künstliche Einwirkungen des Bergbaus, herangezogen werden. Die Wanderwege des Wassers sind die Klüfte in den Oberkreidgesteinen. Dazu kommen die großen tektonischen Querstörungen des Karbons, die in den meisten Fällen in die



### Erklärung:

- |       |                  |   |                                    |      |  |
|-------|------------------|---|------------------------------------|------|--|
| ----- | Tertiärgrenze    | ○ | Sole im Buntsandstein              | //// | SW-Grenze reicher Soliführung im Ostrevier |
| ----- | Oberkreidegrenze | △ | Sole im Tertiär (Wals Meeressande) |      |  |
| ++++  | Zechsteingrenze  | □ | Sole im Essener Grünsand           |      |  |
| ----- | Steinsalzgrenze  | ◇ | Sole im Turon - Cenoman            |      |  |

Maßstab:  
0 2 4 6 8 10 km

Abb. 4. Soliführende Schichten im Deckgebirge des Ruhrkarbons.

Kreide hinein durchsetzen und diese mit zerreißen (WOLANSKY 1960). Auf derartigen Störungszonen kann sich das Wasser auf weite Entfernungen hin bewegen und auch ins Steinkohlengebirge eindringen. Kommen noch bergbauliche Einwirkungen in Gestalt des Aufreißen von Spalten und Klüften dazu, so wird die Wirkung noch verstärkt. So kann man meiner Ansicht nach die Verstärkung der Grubenwasserzuflüsse durch Niederschläge hauptsächlich durch das Eindringen auf Zerreißungs- und Störungszonen und Weiterwanderung dortselbst erklären, sie

N

S

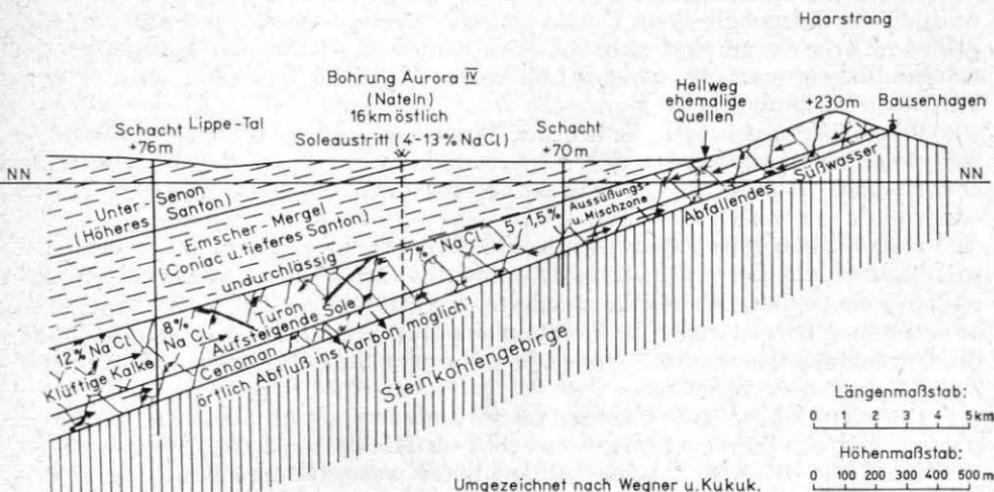


Abb. 5. Die geohydrologischen Verhältnisse im Turon-Cenoman des Ostreviers (Schnitt 10fach überhöht!).

aber nicht auf unmittelbares Durchsinken des ungestörten undurchlässigen Emscher-Mergels am Orte des Auftretens der Zuflüsse zurückführen.

Die Konzentration der in den Schächten angefahrenen, auf Spaltenzügen umlaufenden Solezuflüsse scheint diese Annahme einer mehr oder weniger weiten Wanderung des Wassers zu bestätigen: Je näher der Aufschluß am südlichen Kreiderand liegt, um so geringer ist im allgemeinen der Salzgehalt. Die Konzentration nimmt nach Norden mit wachsender Tiefe zu (Abb. 5). Dabei konnte man bei einer Reihe von Zechen im Mittelrevier beobachten, daß der Salzgehalt der aus dem Turon-Cenoman zufließenden Wässer im Laufe der Jahre abnahm. Das bedeutet, daß durch die ständige Wasserhebung der Steinkohlengruben die Sole dem Kluftnetz dieser Stufen rascher entzogen wird, als sie von Norden her nachdringen kann, besonders, wenn am Nordrande des Reviers liegende Zechen schon einen Teil des Wassers auffangen. Am Südrand versinkendes Süßwasser kann dann in den leergelaufenen Spalten um so rascher nach Norden vordringen oder die Sole im Kluftnetz verdünnen bzw. ins Steinkohlengebirge eindringen. Die Darstellung WEGNERS aus dem Jahre 1922 ist heute, 40 Jahre später, für das bergbaulich beeinflusste Ge-

biet dahingehend abzuändern, daß die Quellen am Hellweg versiegt sind (Abbildung 5). Die „Aussüßungs- und Mischzone“ der Wässer, die sich früher im Bereich des austreichenden „Emscher-Mergels“ befand, ist weiter nach Norden unter die Emscher-Mergel-Überdeckung gewandert. Der Kochsalzgehalt nimmt sodann in nördlicher Richtung allmählich zu, um an der Lippe im Hammer Raum etwa 8% und darüber hinaus nach Norden bis gegen 12% zu erreichen.

Der Schnitt Abb. 5 soll — der besseren Übersicht halber in 10facher Überhöhung — die heutigen Verhältnisse aufzeigen. — Die eingezeichnete Bohrung Aurora IV bei Nateln, aus der heute noch die im Jahre 1898 im Turon angefahrne Sole frei ausfließt, liegt etwa 16 km östlich der Schnittlinie außerhalb des durch den Bergbau beeinflussten Bereiches. Bezeichnenderweise wechselt der Salzgehalt dieser Quelle je nach den Niederschlägen im Haarstranggebiet, d. h. er vermindert sich bei stärkeren und erhöht sich bei geringeren Niederschlägen, was auf weitreichende Verbindungen des Spaltennetzes hinweist.

Schematisch ist in den Kalken des Turons ein Absenkungstrichter angedeutet worden, der darauf hinweisen soll, daß auch im Bereiche des „unentwässerten“ Turons und Cenomans im Ostrevier durchaus wasserfreie oder bereits entwässerte Bereiche vorkommen können.

Darauf hat bereits TRÜPELMANN (1923) hingewiesen, jedoch sind seine „Absenkungstrichter“ nur schematisch zu verstehen; der Wechsel wasserreicher und wasserfreier Gebiete ist viel komplizierter und dürfte sich mehr in langgestreckten Bereichen in Richtung der großen karbonischen, in die Kreide hineinsetzenden Querstörungen oder durch bergbauliche Betätigung geschaffener Zerreißungszonen, vollziehen.

Die Kenntnis solcher Bereiche ist für den Bergbau von großer praktischer Bedeutung — sowohl im Hinblick auf das Niederbringen von Schächten als auch für den Abbau unter wasserführenden Schichten des Turons und Cenomans.

Es ist daher sehr erfreulich, daß geophysikalische, insbesondere geoelektrische Sondierungsverfahren heute in der Lage sind, von über Tage her unter einer mehrere 100 m starken Überdeckung von Tonmergeln des Emschers und Senons soleführende Bereiche in den Klüften des sog. „Weißen Mergels“ von Trockenzonen zu unterscheiden. Diesbezügliche Messungen im Grubenfeld einer Zeche des Ostreviers, wo der Befund durch Schacht- und Bohraufschlüsse kontrolliert werden konnte, verliefen erfolgreich.

Auf der Kartendarstellung Abb. 4 ist im Osten der „Graben von Maximilian“ noch besonders hervorgehoben worden, in dem neben reicher Soleführung auch beachtliche Kohlensäureaustritte in den Klüften der Kreidekalke beobachtet worden sind. Die Natelner Quelle liegt höchstwahrscheinlich noch im Bereich der östlichen Randstörungen dieser Grabenzone, was mangels Grubenaufschlüssen jedoch nicht eindeutig bewiesen werden kann.

Der stark soleführende Bereich im Ostrevier ist durch eine besondere Linie umgrenzt worden. Weiter nach Westen zu, im Kerngebiet des Bergbaus, ist das Salzwasser heute weitgehend abgezapft; es wird aber stellenweise durch vom Südrand her eindringendes oder auf Zerreißungszonen einsickerndes Süßwasser ersetzt. Neuere Abteufschächte im Bereich der unteren Lippe haben im Turon nur geringfügige Zuflüsse von Sole angetroffen. Obgleich die Gesteinsausbildung die gleiche ist wie im Ostrevier, ist im Westen

die Kluffwasserführung aus zur Zeit noch nicht geklärten Gründen (geringere Schichtmächtigkeit?) wesentlich geringer.

Auf ein besonderes, nach bisherigen Erkenntnissen begrenztes Vorkommen von Sole im Essener Grünsand an der Basis des Cenomans im Westrevier im Raum von Hünxe muß noch hingewiesen werden. Vorbohrungen für ein Schachtprojekt haben gezeigt, daß dort in einer etwa 25 m mächtigen grünsandigen Schichtenfolge mehrere Meter starke lockere Einlagerungen vorhanden sind, die Sole unter beachtlichem Überdruck enthalten, so daß für das Durchteufen besondere Maßnahmen vorgesehen werden mußten. Ein Aufschluß etwa 8 km südlich davon zeigte dagegen, daß der Grünsand dort geringmächtiger und wasserfrei ist. Es muß sich also um ein örtlich begrenztes Auftreten handeln, dessen Ursache noch nicht geklärt ist.

Schließlich ist noch die Sole im Tertiär-Verbreitungsgebiet westlich des Rheins in der Signatur der Abb. 4 hervorgehoben worden. Es handelt sich hier um das Auftreten im Walsumer Meeressand unter der Tonmergelstufe außerhalb des Kreidegebietes. Die dichte Stellung der Signaturen deutet keine besonders großen Wassermengen an, sondern rührt daher, daß dort sowohl soleführender Buntsandstein als auch Tertiär übereinander vorkommen.

Im Rahmen einer größeren Abhandlung, die über das eigentliche Steinkohlenbergbauggebiet hinausgreift, hat sich G. MICHEL (1963) über die Frage der Süßwasser- und Soleführung eingehend geäußert. Da die hydrologischen Verhältnisse im Bereich der Steinkohlenzechen jedoch weitgehend durch menschliche Einwirkung verändert worden sind, war es angebracht, die hier gemachten besonderen Erfahrungen einmal zusammenfassend darzustellen.

Dem gleichen Zweck dient die „Deckgebirgskarte für den Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk“ i. M. 1:25 000, die von der Geologischen Abteilung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum seit 1950 herausgegeben wird. Verfasserin berichtete darüber bereits in Bd. 104 dieser Zeitschrift (1952). Bis heute sind 10 Großblätter nebst den dazugehörigen Erläuterungsheften fertiggestellt, die die wechselvolle Gesteinsausbildung des Deckgebirges und seine unterschiedlichen hydrologischen Verhältnisse — besonders für die praktischen Belange des Ruhrbergbaus — zur Darstellung bringen. Weitere Blätter sind in Vorbereitung.

Wenn die bergbaulichen Aufschlüsse im Deckgebirge auch längst nicht so häufig sind, wie diejenigen im Karbon, so bringt doch das sorgfältige Zusammentragen aller Befunde Ergebnisse, die sich regional auswerten lassen und für die Praxis des Bergbaus wertvolle Unterlagen darstellen. —

#### Schriften

- ARNOLD, H.: Nachweis subherzyner Störungen im Münsterland. — Z. deutsch. geol. Ges. **109** (Jg. 1957), S. 266—269, Hannover 1958.
- BIRK, F.: Die hydrologischen Verhältnisse der Wulfener Mulde. — Z. deutsch. geol. Ges. **116** (Jg. 1964), S. 204.
- BODE, H.: Die hydrologischen Verhältnisse am Südrand des Beckens von Münster. — Geol. Jb. **69**, S. 429—454, Hannover 1954.
- BOIGK, H.: Ausbildung und Paläogeographie des Buntsandsteins im nördlichen Teil der Niederrheinischen Bucht und seine Beziehungen zu benachbarten Gebieten. — Geol. Jb. **72**, S. 347—366, Hannover 1956.
- BREDDIN, H.: Die Gliederung des tertiären Deckgebirges im niederrheinischen Bergbauggebiet. — Glückauf **67**, S. 249—255, 1931.

- Die Entstehung der artesischen Quellen im Gebiete der unteren Lippe. — Glückauf **71**, S. 980—988, 1935.
- FRICKE, K.: Entstehung, Beschaffenheit und räumliche Verbreitung der Heil- und Mineralquellen Nordrhein-Westfalens. — 40 S., 16 Abb., Gütersloh (Flöttmann) 1954.
- HAHNE, C.: Montangeologische Aufgaben im Steinkohlenbergbau, erläutert am niederrheinisch-westfälischen Revier. — Z. deutsch. geol. Ges. **104** (Jg. 1952), S. 441—458, Hannover 1953.
- Praktische Hinweise geotechnischer Art für das Niederbringen von Aufschlußbohrungen — Bergfreiheit **24**, S. 371—377, 1959.
- HESEMANN, J.: Der Grundwasserschatz der Halterner Sande. — Bergfreiheit **15**, Nr. 2, S. 6 bis 9, 1950.
- KALTERHERBERG, J.: Zur Entstehung feinschichtiger Sedimente im Santon von Wulfen (Westf.). Fortsch. Geol. Rheinld. u. Westf. **7**, S. 17—24, 1960 (Vorausdruck).
- KELLER, G.: Die Grundwasserverhältnisse des Oberkreidedeckgebirges im Gebiet von Essen. — Glückauf **79**, S. 409—411, 1943.
- KÖTTER, K.: Die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks, Maßstab 1:10000. — Z. deutsch. Geol. Ges. **116** (Jg. 1964), S. 88—95.
- KUKUK, P.: Grundwasser und Bergbau im niederrheinisch-westfälischen Bezirk. — Glückauf **69**, S. 645—651, 1933.
- Geologie des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlengebietes. — Berlin (J. Springer) 1938, Abschn. XIX.
- KUKUK, P. & WOLANSKY, D.: Gliederung und Ausbildung der oberen Kreide im mittleren Ruhrgebiet unter Berücksichtigung der wichtigsten Leiterversteinerungen. — Glückauf **77**, S. 219—221, 1941.
- LÖSCHER, W.: Die Tektonik des Kreidedeckgebirges im rheinisch-westfälischen Ruhrkohlenbezirk. — Der Bergbau **42**, S. 529—531, Gelsenkirchen 1929.
- MICHEL, G.: Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Forschungsber. d. Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 1239 (Westdeutscher Verlag), Köln und Opladen 1963.
- PATTEISKY, K.: Die thermalen Solen des Ruhrgebietes und ihre juvenilen Quellgase. — Glückauf **90**, S. 1334—1348 u. S. 1508—1519, 1954.
- SCHNEIDER, H.: Die Grundwasserführung der vordiluvialen Gesteine Nordwestfalens. — 72 S., 49 Abb., 10 Taf., Berlin-Konradshöhe (Rudolf Schmidt) 1961.
- SEMMLER, W.: Die Grubenwasserzuflüsse im Ruhrbergbau und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen. — Bergbau **6**, S. 205—210, 1955.
- Die Grundwasserabsenkung und ihre nützliche Anwendung im Bergbau. — Glückauf **95**, S. 885—893, 1959.
- Die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet. — Glückauf **96**, S. 502—511, 1960.
- TRÜPFELMANN, W.: Die Wasserführung des Weißen Mergels im Ruhrbezirk. — Glückauf **59**, S. 1121—1126 u. S. 1137—1141, 1923.
- Die Gewinnung von Grundwasser und Oberflächenwasser auf den Zechen des Ruhrbezirks. — Glückauf **60**, S. 349—355, 1924.
- WEGNER, TH.: Studien über den Zusammenhang der Plänergrundwasser im rheinisch-westfälischen Industriebezirk. — Z. prakt. Geol. **30**, S. 101—111 u. S. 117—122, 1922.
- WIEGEL, E.: Zur Lagerung der Ober-Kreide im südwestlichen Münsterland. — Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh. Jg. 1956, H. 4/5, S. 196—203 (zugleich W. LÖSCHER-Festschrift der Geolog. Gesellschaft Essen, 1. V. 1956, S. 66—75).
- WOLANSKY, D.: Angewandte Geologie im Kreidedeckgebirge des Ruhrgebietes, erläutert am Beispiel der Deckgebirgskarte. — Z. deutsch. geol. Ges. **104** (Jg. 1952), S. 511—515, Hannover 1953.
- Möglichkeiten der Nutzwassergewinnung aus dem Deckgebirge im niederrheinisch-westfälischen Revier. — 27 S., 10 Abb., Mitt. Westf. Berggewerkschaftskasse H. 7, Bochum 1954.
- Über die Bedeutung der Emscher-Turon-Grenze beim Schachtabteufen im Ruhrbezirk. — Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh. Jg. 1956, H. 4/5 S. 196—203 (zugleich W. LÖSCHER-Festschrift der Geolog. Gesellsch. Essen, 1. V. 1956, S. 78—85).
- Montangeologische Beobachtungen an Abteufschächten und Tiefbohrungen im Deckgebirge des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlengebietes. — Mitt. Westfäl. Berggewerkschaftskasse H. 12 (P. KUKUK-Festschrift) S. 151—173, Bochum 1957.
- Neuere geologische Untersuchungen über das Gebirgsverhalten beim Schachtabteufen, besonders bei Anwendung des Gefrierverfahrens. — Glückauf **95**, S. 1388—1391, 1959.
- Die Abteufschächte und Tiefbohrungen der letzten 23 Jahre im Ruhrbezirk und ihre Lage

innerhalb der verschiedenen Faziesbereiche des Deckgebirges unter Angabe der angewendeten Abteufverfahren. — Farbige Karte nebst Erläuterungsheft, herausg. Westf. Berggewerkschaftskasse, Bochum 1959.

- Ein „Umkehrverwurf“ im Deckgebirge am Ostschacht der Zeche Adolf von Hanseemann. — Glückauf **96**, S. 1006—1010, 1960.
- Die Bedeutung gesteinsphysikalischer Untersuchungen bei der geologischen Bearbeitung von Schachtvorbohrungen im Deckgebirge des Ruhrgebietes. — Z. deutsch. geol. Ges. **114** (Jg. 1962), S. 228—236, Hannover 1963.
- Montangeologische und gesteinsphysikalische Untersuchungen von Schachtvorbohrungen im nicht standfesten Deckgebirge des Ruhrkarbons. — Bergbau-Archiv **24**, S. 17—26, Essen 1963.
- Deckgebirgskarte für den niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk i. M. 1 : 25 000 nebst Erläuterungen, herausg. v. d. Westf. Berggewerkschaftskasse Bochum seit 1950. Bisher erschienene Blätter: Buer, Lippramsdorf, Rauxel, Olfen, Oberaden, Nordkirchen, Dolberg, Flierich, Lohberg und Sterkrade. Weiteres Schrifttum siehe bei G. MICHEL 1963.

Herbst, G. (1964): Die Grubenwässer im Steinkohlenrevier von Aachen-Erkelenz. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 70-75; 2 Abb.

## Die Grubenwässer im Steinkohlenrevier von Aachen-Erkelenz<sup>1)</sup>

Mit 2 Abbildungen

Von G. HERBST \*), Krefeld

Aus dem Aachener Revier liegen eine Reihe von Einzeluntersuchungen verschiedener Bearbeiter vor, über deren wichtigste Ergebnisse hier berichtet werden soll. Die gewiß sehr reizvolle Frage nach der Herkunft der Grubenwässer soll dabei zurückgestellt werden, vielmehr sollen einige bezeichnende Beobachtungen und Daten mitgeteilt werden, die als Ergänzung zu den Untersuchungen in den Nachbargebieten dienen mögen<sup>2)</sup>. In dem nördlich benachbarten Revier von holländ. Limburg hat ja KIMPE (1962, 1963) eine umfassende Darstellung der Grubenwässer gegeben. Aus dem Ruhrgebiet sind vor allem die Arbeiten von KUKUK, FRAU WOLANSKY, PATTEISKY und SEMMLER bekannt. Neuerdings ist eine umfassende Untersuchung von MICHEL (1963) über die Tiefenlage der Süßwasser—Salzwasser-Grenze im nördlichen Rheinland erschienen, die sich ebenfalls mit diesen Fragen beschäftigt.

Zunächst soll ein Überblick über das behandelte Gebiet zum besseren Verständnis gegeben werden. Mit Einbeziehung der Scholle von Erkelenz mit dem Grubenfeld von Sophia Jacoba hat das durch den Bergbau erschlossene Revier eine Längserstreckung in Nord-Süd-Richtung von 45 km und eine Breite von etwa 20 km. Im Süden herrscht lebhaft, z. T. nach NW überkippte Faltung, die nach N zu in flachwelligen Verbiegungen ausklingt. Ganz ähnlich wie im Ruhrrevier geht das Steinkohlengebirge im S und SW zu Tage aus oder ist nur durch eine dünne Decke von Pleistozän und Tertiär verhüllt.

Der Hauptteil des Wurmrevieres mit den wichtigsten Schacht-Anlagen trägt eine Tertiär-Bedeckung, deren Mächtigkeit nach N und NE zunimmt, vielfach im Zusammenhang mit Querstörungen, welche das Steinkohlengebirge in verschiedene, im allgemeinen nach NE staffelförmig absinkende Schollen zerlegt haben. Am Aufbau des Tertiärs sind beteiligt: das Oligozän — vorwiegend Feinsande mit tonigen Zwischenlagen — das Mittelmiozän mit den Flözen der Rhein-Braunkohlenformation und den sie begleitenden Tonen und Sanden, und das Pliozän mit seiner mannigfaltigen, aus Sanden, Kiesen und Tonen bestehenden Schichtenfolge. Nach NE zu erreicht das Deckgebirge Mächtigkeiten von 400 bis 600 m, und dann versinkt das Steinkohlengebirge in Tiefen, die dem Bergbau bisher noch nicht zugänglich waren. Hier trennt der tief eingebrochene Rurtal-

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten auf der Frühjahrstagung der DGG in Essen, 7. Mai 1964.

<sup>\*</sup>) Anschrift des Autors: Dr. GEORG HERBST, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 415 Krefeld, Westwall 124.

<sup>2)</sup> Den Bergwerksgesellschaften im Aachener Revier, insbesondere dem Eschweiler Bergwerksverein und der Gew. Sophia Jacoba sage ich aufrichtigen Dank für das Entgegenkommen, das ich dort bei der Zusammenstellung des Materiales gefunden habe.

graben das Wurm-Revier von der Erkelenzer Hochscholle. Im Rurtal-Graben selbst ist das Oberkarbon erst vor wenigen Jahren durch die Erdöl-Bohrung Straeten 1 angetroffen worden, und zwar in einer Tiefe von fast 1300 m.

Jenseits der Rurrand-Störung, im Grubenfeld von Sophia Jacoba, liegt die Karbon-Oberfläche in 200—300 m Tiefe und sinkt nach NE wieder ab, zum Teil staffelförmig an SE-NW-verlaufenden Verwerfungen.

Das Deckgebirge auf der Erkelenzer Scholle ist besonders wechselluvig ausgebildet. Auf dem Horst selbst zeigt sich eine bemerkenswert vollständige Folge von Oberkreide-Paleozän, Unter-, Mittel- und Ober-Oligozän, im NE dagegen herrschen Verhältnisse vor, die denen des östlichen Wurmgebietes entsprechen, das heißt, das Oberkarbon wird hier unmittelbar von Oligozän, Miozän und Pliozän überlagert. Die älteren Formationen, Oberkreide und Paleozän sind hier nicht abgelagert oder bereits wieder abgetragen worden.

Von altersher ist bei der Betrachtung der Grubenwasser-Zuflüsse im Aachener Revier den tonigen Ablagerungen an der Oberfläche des Steinkohlengebirges besondere Beachtung geschenkt worden. Diese Ablagerungen werden als „Baggert“ bezeichnet. Sie sind naturgemäß wechselluvig in Beschaffenheit und Mächtigkeit ausgebildet, und über ihre Alters-Einstufung gibt es verschiedene Auffassungen. Man kann wohl sagen, daß „Baggert“ ein Sammelbegriff für z. T. umgelagerte Verwitterungsbildungen ist, die aus verschiedenen Zeiten, beispielsweise der Oberkreide oder dem Alttertiär stammen können. Jedenfalls geht es nicht an, diese Bildungen kurzerhand als „Ratinger Ton“ zu bezeichnen.

Allgemein ist zu der Wasserführung im Steinkohlengebirge zu sagen, daß sie hier wie in den anderen Revieren hauptsächlich an die Klüfte und Spalten und daher an diejenigen Schichtengruppen gebunden ist, in denen durchgehende Sandsteinbänke in größerer Häufigkeit und Mächtigkeit auftreten. Das sind im Aachener Revier hauptsächlich die tieferen Kohlscheider (= Bochumer) Schichten, also die Partie unterhalb von Fl. Groß-Athwerk bzw. Röttgersbank. Die großen Querstörungen haben sich vielfach nur in der Nähe des Deckgebirges wasserreich gezeigt, während sie auf den tieferen Sohlen trocken waren.

Die Verbindung zwischen Deckgebirgs-Wasser und der Wasserführung des Steinkohlengebirges ist dort besonders wirksam, wo dessen Schichten mit steileren Einfallswinkeln an die Karbon-Oberfläche stoßen. Dort ist auch meist die abdichtende Verwitterungsschicht nur lückenhaft vorhanden.

Dies ist zum Beispiel der Fall im Gemeinschaftsfeld im westlichen Wurmrevier. Die hier aufgefahrenen Querschläge hatten immer unter starkem Wasserzudrang zu leiden, und aus diesem Grunde sind hier die Verhältnisse genauer untersucht worden, so von BREDDIN (1938), MENN (1953) und anderen. Durch hydrologische Beobachtungen unter und über Tage sind hier die Zusammenhänge festgestellt worden, und die Wasser-Analysen bestätigen dies Ergebnis. An den in Abb. 1 wiedergegebenen Analysen — dargestellt entsprechend dem Vorschlag von UDLUFT 1953 — ist zu erkennen, daß die 216 m-Sohle (60 m unter der Karbon-Oberfläche) ein Wasser führt (untere Reihe, Mitte), das sich nicht wesentlich von den zum Vergleich wiedergegebenen Deckgebirgswässern (Abb. 1, obere Reihe und untere Reihe, links) unterscheidet. Sie alle sind zu bezeichnen als Ca-(Mg-)Hydrogenkarbonat-Wässer mit geringem Sulfat- und Chlorid-Anteil, gleichviel, ob sie aus der Oberkreide, dem Unter-Oligozän, dem höheren Oligozän oder dem Pliozän stammen. Das auf der tieferen (360 m)-Sohle entnommene Wasser (Abb. 1, untere Reihe, rechts) weist dagegen eine bemerkenswerte Änderung auf: Die Alkalien haben auf Kosten der Erdalkalien zugenommen. KIMPE

## Schwach mineralisierte Grundwässer

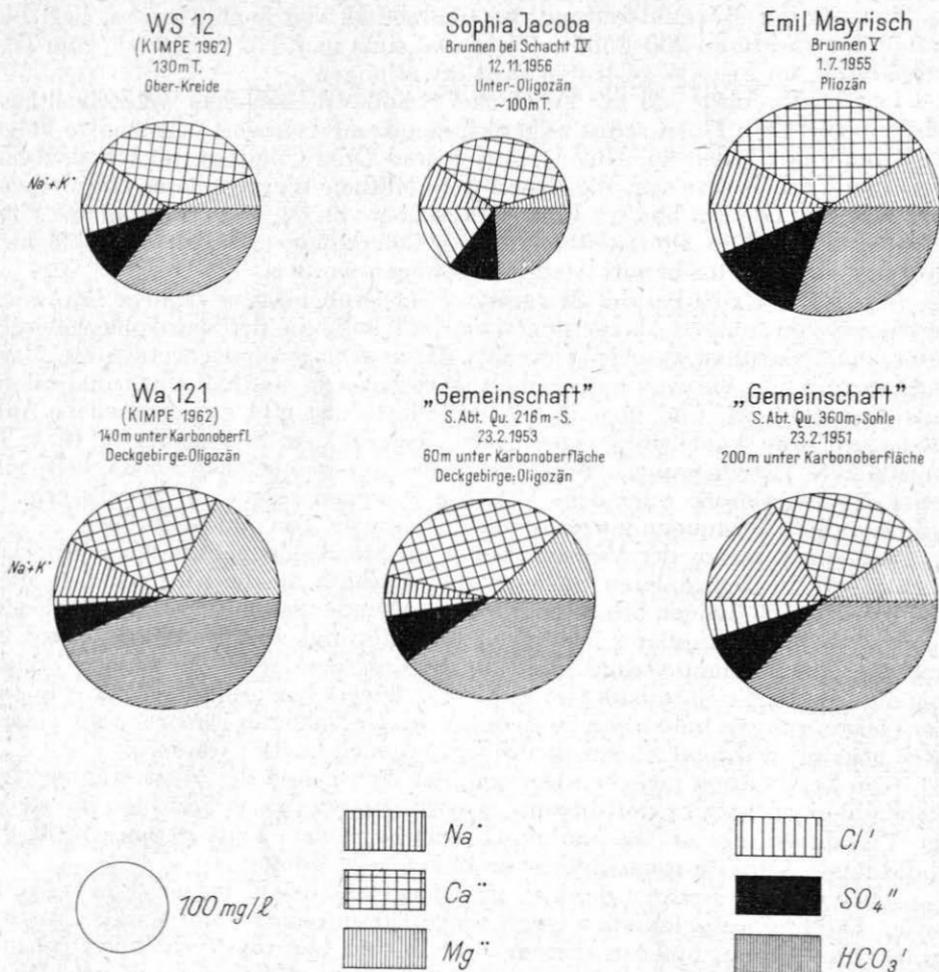


Abb. 1. Schaubilder von Analysen schwach mineralisierter Grundwässer aus dem Deckgebirge und dem Oberkarbon des Revieres von Aachen-Erkelenz und des benachbarten Revieres von Holländ.-Limburg.

hat diese Erscheinung in Süd-Limburg in größerem Maße verfolgen können und sie auf den Basen-Austausch zurückgeführt. Im Aachener Revier fehlt es an systematischen Untersuchungen in dieser Hinsicht. Doch sind vielfach in den oberen Teufen des Steinkohlengebirges und in den Basisschichten des Deckgebirges Wässer von ganz geringer Härte (0,5—3° D) beobachtet worden. Dies deutet auf ähnliche Vorgänge hin.

Eine sehr bezeichnende Veränderung des Grubenwassers zeigt auch eine Beobachtung, die beim Schacht-Abteufen von Emil Mayrisch gemacht wurde.

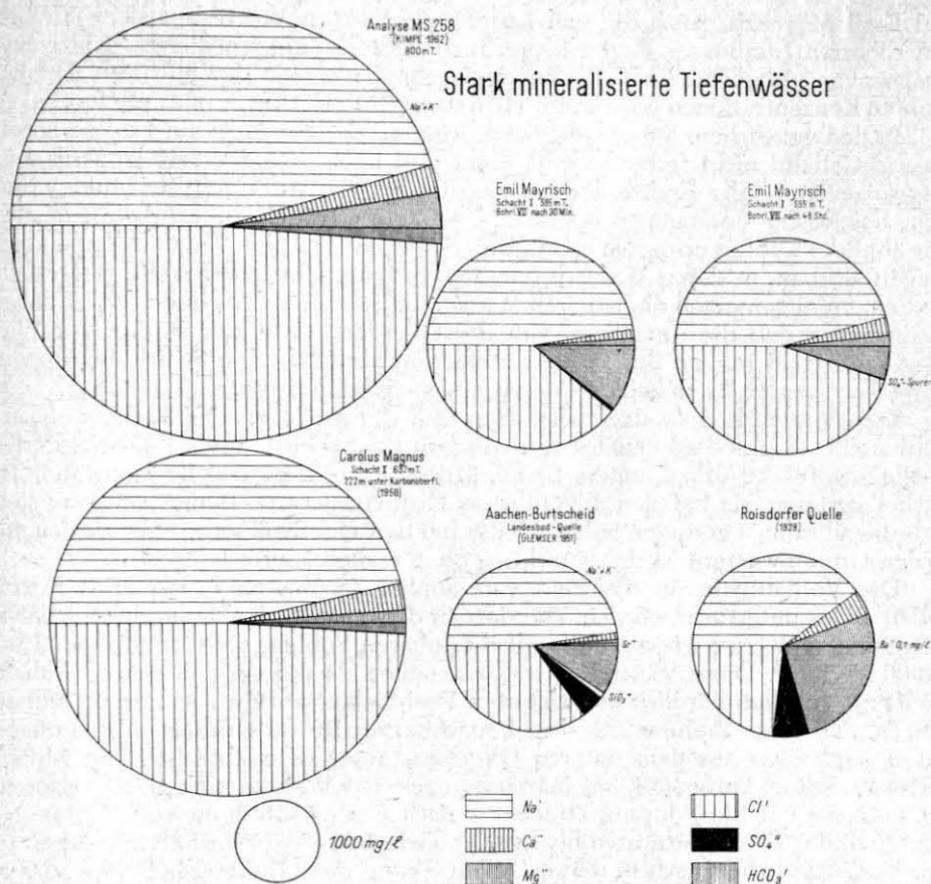


Abb. 2. Schaubilder von Analysen stark mineralisierter Tiefenwässer aus dem Aachener Gebiet und seiner Nachbarschaft.

Dort traten in 595 m Teufe, etwa 160 m unter der Karbon-Oberfläche in den tieferen Bochumer Schichten (unter Fl. Merl) Wasserzuflüsse von 200—350 l/min. auf. Der hier eingebrachte Betonpfropfen wurde später durchbohrt und das aus den Bohrlöchern strömende Wasser in Zeitabständen untersucht. Schon nach 48 Stunden zeigte sich eine Veränderung des Wassers: die Chloride hatten sich deutlich vermehrt auf Kosten der Bikarbonate. Das Sulfat war ganz verschwunden (s. Abb. 2, obere Reihe, Mitte und rechts).

Damit liegt ein Wasser-Typus vor, der für die tieferen Sohlen des Aachener Reviers recht bezeichnend und vor allem in den östlichen Schollen und auf Sophia Jacoba durch zahlreiche Analysen belegt ist. Es sind fast reine Natrium-Chlorid-Wässer mit geringem Hydrogen-Karbonat-Anteil, Sulfat fehlt im allgemeinen. Auf Barium ist nur ganz selten untersucht worden, es spielt im Aachener Revier nur eine untergeordnete Rolle. Die Chlorid-Gehalte erreichen Werte von 17 000 bis fast 20 000 mg/l und nähern sich damit der Konzentration des Meerwassers. Diese hohen Werte stammen von den 800-m-Sohlen der Gruben Carl Alexander

und Emil Mayrisch. Auch die von KIMPE angeführten Werte aus dem nördlich benachbarten Limburger Revier liegen nicht höher. Zum Vergleich ist hier eine Analyse von „Maurits“ (nach KIMPE) angegeben, die eine der höchsten dort bekannten Konzentrationen wiedergibt (15890 mg/l Cl; s. Abb. 2, obere Reihe, links).

In den westlichen, höher gelegenen Schollen des Revieres sind solche hohen Chlorid-Gehalte nicht festgestellt worden, und auch von der seit längerer Zeit aufgelassenen Grube Eschweiler Reserve im südlichen Teil (Inde-Mulde) sind keine Salzwasser-Vorkommen bekannt geworden, obgleich die Grubenbaue auch hier ähnliche Teufen erreichen wie in den östlichen Schollen. Zugleich haben diejenigen Gruben, in deren Wässern nur geringfügige Chlorid-Gehalte festgestellt wurden, im allgemeinen die höheren Wasserzuflüsse zu verzeichnen. Es ist daher anzunehmen, daß die Ausübung von der Oberfläche her hier stärker zur Wirkung kam, wohl infolge des Zurücktretens von abdichtenden Schichtengruppen, beispielsweise der Braunkohlen-Formation, im Deckgebirge.

Zum Vergleich der Salzgehalte seien hier die Analysen des Aachener Thermalwassers (Landesbad-Quelle von Aachen-Burtscheid) und der Roisdorfer Quelle angeführt (Abb. 2, untere Reihe, Mitte und rechts). Die Konzentration ist hierbei geringer als bei den angeführten Grubenwässern. Bemerkenswert sind auch die allerdings geringen Sulfatgehalte bei den Quellwässern. Eine Beziehung zu den Grubenwässern ist daher nicht so ohne weiteres zu erkennen.

Die Verhältnisse im SW-Feld von Sophia Jacoba sind von H. R. KUKUK (1950) näher untersucht worden. Die dort in den unteren Kohlscheider Schichten auftretenden Wässer wiesen, auch auf den oberen Sohlen, Cl'-Gehalte von 12—13 000 mg/l auf. Diese Werte liegen etwas höher als die vergleichbarer Proben, die KIMPE aus dem nördlich benachbarten Peel-Gebiet anführt. KUKUK vermutete damals, daß diese Zuflüsse aus dem benachbarten Rurtal-Graben eingedrungen wären, und zwar aus dem tieferen Oligozän, unter dem abdichtenden Mittel-Oligozän. Diese Auffassung hat inzwischen sehr an Wahrscheinlichkeit verloren, denn erstens hat die Bohrung Straeten 1 nach einer Mitteilung von FABIAN gezeigt, daß die Tertiär-Schichten bis 1200 m Tiefe Süßwasser enthalten, und zweitens sind inzwischen auch in den östlichen Teilen des Grubenfeldes Salzwasser, allerdings nicht in derselben Konzentration bekannt geworden. Es ist daher anzunehmen, daß die Randstörung des Rurtal-Grabens weitgehend abdichtend wirkt und die von Süßwasser erfüllten Lockersedimente der Senke trennt von dem Salzwasser führenden Oberkarbon des Horste. Wohl infolge der abdichtenden Wirkung der überlagernden tonig-sandigen Oberkreide hat sich hier das Salzwasser auf der höheren Scholle halten können.

Damit ist schon die Frage nach der Herkunft der Grubenwässer berührt worden. Zunächst aber soll in einem Rückblick festgehalten werden, welche Grundwassertypen im Aachener Revier zu erkennen sind. Einmal sind da die Wässer des Deckgebirges, Ca-(Mg-)Hydrogenkarbonatwässer mit geringem Sulfat- und Chlorid-Anteil. Ein gewisser einheitlicher Grundtyp ist hier unverkennbar, gleichviel, ob die Wässer aus der Oberkreide oder aus den verschiedenen Tertiär-Stufen stammen. Deutlich davon unterschieden sind die Wässer der größeren Teufen im Steinkohlengebirge mit ihrem ganz überwiegenden NaCl-Anteil, den geringen Hydrogenkarbonat-Gehalten und dem Fehlen von Sulfat. Zwischen diesen beiden Typen gibt es Mischungen, wobei die Wässer aus dem Deckgebirge je nach Höhenlage der Schollen und Art der Bedeckung in das Steinkohlengebirge vordringen können. Anzeichen für Vorgänge des Basen-Austausches in dieser Grenzregion sind ebenfalls zu erkennen.

Diese Typen entsprechen einigen von denjenigen, die z. B. von KIMPE im holländisch-limburgischen Kohlenrevier und von MICHEL in seiner umfassenden Betrachtung über die Süßwasser-Salzwasser-Grenze im Ruhrrevier beschrieben worden sind.

Zur Klärung der Frage nach der Herkunft der Grubenwässer im Aachener Revier kann, wie eingangs gesagt, im Rahmen dieses Vortrages nichts Entscheidendes beigetragen werden. Immerhin läßt sich zu den Chloridgehalten sagen, daß ihre Ableitung aus ausgelaugten Zechstein-Salzvorkommen hier wenig wahrscheinlich ist. Die nächsten Vorkommen, die am Niederrhein, liegen 60—80 km entfernt und in einer ganz anderen tektonischen Einheit. Auch zeigt sich keine Abnahme der Cl<sup>-</sup>-Gehalte nach Süden, wie es bei einem Zufluß aus dem Norden zu erwarten wäre. Im Gegenteil, die Grubenwässer im östlichen Teil des Revieres zeigen die gleiche oder gar höhere Konzentrationen wie die der nördlich benachbarten niederländischen Gruben. Die Salz-Gehalte des Ruhrgebietes, wo ja ausgesprochene Solen vorkommen, werden allerdings im Aachener Revier nicht erreicht.

Das in diesem Überblick gegebene Bild der Grubenwässer im Aachen-Erkelenzer Revier läßt sich gewiß durch weitere Untersuchungen noch ergänzen und vertiefen.

#### Schriften

- BREDDIN, H.: Gutachten über die Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Ortschaft Schleibach. 1938.
- KIMPE, W. F. M.: Le chimisme des eaux de la Craie du Limbourg néerlandais. — Ann. Soc. Géol. du Nord, LXXX, S. 285—295, 3 Abb., 3 Tab. Lille 1962.
- Variations du chimisme des eaux dans les mortsterrains et dans le Houiller du Limbourg du Sud (Pays-Bas). — Ann. Soc. Géol. du Nord, LXXX, S. 297—310, 6 Abb., 6 Tab. Lille 1962.
- Géochimie des eaux dans le Houiller du Limbourg (Pays-Bas). — Verh. v. h. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen. Geol. Serie, („Transactions of the Jubilee Convention“ Part two), S. 25—45, 16 Abb. 1963.
- KUKUK, H. R.: Beobachtungen und Erwägungen zur Frage der Wassereinbrüche im Millicher Feld der Zeche Hückelhoven der Gewerkschaft Sophia Jacoba. — Geol. Meldearbeit 1950.
- MENN, R.: Das Feld Gemeinschaft der Schachtanlage Anna II des Eschweiler Bergwerksvereins ist zu untersuchen hinsichtlich der Wasserführung des Südfeldes unter besonderer Berücksichtigung der Zuflüsse auf der 216 m- und 360 m-Sohle beim Öffnen der Dämme und weiterer Auffahrung. — Geol. Meldearbeit 1953.
- MICHEL, G.: Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Forschungsber. des Landes NRW, Nr. 1239, 131 S., 12 Abb., 10 Tab., 8 Anl., Köln und Opladen 1963. (Darin weitere ausführliche Literatur-Hinweise.)

Fricke, K. (1964): Bemerkungen zu den Solquellen des Hellwegs. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 76-87; 4 Abb.

## **Bemerkungen zu den Solquellen des Hellwegs<sup>1)</sup>**

**(Erläutert am Beispiel Bad Westernkotten, Kr. Lippstadt)**

Mit 4 Abbildungen

VON KARL FRICKE \*), Krefeld

Verf. hat über Fragen der Solewanderung und der Solquellen im Bereich des Münsterischen Beckens wiederholt berichtet (1961, 1963). Die Solquellen von Bad Westernkotten, südlich von Lippstadt (Abb. 1), sind ein besonders interessantes Beispiel von natürlich austretenden und durch Bohrungen erschlossenen Salzwasservorkommen, so daß eine ausführliche Behandlung angezeigt erscheint. Die erste Beschreibung stammt von A. HUYSSEN (1855).

W. SEMMLER (1960) hat im Gebiet weiter westlich die Herkunft der salzhaltigen Grubenwasserzuflüsse untersucht. Weitere Veröffentlichungen zu diesen Fragen liegen vor von P. BAECCKER (1956), KL. KÖTTER (1958), FR. LOTZE (1958) und G. MICHEL (1963).

### **1. Kurzer Überblick über die historische Entwicklung**

Eine ausführliche Darlegung der ältesten historischen Entwicklung ist in diesem Rahmen entbehrlich. Es wird hier lediglich erwähnt, daß bereits im Mittelalter in Westernkotten ein bedeutender Sälzerbetrieb herrschte. Die seinerzeit genutzten flachen Brunnen sind inzwischen zugeschüttet oder abgedeckt (s. unten).

Im Jahre 1845 wurde die Bohrung an der Westernkotter Warte abgeteuft, die in 78 m Tiefe ein sehr ergiebiges Solevorkommen erschloß, das allein heute noch genutzt wird.

In den Jahren 1846/54 wurde an der Erwitter Warte eine weitere Bohrung von rund 380 m Tiefe niedergebracht, die jedoch hinsichtlich Ergiebigkeit und Beschaffenheit in keiner Weise den Erfolg der ersten Bohrung wiederholte.

Auf der Suche nach weiteren Solevorkommen wurden seitens der Saline Königsborn im Raum Westernkotten zwei Bohrungen abgeteuft: einmal im Jahre 1852 bei Preister die Bohrung XX (etwa 428 m tief) und schließlich im gleichen Jahre die Bohrung Königsborn XXI (139 m tief). Auch diese Bohrungen hatten nicht die günstigen Ergebnisse wie die Bohrung an der Westernkotter Warte.

Wie bereits erwähnt, wird heute lediglich die Bohrung an der Westernkotter Warte genutzt, und zwar für den Badebetrieb (Sole und Kohlensäure) und für die Gradierwerke.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten auf der Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1964 in Essen.

\*) Anschrift des Autors: Dr. KARL FRICKE, Krefeld, Westwall 124, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen.

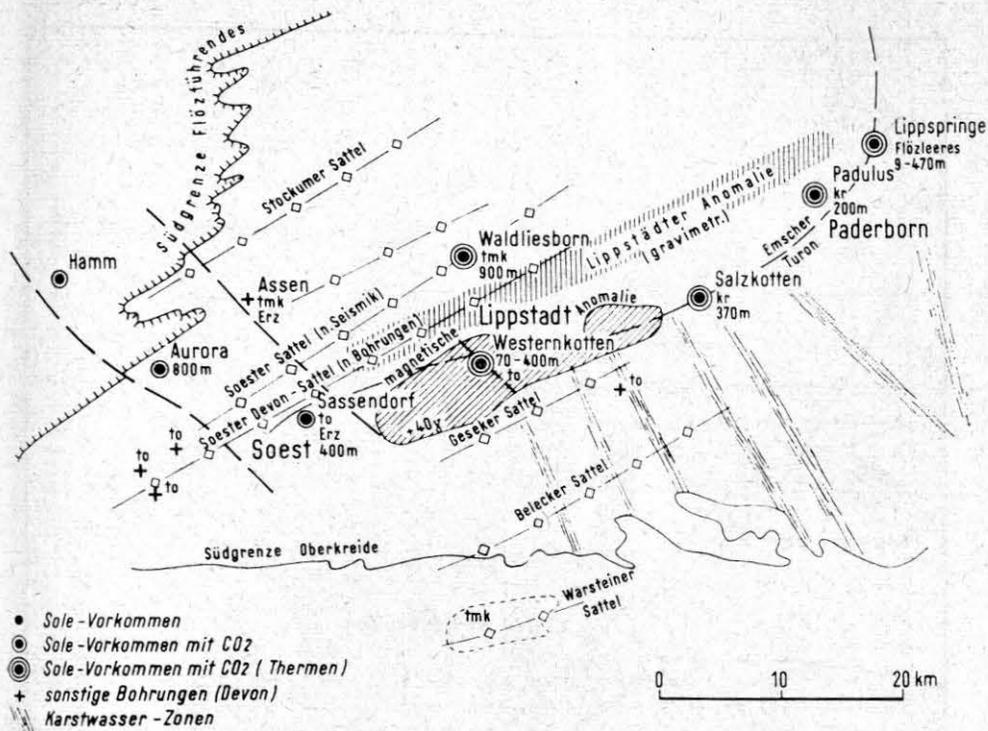


Abb. 1. Solebohrungen am Südrand des Münsterschen Beckens.

## 2. Die Solevorkommen im einzelnen

Die Lage der einzelnen Solevorkommen ist aus der Abb. 2 zu ersehen. In der Abb. 3 sind die Sole-Brunnen und -Bohrungen graphisch im Schnitt dargestellt.

### a) Natürliche Quellaustritte und Flachbrunnen

Ähnlich wie in anderen Orten des Hellwegs am Südrand des Münsterschen Beckens waren auch in Westernkotten primär nur natürliche Quellenvorkommen bekannt. Derartige Solequellen lagen 1 km südöstlich der Ortsmitte, im Ort selbst und schließlich nahe der späteren Bohrung an der Westernkotter Warte.

Die ergiebigeren Vorkommen im Ortskern wurden später durch einfache Brunnen besser erfaßt. Es waren:

	O. K. Brunnen	Wasserspiegel 1943	Tiefe
Windmühlenbrunnen	+ 87.45 m NN	+ 87.30 m NN	13,6 m
Mittelbrunnen	+ 88.87 m NN	+ 87.67 m NN	13,6 m
Kappelbrunnen	+ 88.82 m NN		16,8 m

Die viereckigen Brunnen stehen in den Plänerkalken des Turons. Sie haben dort eine Kluftzone erfaßt, auf der die Sole aufstieg und früher als Quelle aus-

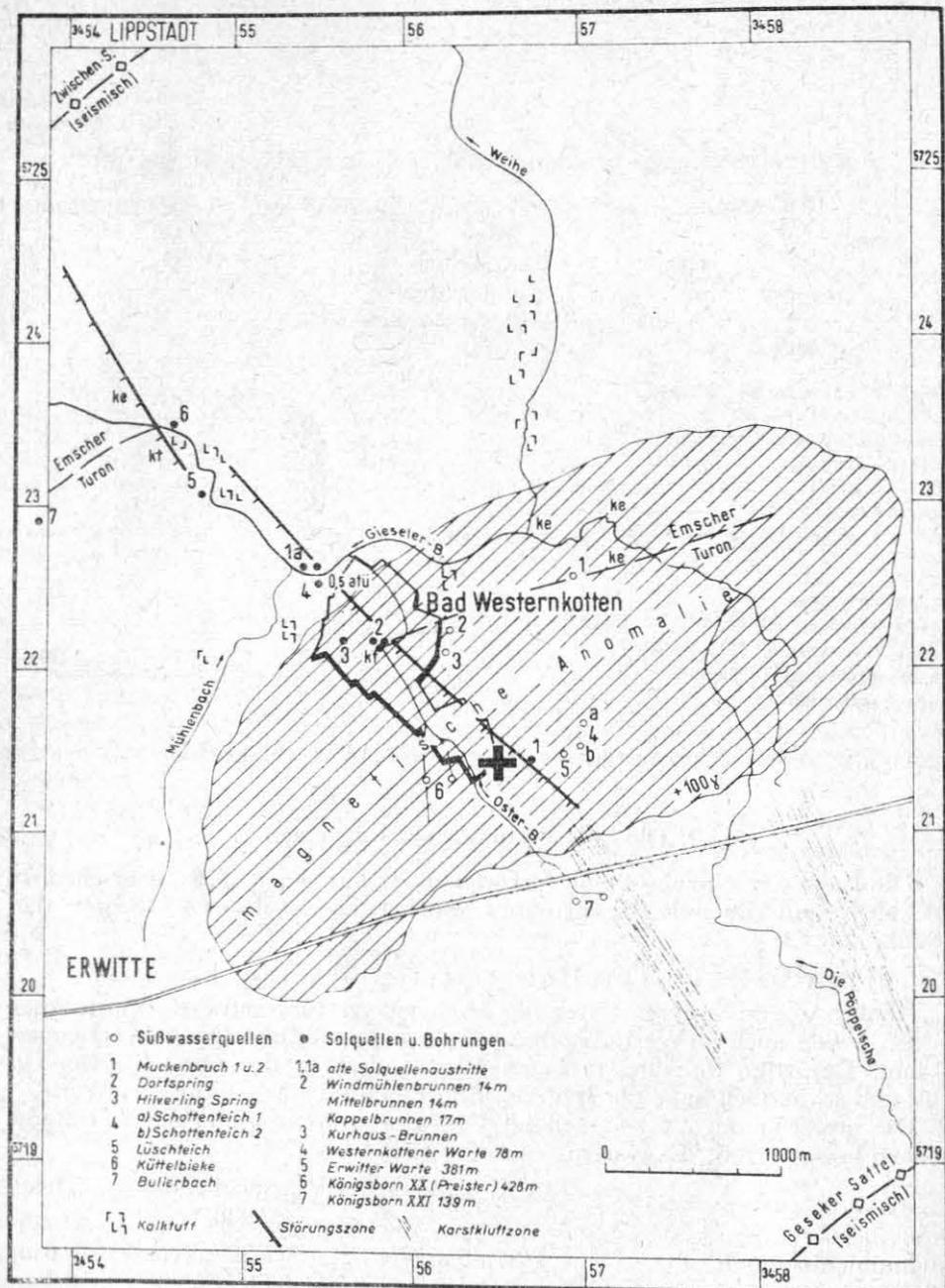


Abb. 2. Die Solevorkommen von Bad Westernkotten, südlich von Lippstadt

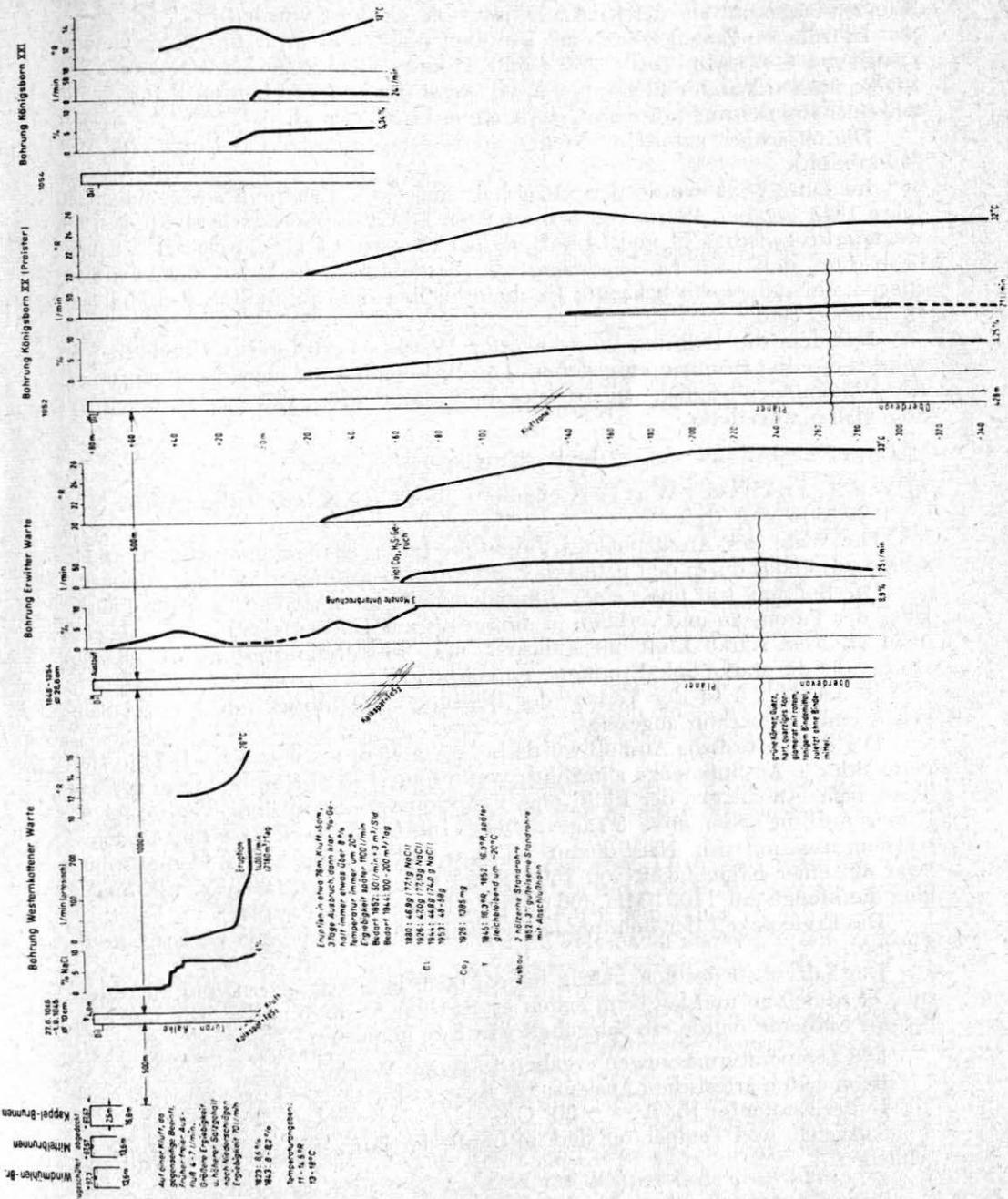


Abb. 3. Die Solebohrungen von Bad Westerkühten.

trat. Beobachtungen über gegenseitige Beeinflussungen zeigten, daß die drei Brunnen insgesamt aus der Kluftzone mit Sole gespeist wurden.

In früheren Zeiten flossen die Brunnen über, und zwar mit einer Gesamtmenge von 4—7 l/Min. (240—280 l/Std.). Heute drückt lediglich Wasser aus dem zugeschütteten Windmühlenbrunnen, während die anderen beiden Brunnen mittels einer Rohrleitung mit dem Osterbach verbunden sind.

Die tatsächlich geförderte Menge an Sole lag seinerzeit bei etwa 70 l/Min. (4,2 m<sup>3</sup>/Std.).

Im Jahre 1823 wurde der Salzgehalt mit 8,5% bestimmt. Messungen im Jahre 1843 ergaben Werte von 8 bis 8,2%. Die Temperaturschwankungen bewegten sich zwischen 11 und 14,5° R, d. h. 13 bis 18° C. Es wurde schon damals beobachtet, daß nach Niederschlägen die Ergiebigkeit und der Salzgehalt anstiegen, eine allgemein bekannte Erscheinung bei den Solquellen des Hellwegs (K. FRICKE, 1961).

Nachdem die Bohrung Westernkotter Warte so erfolgreich abgeteuft war, wurden die drei Brunnen aufgegeben. Die Brunnenhäuser wurden abgebrochen, der Windmühlenbrunnen zugeschüttet und die beiden anderen Brunnen mit Steinplatten abgedeckt.

## b) Bohrungen

a) Westernkotter Warte (Gelände + 85,84 m NN, artesischer Auftrieb bis + 90,84 m NN)

Die Wahl des Ansatzpunktes dieser im Jahre 1845 abgeteufte Bohrung wurde zweifellos durch den natürlichen Soleaustritt an dieser Stelle bestimmt.

Die Bohrung traf unter einer diluvialen Bedeckung von rd. 5 m die Plänerkalke des Turons an und verblieb in diesen bis zur Endteufe von 78 m, als eine mehr als 5 cm starke Kluft mit Kalkspat- und Schwefelkiesfüllung angetroffen wurde, die die starke Sole-Eruption verursachte.

In der Abb. 3 ist der Verlauf der Bohrung im Hinblick auf Menge, Salzgehalt und Temperatur angezeigt.

Der erste artesische Ausfluß wurde bei etwa 45 m festgestellt. Ab 71 m steigerte sich die Ausflußmenge allmählich von 38 auf 185 l/Min., bis dann in 78 m Tiefe, beim Anschlagen der Kluft, eine Eruption von 4,8 m über Tage erfolgte. Dieser Ausbruch, der etwa 3 Tage anhielt, führte noch viel Geröll, Gesteinschlamm usw. mit sich. Nach diesen 3 Tagen floß die Sole völlig klar aus, und zwar mit einer Ergiebigkeit von 1500 l/Min. (90 m<sup>3</sup>/Std., 2160 m<sup>3</sup>/Tag). Später ging die Menge auf 1100 l/Min. (66 m<sup>3</sup>/Std., 1600 m<sup>3</sup>/Tag) zurück.

Die Ergiebigkeit der Bohrung lag weit über dem damaligen Bedarf von rd. 3 m<sup>3</sup>/Std.

Der Salzgehalt der Sole betrug bis rd. 30 m lediglich 1%. Dann allerdings stieg er schnell an und lag beim ersten artesischen Ausfließen der Sole um 7%. Bei der Endteufe wurde ein Salzgehalt von 8% gemessen<sup>2)</sup>.

Die Temperaturmessungen ergaben folgende Werte:

Beim ersten artesischen Auslauf: 12° R = ~ 15° C.

In der Endteufe: 16° R = ~ 20° C.

Salzgehalt und Temperatur sind im Laufe der Jahrzehnte annähernd gleichgeblieben.

<sup>2)</sup> Die %-Angaben beziehen sich auf den Gesamtgehalt der Sole an gelösten Substanzen. Da der NaCl-Gehalt jedoch weitaus überwiegt, ist die Angabe in etwa identisch mit dem NaCl-Wert (8% Gesamt = 7,7% NaCl).

Folgende technische Angaben können noch gemacht werden:

Der Durchmesser der Bohrung beträgt 4" (etwa 10 cm). Abgesehen von 2 hölzernen Rohrtouren im oberen Teil (insgesamt etwa 14 m) ist die Bohrung unverrohrt. Im Jahre 1852 wurde ein verschließbares Standrohr aus Gußeisen aufgesetzt (3") mit einem Abflußhahn zu den — gleichfalls hölzernen — Rohrleitungen. Das Standrohr mit dem Überlauf ist etwa 5 m hoch, entsprechend dem artesischen Austritt der Sole.

Eine Ableitung zur Pumpe, von der eine weitere Ableitung zum Gradierwerk 1 abzweigt, liegt etwa 1 m unter Flur. Eine zweite Ableitung zum Gradierwerk 2 ist etwa 20 cm unter Flur verlegt.

β) Erwitter Warte (Gelände + 81.79 m NN, Wasserspiegel 1943 + 81.79 m NN)

Es ist nicht ganz verständlich, warum nach dem Fund eines derartig reichhaltigen und ergiebigen Solevorkommens die Bohrung Westernkotter Warte abgeteuft werden mußte.

Sie erreichte eine wesentlich größere Teufe (381 m) und wurde in den Jahren 1846—1854 durchgeführt. Der Durchmesser der Bohrung betrug 11" ( $\approx$  28,6 cm).

Unter einer diluvialen Bedeckung von 4 m wurden wiederum Plänerkalke des Turons angetroffen. Eine Kluftzone mit Kalkspat und Schwefelkies stellte sich in etwa 140 m Tiefe ein. Sie entspricht zweifellos jener bedeutenden Störungszone, die von der Bohrung Westernkotter Warte in 78 m Tiefe angetroffen war. Die größere Tiefe in der Bohrung Erwitter Warte ist dadurch zu erklären, daß beide Bohrungen nicht genau in der Streichrichtung der Störung stehen.

Bis zur Teufe 310 m werden weiterhin Plänerkalke angegeben. Eine genauere Gliederung petrographischer oder faunistischer Art konnte seinerzeit nicht durchgeführt werden.

Ab 310 m Tiefe wurde das „Alte Gebirge“ angetroffen. Zunächst beobachtete man grünliche, sehr harte Quarzkörner und dann ein quarziges Konglomerat mit einem roten, tonigen Bindemittel. In der Endteufe wurde das Bindemittel nicht mehr bemerkt.

Die nachträgliche stratigraphische Einstufung der Schichtenfolge ab 310 m ist äußerst schwierig. Man kann annehmen, daß es sich um Schichten des Oberdevons handelt.

Ein artesischer Ausfluß erfolgte erst bei etwa 140 m, als man die schon erwähnte Kluftzone antraf. Gleichzeitig trat heftig Kohlensäuregas auf, und es machte sich ein starker Schwefelwasserstoffgeruch bemerkbar.

Die Menge der artesisch ausfließenden Sole nahm allmählich auf 50 l/Min. zu, ging aber nach Erreichen der devonischen Schichten allmählich wieder zurück, und zwar schließlich auf 2,5 l/Min. In der Regel erfolgte ein artesischer Auslauf nur bei hohem Grundwasserstand, d. h. nach Niederschlägen. Im übrigen stellte sich der Solestand immer auf Geländehöhe der Bohrung ein, ein Zustand, der bis zur neuesten Zeit fort dauert.

Der Salzgehalt stieg nach Erreichen des Grundwassers in 7 m Tiefe von 0,5% auf etwa 4% in 40 m Tiefe. Er ging dann wieder zurück auf etwa 1%, wechselte zwischen 100 und 140 m von 3 bis 6% und nahm schließlich in 140 m Tiefe — als die Kluft angeschlagen wurde und der artesischer Auslauf einsetzte — einen Wert von 8—9% an. Dieser Wert blieb konstant bis zur Endteufe von 381 m.

Der Anstieg der Temperaturwerte ist gleichfalls aus der Abb. 3 zu ersehen. Die mehr oder weniger konstante Zunahme führte schließlich zu einem Endwert von  $33^{\circ}\text{C}$ .

γ) Königsborn XX (Preister) (Geländehöhe + 81.47 m NN, Wasserstand 1943 + 80,12 m NN)

Diese Bohrung ist im Jahre 1852 bis zu einer Teufe von 428,10 m niedergebracht worden. Die geologischen Verhältnisse sind denen der Bohrung Erwitter Warte ähnlich (s. Abb. 3). Das Oberdevon wurde erst in 350 m Tiefe angetroffen, entsprechend der nördlicheren Lage.

Die erste Sole wurde in 106 m Tiefe angetroffen ( $25^{\circ}\text{C}$  vor Ort). In 230 m Tiefe lag der Salzgehalt bei 6,75%, die Temperatur bei  $32,5^{\circ}\text{C}$ . In 352 m wurden folgende Werte gemessen: 8,25%,  $30,5^{\circ}\text{C}$ . Die Temperatur war etwas zurückgegangen. Bei Betrachtung der Abb. 3 liegt die Vermutung nahe, daß in etwa 230 m Tiefe wiederum eine Kluftzone angetroffen war, die wärmere Zuluflüsse brachte.

In der Endteufe lag der Salzgehalt bei 8,25% und die Temperatur bei etwa  $32^{\circ}\text{C}$ .

Der erste artesische Auslauf wurde bei etwa 230 m beobachtet, in der Teufe also, wo die Kluftzone vermutet wird. Die Menge des artesisch auslaufenden Wassers hielt sich in bescheidenen Grenzen. In 397 m Tiefe wurden etwa 15 l/Min. gemessen, in der Endteufe etwa 21 l/Min.

Heute liegt der Wasserspiegel etwa 1,35 m unter Flur.

δ) Bohrung Königsborn XXI

Diese Bohrung wurde gleichfalls im Jahre 1852 durchgeführt, jedoch schon in 139 m Tiefe abgebrochen. Die festgestellten Werte über Ergiebigkeit, Salzgehalt und Temperatur sind aus der Abb. 3 zu ersehen (Endergebnis: 5,34% NaCl,  $18^{\circ}\text{C}$ , 24 l/Min.).

Keine der aufgeführten Bohrungen hatte einen derartigen Erfolg wie die Bohrung Westernkotten Warte zu verzeichnen. Die Gründe sind hydrogeologischer Art und werden im nächsten Abschnitt näher erläutert.

### 3. Hydrogeologische Situation

Eine hydrogeologische Charakteristik der Solevorkommen von Bad Westernkotten hat folgende Punkte zu erfassen:

1. Situation der Süßwasser- und Salzwasservorkommen
2. Chemismus (im wesentlichen NaCl +  $\text{CO}_2$ )
3. Temperatur
4. Ergiebigkeit.

Diese Punkte sollen für die Einzelvorkommen dargelegt und zueinander in Verbindung gebracht werden.

Aus der Abb. 2 ist die Lage der Süßwasser- und Solequellen zu ersehen.

Die Süßwasserquellen liegen entweder an oder dicht bei der Grenze Emscher-Turon, oder etwas südlich dieser Grenze. Durch eine bedeutende Störungszone, die weiter unten noch näher beschrieben wird, ist die Grenze Emscher-Turon um etwa 2 km verworfen, wie aus der Abb. 2 zu ersehen ist. Verschiedene Bohrungen östlich von Westernkotten haben noch den Emscher-Mergel im Untergrund angetroffen, während die Bohrungen im NW unter dem Diluvium unmittelbar in die Turonkalke gestoßen sind.

Die Süßwässer zirkulieren auf „Karstkluftzonen“, von denen zwei in der Abb. 2 dargestellt sind. An der Emscher-Grenze oder an hydrostatisch günstigen Stellen südlich dieser Grenze treten sie als Quellen zu Tage.

Die auf der Abb. 2 ausgewiesene bedeutende Störungszone, die als Aufstiegsweg für die warmen und hochkonzentrierten Salzwässer diente, ist durch folgende Beobachtungen in ihrem Verlauf festgelegt:

- a) Die natürlichen Solquellen südlich des Ortes, im Ort und an der Westernkotter Warte
- b) Ergebnisse der Bohrungen.

Es war zunächst auffallend, daß die Quellen an einer NW-SO streichenden Verbindungslinie liegen, deren Verlauf der allgemein bekannten Streichrichtung von Störungen im Kreidedeckgebirge und im Paläozoikum entspricht.

Weiterhin war bekannt, daß die nur wenige Meter tiefen Brunnen in der Ortsmitte eine Kluff angefahren hatten, die eine für diese geringe Tiefe ungewöhnlich hochkonzentrierte und warme Sole lieferte. Die gleiche Störung wurde durch die Bohrung Westernkotter Warte in 78 m, durch die Bohrung Erwitter Warte in 140 m und durch die Bohrung Königsborn XX wahrscheinlich in 230 m Tiefe angetroffen. Wenn man voraussetzt, daß die Störungszone ein steiles Einfallen nach Westen hat, muß sie, da sie im N in größerer Teufe angetroffen wurde, mehr östlich der Bohrungen verlaufen. Mit anderen Worten: Wären die Bohrungen Erwitter Warte und Königsborn XX um 100 oder 200 m weiter östlich abgeteuft worden, hätten sie die Störungszone in ähnlicher geringer Tiefe erfassen können wie die Bohrung Westernkotter Warte.

Im Bereich der alten Brunnen, d. h. dort, wo die Störung fast zu Tage austreicht, wurde eine Ergiebigkeit von 4—7 l/Min. festgestellt. Die Bohrung Westernkotter Warte lieferte 1400 l/Min. und die Bohrungen Erwitter Warte und Königsborn XX lediglich 2,5 bzw. 21 l/Min.

Die ungewöhnlich große Ergiebigkeit der Bohrung Westernkotter Warte ist nur so zu deuten, daß in diesem Bereich die Störung ziemlich breit ( $> 5$  cm) und offen war und darüber hinaus in größere Tiefe reichte. In den beiden nördlicheren Bohrungen war möglicherweise die Kluff durch Mineralien, wie Kalkspat und Schwefelkies, so verwachsen, daß die Wasserzirkulation behindert war.

Im Fall der Bohrung Westernkotter Warte müssen ganz ungewöhnlich günstige Voraussetzungen zusammengetroffen sein — Breite, Hohlraum, Tiefe usw. der Störung —, um eine derartige Ergiebigkeit zu erzielen, die im übrigen schon seit über 100 Jahren fast stetig anhält.

Eine besondere Beachtung sollten die im Verhältnis zur Tiefe ungewöhnlich hohen Temperaturen und Konzentrationen der Solevorkommen finden.

Ein Blick auf die Abb. 4 zeigt deutlich, daß im Fall Westernkotten die normale geothermische Tiefenstufe für die Wärmeverhältnisse der Solquellen nicht anwendbar ist. Die Abweichungen sind derart gravierend, d. h. die Temperaturkurven weichen so erheblich von der Geraden der geothermischen Tiefenstufe ab, daß besondere Verhältnisse berücksichtigt werden müssen.

Für die besonders in den oberen Teufen extremen Temperaturen der Solwässer können folgende Ursachen verantwortlich gemacht werden:

- a) niedrigere geothermische Tiefenstufe, oder
- b) tiefreichende Störungs- und Kluffzonen.

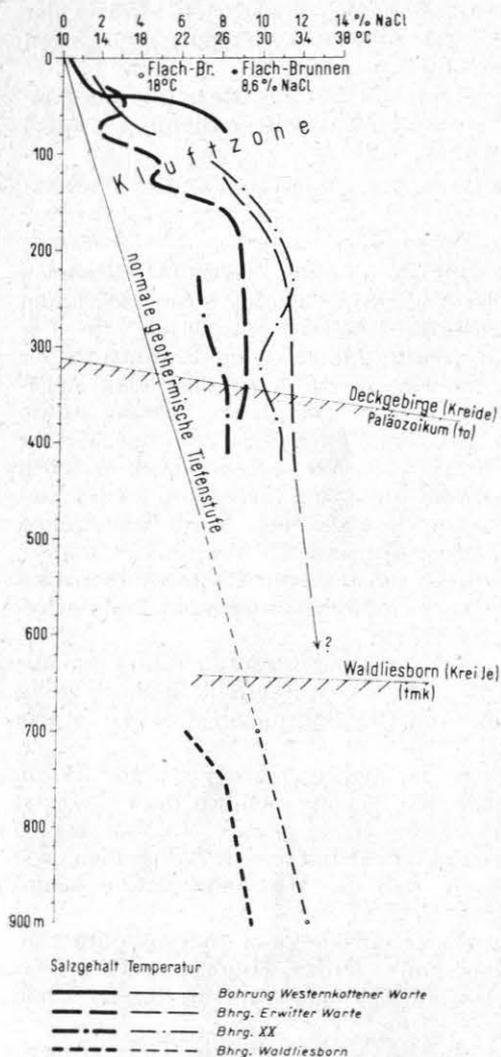


Abb. 4. Temperatur und Salzgehalte der Bohrungen Bad Westernkotten und der Bohrung Bad Waldliesborn.

diese geophysikalisch festgestellte Anomalie auf Strukturveränderungen im tieferen Untergrund zurückführen. Wahrscheinlich hat diese Störungszone auch in der Tertiärzeit als Aufstiegsweg für basaltische Magmen gedient, die einmal eine allgemeine „Aufheizung“ der tieferen Schichten bewirkt haben können, zum anderen aber auch als Lieferant der postvulkanischen Kohlensäure zu gelten haben.

Auf Grund der örtlichen und der regional-geologischen Verhältnisse kann

Nach Auswertung der graphischen Darstellung der Abb. 4 und nach den bekannten und beschriebenen örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen kommt meines Ermessens dem Vorhandensein einer größeren tiefreichenden Störungszone die hauptsächlichste Bedeutung zu, und zwar aus folgenden Gründen:

Vergleicht man die Temperaturkurven der 3 Bohrungen in Westernkotten und der in das Bild hineinprojizierten Verhältnisse von Waldliesborn, so stellt man fest, daß sich der obere Teil der Kurven nach der anfänglichen starken Abweichung in größerer Tiefe der Geraden der geothermischen Tiefenstufe nähert und schließlich — im Fall Waldliesborn — mit ihr zusammenfällt.

Wäre tatsächlich eine bemerkenswerte Änderung der geothermischen Tiefenstufe vorhanden, dann zeigten die unteren Abschnitte der Temperaturkurven von Westernkotten keine Konvergenz mit der Geraden der geothermischen Tiefenstufe, sondern würden ihr parallel verlaufen.

Es könnte jedoch angenommen werden, daß bei einer noch größeren Bohrtiefe in Westernkotten die Konvergenzerscheinungen der Temperaturkurven schwächer geworden wären, und daß sich dann ein  $\pm$  paralleler Verlauf zur Geraden der geothermischen Tiefenstufe eingestellt hätte.

Folgende regionalgeologische Überlegungen könnten diese Vermutung stützen:

Bad Westernkotten liegt im Zentrum einer „magnetischen Anomalie“, die sich von Soest bis nahezu Paderborn erstreckt (Abb. 1). Wir müssen

also gefolgert werden, daß die hohe Wärme der Solquellen von Bad Westernkotten auf zwei Voraussetzungen beruht:

1. Eine wahrscheinlich niedrige geothermische Tiefenstufe im Zentrum einer magnetischen Anomalie.
2. Tiefgreifende Störungszonen, auf denen die wärmere Sole aus größerer Tiefe bis in die höheren Stockwerke dringen kann.

Diese Störungszone ist auch die Ursache für die hohe Konzentration der Solen in den oberen Teufen.

Die Abb. 4 zeigt deutlich, daß in Bad Westernkotten bereits in weniger als 20 m Tiefe ein Salzgehalt festgestellt wurde, der in Bad Waldliesborn erst in Tiefen unter 700 m vorherrscht. Diese Tatsache und das sehr schnelle Ansteigen der Konzentration in der Bohrung Westernkottter Warte beweisen eindeutig die Existenz der beschriebenen Kluft- oder Störungszone. Außerhalb dieser Kluftzone, so z. B. in den tieferen Bohrungen, ist zwar auch eine stetige, aber doch sehr geringe Zunahme der Konzentration zu beobachten.

Alles in allem kommen wir zu dem Schluß, daß folgende geologische und hydrogeologische Faktoren die Voraussetzungen für das Auftreten der warmen und hochkonzentrierten Sole von Bad Westernkotten bilden:

1. Bad Westernkotten liegt im Zentrum einer magnetischen Anomalie (niedrige geothermische Tiefenstufe, Kohlensäure).
2. Natürliche Quellaustritte sind an die Gesteinsgrenze Emscher-Mergel/Turon-Kalke gebunden.
3. Eine bedeutendere und tiefgreifende Störungszone bedingt ein Aufsteigen warmer und konzentrierter Solen aus größerer Tiefe.

#### 4. Ergiebigkeits- und Konzentrationsänderungen

Es ist seit langer Zeit bekannt, daß die Solquellen und Solebohrungen, besonders an der Hellwegzone, in ihrer Schüttung und ihrem Salzgehalt durch die Niederschläge beeinflußt werden (A. HUYSEN, 1855).

Im allgemeinen sind diese Beeinflussungen nur sehr geringfügig und im übrigen von der petrographischen Beschaffenheit des Grundwasserleiters, der Tiefe und der hydrogeologischen Position der Bohrung abhängig.

Es wäre verständlich, wenn sich die extreme Niederschlagsarmut der Jahre 1959 bis Frühjahr 1960 besonders gravierend auf die Schüttung und Konzentration der Solevorkommen insgesamt ausgewirkt hätte. Leider liegen hierüber keine allgemeingültigen Beobachtungen vor, oder es sind wegen der Tiefe dieser Bohrung (z. B. Bad Waldliesborn) keine unmittelbaren oder nachhaltigen Einflüsse bemerkbar.

Es steht jedenfalls fest, daß die Solebohrung Westernkottter Warte tatsächlich durch die extremen klimatischen Verhältnisse beeinflußt wurde.

Seit der Erbohrung im Jahre 1845 bis zum Frühjahr 1959 lief die Sole artesisch etwa 5 m über Gelände aus dem Aufsatzrohr über. Allerdings waren auch schon in den trockenen Sommern 1911 und 1935 Ergiebigkeitsschwankungen beobachtet worden. Ab Frühjahr 1959 trat nur gelegentlich ein stoßweiser Überlauf auf, und zwar jeweils nach Einsetzen der Pumpe, die wahrscheinlich den Mechanismus des Gas-Wasser-Gemisches wieder in Bewegung setzte.

Im Sommer 1960 war der Wasserstand im Bohrloch so weit gesunken, daß keine Sohle mehr in der 20 cm unter Flur verlegten Rohrleitung zum Gradierwerk II abfloß. Auch die Pumpe konnte kaum mehr fördern.

Erst ab Mitte September war der Wasserspiegel in der Bohrung wieder so weit angestiegen, daß Sole ablaufen und Pumparbeit geleistet werden konnte. Ein Überlauf aus dem Standrohr wurde allerdings noch nicht bemerkt. Es muß an dieser Stelle gesagt werden, daß der noch jetzt erhaltene alte Ausbau der Bohrung eine einwandfreie und genaue Messung des Wasserspiegels nicht gestattet (eine Neubohrung ist vorgesehen). Es wurde daher der Zufluß zu den Solebehältern der Gradierwerke gemessen, deren Inhalt bekannt war. Folgende Werte wurden ab September 1960 festgestellt:

17. 9. 1960 : 18,5 m<sup>3</sup>/Std.

1. 10. 1960 : 20 m<sup>3</sup>/Std.

19. 10. 1960 : 22 m<sup>3</sup>/Std.

4. 1. 1961 : 41 m<sup>3</sup>/Std.

Mitte Januar lief auch die Sole aus dem etwa 5 m hohen Standrohr wieder aus, zunächst allerdings nur stoßweise jeweils im Abstand von 8 Minuten. Hier machte sich noch die Einwirkung der Pumparbeit bemerkbar. Erst bei voller Ergiebigkeit der Quelle, d. h. bei ausreichenden Niederschlägen, ist der Überlauf stetig.

Der Salzgehalt der Sole war im September auf 11,5% angestiegen, betrug im Januar 1961 etwa 9,5%.

Verfolgen wir an Hand der wenigen Daten die Entwicklung der Quelle seit ihrer Erbohrung, so kann folgendes festgehalten werden:

#### Ergiebigkeit

Bei der Erbohrung 1845: 90 m<sup>3</sup>/Std.

Einige Zeit später : 66 m<sup>3</sup>/Std.

1926: 66 m<sup>3</sup>/Std.

1960/61: 66 m<sup>3</sup>/Std.

Abgesehen von den trockenen Jahren 1911 und 1935 und dem extrem niederschlagsarmen Jahr 1959/60 ist die Ergiebigkeit konstant geblieben. Die fehlenden Niederschläge bewirkten jedoch keinen völligen Rückgang der Schüttung, sondern lediglich ein Absinken des Wasserstandes im Bohrloch. Die Lage der Abflußleitungen war maßgebend für die Menge der Sole, die zur Verfügung stand.

Bei voller Schüttung übersteigt die Ergiebigkeit weitaus den Bedarf, der bei etwa 130 cbm/Tag liegt (bei einem Dargebot von mehr als 1000 cbm/Tag).

#### Salzgehalt

Auch der Salzgehalt zeigte in den ganzen Jahren eine erstaunliche Konstanz. Er lag im Durchschnitt zwischen 7 und 8%. Auf die geringen Schwankungen, die durch die unterschiedlichen Niederschlagsmengen bedingt sind, ist bereits mehrfach hingewiesen. Bemerkenswert ist lediglich der hohe Wert von 11,5% im Herbst 1960. Er bedarf einer Erklärung: Im allgemeinen wurde festgestellt, daß stärkere Niederschläge eine Erhöhung der Salzwerte verursachen. Beim letztgenannten Wert scheint das Gegenteil der Fall zu sein. Es wurde jedoch bereits darauf hingewiesen, daß erst ab Mitte September der Wasserspiegel in der Bohrung so weit angestiegen war, daß Sole ablaufen konnte. Wahrscheinlich hatte sich im stagnierenden Wasser ein „Puffer“ von höher konzentrierter Sole angesammelt, der dann zuerst ausfloß. Erst nachdem die Sole frei austreten konnte, stellte sich das übliche Gleichgewicht in der Konzentration wieder ein. Bei den normalen Niederschlagsschwankungen wirken die zusitzenden Süßwässer ledig-

lich im hydrostatischen Sinne, d. h. sie fördern einen stärkeren Ausfluß der etwas höher konzentrierteren Sole. Im einzelnen bedürfen diese Fragen noch der Klärung.

### Temperatur

Die größte Konstanz haben die Temperaturwerte gezeigt, die in den gesamten Jahren gleichbleibend bei etwa 20° C lagen.

Die Beobachtungen der Jahre 1959 bis 1961 und ein Vergleich mit den wenigen Daten seit der Erbohrung zeigen deutlich, daß es sich bei dem Schüttungsrückgang lediglich um eine vorübergehende, durch extrem anormale klimatische Bedingungen verursachte Erscheinung gehandelt hat. Das Solevorkommen selbst ist ungestört.

### Schriften

- BAECKER, P.: Solevorkommen und Grubenwässer im Raum Westfalen. — Vom Wasser, **20**, S. 209—251, Weinheim 1956.
- FRICKE, K.: Tiefenwasser, Solquellen und Solewanderung im Bereich des Münsterschen Beckens. — Z. deutsch. geol. Ges., **113**, H. 1, S. 37—41, Hannover 1961.
- Die neuen Solebohrungen der Saline und Solbad Sassendorf GmbH., zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie der Solevorkommen am Südrand des Münsterschen Beckens. — Heilbad und Kurort, **15**, H. 5, S. 102—108, Gütersloh 1963.
- HUYSSSEN, A.: Die Solquellen des Westfälischen Kreidedeckgebirges, ihre Vorkommen und mutmaßlicher Ursprung. — Z. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 17—252, Berlin 1855.
- KÖTTER, KL.: Die Chloridgehalte des oberen Emsgebietes und ihre Beziehungen zur Hydrologie. — Forsch. Ber. Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 491, S. 12—193, Köln/Opladen 1958.
- LOTZE, FR.: Zur Frage der Beziehungen zwischen Chloridgehalt des Grundwassers und Tektonik. — Forsch. Ber. Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 491, S. 5—11, Köln/Opladen 1958.
- MICHEL, G.: Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Forsch. Ber. Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 1239, S. 1—123, Köln/Opladen 1963.
- SEMMLER, W.: Die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet. — Glückauf, **96**, H. 8, S. 502—511, Essen 1960.

Kötter, K. (1964): Die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1:10 000. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 88-95; 1 Abb.

## Die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10000

Mit 1 Abbildung

Von K. KÖTTER \*), Essen

### Einleitung

Das Thema „Hydrogeologische Karten“ ist im Rahmen hydrogeologischer und gewässerkundlicher Tagungen in den letzten Jahren (z. B. Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Bad Harzburg 1960 und Deutsche Gewässerkundliche Tagung in Braunschweig 1960) verschiedentlich zur Sprache gekommen. In diesem Zusammenhang ist der Zweck hydrogeologischer Karten und ihre Bedeutung für Forschung und Wirtschaft so weitgehend beleuchtet worden, daß an dieser Stelle auf eine entsprechende Erläuterung verzichtet werden kann. Ebenso können die seit längerer Zeit vorhandenen oder in Arbeit befindlichen Kartenwerke als bekannt vorausgesetzt werden. Mit diesem Beitrag soll die neuerdings von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse herausgegebene Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10 000 bekanntgemacht werden. Dabei ist zu erläutern, wie es zur Herausgabe dieser Karte gekommen ist, welche charakteristischen Züge sie trägt und welche Gründe für ihre spezielle Ausgestaltung bestanden haben.

Die Hydrogeologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10000 ist Bestandteil des von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse herausgegebenen Bergmännisch-Geologischen Übersichtskartewerkes. Ihre Herstellung knüpft an eine alte Tradition dieser Institution an, zu deren satzungsgemäßen Aufgaben „die Anfertigung und Vervollständigung der allgemeinen geognostisch-bergmännischen (Flötz-) Karten“ seit je gehört. In diesem Zusammenhang sei ein kurzer Überblick über die übrigen von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse herausgegebenen Kartenwerke gestattet:

Als im Jahre 1864 durch Vereinigung der Märkischen und der Essen-Werdenschen Berggewerkschaftskassen die Westfälische Berggewerkschaftskasse gegründet wurde, wurde von ihr wenige Jahre später die 32 Blätter umfassende „Flözkarte des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbeckens 1 : 12 800“ herausgegeben. Nach Einführung des Meters als Maßeinheit und Anschluß der Karten an Normal Null entwickelte sich daraus ab 1879 eine neue, 43 Blätter umfassende „Flözkarte des westfälischen Steinkohlenbeckens 1 : 10 000“, die vom Jahre 1911 ab durch eine topographische Karte im gleichen Maßstab erweitert wurde. Nach dem zweiten Weltkrieg, im Jahre 1947, begann die Herausgabe eines neuen „bergmännisch-geologischen Übersichtskartewerkes des rheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirks“, das 65 Blätter im Maßstab 1 : 10 000 umfaßt. Dieses Karten-

\*) Anschrift des Autors: Dr. K. KÖTTER, Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 463 Bochum, Herner Straße 45.

werk erfuhr durch Hinzufügung neuartiger Karten eine erhebliche Erweiterung in Richtung einer petrographisch-rohstofflichen Erfassung der Lagerstätte. Insgesamt umfaßte es zunächst folgende Karten:

1. Topographische Karte
2. Flözaufschlußkarte
3. Tektonische Karte (Grundriß, Quer- und Längsschnitte)
4. Stratigraphisch-fazielle Karte
5. Flözstrukturkarte (gesonderte Karten für die einzelnen bauwürdigen Flöze)

Hinzu kamen später im Maßstab 1 : 25 000:

6. Deckgebirgskarte
7. Grubengas- und Inkohlungskarte (Grundriß und Schnitte)

Die besonders in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg einsetzenden Schwierigkeiten in allen Bereichen der Wasserwirtschaft führten innerhalb des Ruhrbergbaus zum Ausbau der mit Unterbrechungen schon seit 1921 bestehenden Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (vgl. SEMMLER 1961). Im Jahre 1961 gelang es dem Leiter dieser Dienststelle, Prof. Dr. SEMMLER, nach jahrelangen Bemühungen, die Bearbeitung einer speziell auf die Besonderheiten und Bedürfnisse des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks abgestimmten hydrologischen Karte zu verwirklichen.

An einer hydrologischen Karte 1 : 10 000 zeigte sich nicht nur der Ruhrbergbau, sondern ebenfalls das Land Nordrhein-Westfalen interessiert. Aus diesem Grunde wurden die entstehenden Kosten zunächst gemeinsam von der Landesregierung und von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse und sodann zusätzlich in dankenswerter Weise von weiteren Stellen getragen.

Eine Aufzählung der Behörden, Verbände, Zechen und sonstigen Industriebetrieben, die Archivunterlagen zur Verfügung stellen, kann nicht vollständig sein. Deshalb seien nur das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen, die zuständigen Wasserwirtschaftsämter und die zuständigen Wasserverbände genannt. Alle bisher um Auskunft gebetenen Stellen haben nach Kräften durch Überlassung vorhandener Unterlagen zur Fertigstellung der inzwischen erschienenen Blätter beigetragen.

Die Untersuchungen der Westfälischen Berggewerkschaftskasse umfassen Wasserstandsmessungen in bereits vorhandenen Grundwasserstandsmeßstellen, z. B. offenen Brunnen, Grundwasserblänken usw., sowie Bohrarbeiten zur geologischen Erforschung des Untergrundes und zur Ermittlung der Grundwasserstände. Die Bohrungen dienen der Überbrückung zu großer Abstände zwischen den bereits vorhandenen Grundwasserstandsmeßstellen bzw. geologischen Aufschlüssen. Weiterhin umfassen die eigenen Untersuchungen Vermessungsarbeiten zur Festlegung der Höhen aller Punkte, an denen der Grundwasserstand gemessen wurde, und zur Ermittlung der Geländehöhen entlang der Schnittlinien der 5 Nord—Süd- und der 3 Ost—West-Schnitte.

### **Regionale Besonderheiten und Kartengestaltung**

Die Karte stellt die hydrologischen Verhältnisse eines Bergbaugesbietes dar. Eine Reihe hydrologischer Besonderheiten bietet unter den übrigen Industrien des Rheinisch-Westfälischen Industriegebietes der Steinkohlenbergbau selbst, der einen Anteil von rd. 80 % der Förderung der Bundesrepublik innehat. Neben der Tatsache, daß er selbst einen Wasserbedarf von rd. 700 Mill. m<sup>3</sup>/Jahr

hat und entsprechend große Abwassermengen anfallen, ergeben sich verschiedene spezifisch bergbauliche, hydrologische Probleme. Hierzu gehören insbesondere die Fernhaltung des Wassers aus den Gruben bzw. seine Hebung zutage und seine Fortleitung in die Vorfluter. Über die rein technische und kostenmäßige Seite der Grubenwassererhebung hinaus ist zu berücksichtigen, daß dieselbe auch ihre Bedeutung in wasserwirtschaftlicher Hinsicht hat, denn alles in die Grubenräume eindringende Wasser ist undenkbar ohne ein entsprechendes Wasserdefizit im erdoberflächennahen Grundwasser, wobei es weiterer Überlegungen bedarf, wo ein solches Abwandern oberflächennahen Grundwassers in die Tiefe jeweils zu lokalisieren ist.

Die durch den Bergbau bedingten Bodensenkungen, die bis zu 10 m betragen, können zu erheblichen Veränderungen der Vorflutverhältnisse führen. Die Grundwasserstände unterliegen vielfach sowohl hinsichtlich ihrer absoluten Höhenlage über NN als auch hinsichtlich ihrer Flurabstände gerichteten Veränderungen. Insofern kennzeichnet eine jede hydrologische Karte, die die Höhenlage der Grundwasseroberfläche sowie die Flurabstände des Grundwassers darstellt, ein Augenblicksbild und ist nach einem gewissen Zeitabschnitt als überholt zu betrachten; doch ist sie als Darstellung zeitlich bestimmter Zustandsformen von bleibendem Wert. Welche Schwierigkeiten sich aus der Tatsache der Bergsenkung allein für die langzeitige Grundwasserbeobachtung ergeben, zeigt die Tatsache, daß für keinen Meßpunkt einer Grundwasserstandsmeßstelle eine feste Absoluthöhe angenommen werden kann und daher die Meßpunkthöhen einer ständigen Korrektur unterliegen müssen. Aus den gleichen Gründen sind auch kaum topographische Karten mit gültigen Höhenlinien vorhanden. Die vielfach benutzte Topographische Karte 1 : 25 000 (früher Meßtischblatt) kennzeichnet trotz zahlreicher Revisionen im allgemeinen höhenmäßig den Zustand vor der oder um die Jahrhundertwende.

Die Vorflutstörungen, die starke Belastung der Vorfluter mit Abwässern aller Art sowie die intensive Nutzung der vorhandenen Flächen als Wohn-, Industrie- oder Verkehrsflächen haben zu einem weitgehenden Ausbau der Gewässer, vor allem der Emscher und der Zuflüsse von Lippe und Ruhr, geführt. Die Bäche und Gräben besitzen heute zum großen Teil ein begradigtes und betoniertes Bett oder fließen in geschlossenen Röhren. Dieses, ebenso wie die Tatsache, daß weite Gebiete gepoldert werden, hat hydrologische Auswirkungen, die es kartenmäßig zu erfassen gilt.

Ein weiteres Merkmal ist darin zu erblicken, daß das Rheinisch-Westfälische Industriegebiet auch heute noch ein Planungsgebiet ersten Ranges ist. Die Ausdehnung nach Norden ist noch in keiner Weise abgeschlossen. Industriewerke und Siedlungen entstehen allerorten und mit ihnen die sich daraus ergebenden hydrologischen Fragestellungen, im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet stärker als in den meisten übrigen Gegenden der Bundesrepublik.

Aus den vorstehend geschilderten Besonderheiten des Kartierungsgebietes ergeben sich folgende wesentliche Folgen für eine zum Teil von ähnlichen Kartenwerken abweichende Bearbeitungsweise bzw. Gestaltung der Karte:

1. Die Karte besitzt einen größeren Maßstab als sonstige hydrogeologische Karten.
2. Die bei den verschiedensten Dienststellen vorhandenen und von diesen zur Verfügung gestellten Unterlagen bedürfen einer weitgehenden Ergänzung durch eigene Aufnahmen im Gelände, insbesondere hydro-metrische Arbeiten, Bohrarbeiten und Vermessungsarbeiten.

3. Die Karte betont im Vergleich zu ähnlichen Kartenwerken stärker den Zustand und die Verteilung des im Untergrund befindlichen Wassers, was unter anderem in der Bezeichnung „Hydrologische Karte“ zum Ausdruck kommt.

Da die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks aus den dargelegten Gründen im Maßstab 1 : 10 000 bearbeitet werden sollte, war es als günstig anzusehen, daß ebenfalls von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse eine topographische Karte im Maßstab 1 : 10 000 herausgegeben wird, die nach DIN 21 900 geschnitten ist und insofern mit dem neuen Schnitt der Grubenbilder übereinstimmt. Die Hydrologische Karte 1 : 10 000 reiht sich auf diese Weise zwanglos in die übrigen Karten des bergmännisch-geologischen Übersichtskartenwerkes des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirkes ein.

Jedes Blatt der Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks umfaßt 4 Teilblätter mit insgesamt 6 Karten und ein Erläuterungsheft:

Teilblatt a:	Grundwasserhöhenkarte	1 : 10 000
Teilblatt b:	Nord—Süd-Schnitte	1 : 10 000
Teilblatt c:	Ost—West-Schnitte	1 : 10 000
Teilblatt d:	Nebenkarten	1 : 25 000
	1. Flurabstandskarte	
	2. Hydrochemische Karte	
	3. Wasserwirtschaftliche Karte	

### Die Grundwasserhöhenkarte (Teilblatt a)

Die Grundwasserhöhenkarte kann als Grundblatt der jeweils zu einem Kartenblatt gehörenden vier Teilblätter aufgefaßt werden, da sie in Form eines grauen Unterdruckes die topographischen Verhältnisse und in Blaudruck die Lage der oberirdischen Gewässer des Blattgebietes wiedergibt. Die Karte enthält in der vom Deutschen Grundwasserausschuß festgelegten Darstellungsweise die hydrologisch bedeutsamen geologischen Störungen und Ausstreichlinien bzw. Verbreitungsgrenzen von schwer- oder undurchlässigen Schichten. Eine Anpassung der Darstellungsweise an DIN 19 710 „Gewässerkundliche Signaturen“ ist vorgesehen, sobald diese Gültigkeit erlangt haben. Weiterhin sind die Brunnen mit einer Tagesförderung von mehr als 20 m<sup>3</sup> eingetragen, ebenso sämtliche Grundwasserstandsmeßstellen.

Neben der Darstellung dieser Bearbeitungsgrundlagen stellt die Karte als wesentlichen Inhalt die mittlere Höhenlage der Grundwasseroberfläche dar. Die Mittelwertbildung erfolgt bei den langfristig beobachteten Meßstellen aus den beiden Grenzwerten der letzten 5 Jahre und bei den übrigen unter Berücksichtigung der Ganglinien benachbarter Meßstellen.

Die Darstellung einer mittleren Höhenlage des Grundwassers hat den Vorteil, daß man nicht, wie das bei terminierten Karten der Fall ist, berücksichtigen muß, welche Höhenlage die dargestellte Grundwasseroberfläche am Stichtag gehabt hat, sondern daß man für die Ermittlung der Extremwerte jeweils einen bestimmten Betrag hinzuzufügen oder abzuziehen hat, dessen Größe sich aus der hydrologischen und geologischen Gesamtsituation ergibt. Nur bei der Darstellung von Mittelwerten können die aneinander angrenzenden Grundwasserhöhenkarten zusammengefügt werden, ohne daß Unstetigkeiten an den Kartenblatträndern auftreten.

### Die hydrogeologischen Schnitte (Teilblatt b und c)

Die Schnittlinien für die hydrogeologischen Schnitte sind in der Grundwasserhöhenkarte (Teilblatt a) enthalten. Sie wurden nach geometrischen Gesichtspunkten für alle Blätter gleich orientiert, und zwar so, daß sie sich jeweils auf den Nachbarblättern knicklos fortsetzen und durch bestimmte Kreuzungspunkte von Netzlinien des Gauß-Krüger-Netzes verlaufen. Der Verlauf der Schnittlinien wurde parallel und senkrecht zum Gebirgsbau des Karbons und zur vorherrschenden Streichrichtung des Kreidedeckgebirges orientiert. Die Darstellung des hydrogeologischen Inhalts der Schnitte erfolgt nach dem Grundsatz, daß die petrographische Beschaffenheit des Untergrundes in Form von Schwarz-Weiß-Symbolen, die geologische Altersgliederung in Form der Flächenfarbe und die Wasserführung durch den Überdruck verschiedener blauer Punktraster sowie durch die ebenfalls eingetragene Grundwasseroberfläche bzw. -druckfläche zum Ausdruck kommt. Bei der Wasserführung werden in Anlehnung an die hydrogeologischen Karten des Geologischen Landesamtes von Nordrhein-Westfalen (vgl. hierzu KARRENBERG 1961, S. 220) mehrere Höffigkeitsstufen unterschieden, wobei es sich um Mittelwerte handelt, die sich aus der allgemeinen petrographischen Beschaffenheit der Gesteinsschichten ergeben, ohne daß örtliche Sonderverhältnisse und die Grundwassererneuerung berücksichtigt werden können.

### Die Flurabstandskarte (Teilblatt d)

Da die in der Grundwasserhöhenkarte dargestellten Grundwasserhöhen zugrunde gelegt werden, handelt es sich auch bei den Flurabständen um Mittelwerte, von denen gewisse zeitliche Abweichungen möglich sind. Die Abstufung und Farbgebung der Flurabstände erfolgt unter Beachtung der Richtlinien für die Beobachtung und Auswertung des Grundwassers, herausgegeben vom Deutschen Grundwasserausschuß 1961. Auch hier ist eine Anpassung an DIN 19 710 vorgesehen, sobald diese Gültigkeit erlangt haben. Die 1,5 m-Linie und 3 m-Linie werden vorwiegend unmittelbar im Gelände kartiert. Bei den Flächen mit einem mittleren Grundwasserstand zwischen 0 und 1,5 m handelt es sich im allgemeinen um die unter Grünlandnutzung stehenden Talböden der Bäche und um von Gräben durchzogene Tieflandflächen, deren Sedimente meist alluviales Alter sowie gelegentlich anmoorigen Charakter haben und sich vielfach durch Sumpfo- oder Feuchthlandflora zu erkennen geben. Der Übergang zur nächsthöheren Stufe ist stellenweise fließend, in den meisten Fällen aber insofern sehr schroff, als eine ausgeprägte Böschung die seitliche Begrenzung der Talböden und damit den Beginn der nächsthöheren Geländestufe zu erkennen gibt. Die übrigen Grenzlinien prägen sich in der Geländemorphologie meistens weniger deutlich aus. Ihr Verlauf wird in diesem Falle durch Interpolation ermittelt.

### Die Hydrochemische Karte (Teilblatt d)

Die Darstellung der hydrochemischen Verhältnisse erfolgt nach dem von PREUL entwickelten Verfahren, das auf den ersten Blick erkennen läßt, welche Lösungsbestandteile des Wassers einen bestimmten, der Verwendung meistens unzuträglichen Grenzwert überschreiten. Es taucht an dieser Stelle die Frage auf, ob bei hydrochemischen Karten einer punktförmigen oder einer flächenhaften Darstellung der Vorzug zu geben ist. Im Falle des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks dürfte eine flächenhafte Darstellung wegen der starken, ört-

# Hydrologische Karte des Rheinisch - Westfälischen Steinkohlenbezirks 1:10 000

herausgegeben von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum

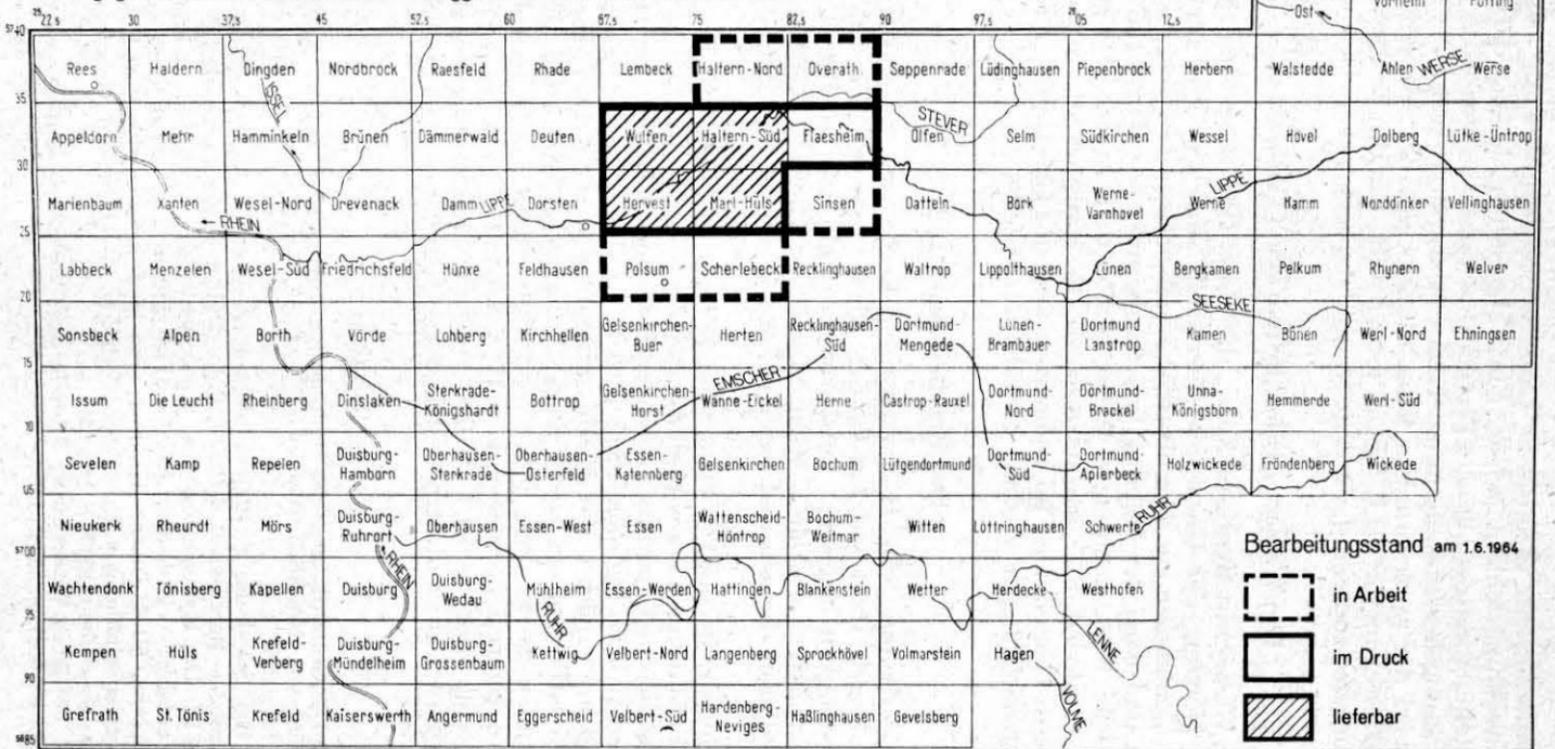


Abb. 1.

lich unterschiedlichen, chemischen Grundwasserbeeinflussung Anlaß zu zahlreichen Darstellungsfehlern geben, ganz abgesehen davon, daß jede flächenhafte Darstellung kartographische Probleme verursacht, wenn die Konzentration mehrerer Lösungsbestandteile in einer Karte dargestellt werden soll. Aus diesen Gründen wird der punktförmigen Darstellungsweise der Vorzug gegeben, und zwar der Darstellungsart nach PREUL, weil so alle für die Wassernutzung wichtigen Lösungsbestandteile ihrer Bedeutung entsprechend in Erscheinung treten.

### Die Wasserwirtschaftliche Karte (Teilblatt d)

In die Wasserwirtschaftliche Karte, die einen Überblick über den derzeitigen Stand der Nutzung der Gewässer geben soll, sind die Wasserentnahmen getrennt nach Entnahmen aus dem oberflächennahen Grundwasser, aus oberirdischen Gewässern und nach der Hebung von Grubenwässern dargestellt. Dabei wird in vorhandene bzw. beantragte Wasserrechte und in die Ausnutzung dieser Rechte unterschieden. Kühlwasserkreisläufe, die Haupteinleitungsstellen von Abwässern durch Gemeinden und Industrien und die Grenzen der Einzugsgebiete von Gewinnungsanlagen werden ebenfalls dargestellt.

### Der Bearbeitungsstand

Die Bearbeitung der Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks steht noch am Anfang. Als im Jahre 1962 mit der eigentlichen Kartierungstätigkeit begonnen wurde, galt es zunächst, ein Musterblatt zu entwickeln. Inzwischen sind die Blätter Marl-Hüls, Hervest, Wulfen, Haltern-Süd und Flaesheim erschienen und weitere Blätter stehen vor ihrem Abschluß (vgl. Abb.).

Für einen Zeitraum von etwa zehn Jahren sind auf Anregung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen die in diesem Lande im Gange befindlichen Arbeiten zur Herstellung hydrogeologischer bzw. hydrologischer Karten aufeinander abgestimmt worden. Es ist vorgesehen, zunächst die Flachlandgebiete und danach die Gebirgslandgebiete zu bearbeiten, um nach Fertigstellung einen Überblick über ganz Nordrhein-Westfalen zu erhalten. Jede Landschaft bietet einer hydrologischen Kartierung ihre eigenen Probleme. Die Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1:10 000 versucht, den regionalen Besonderheiten und Bedürfnissen einer dicht besiedelten Industrielandschaft gerecht zu werden.

### Schriften

- BREDDIN, H.: Die Grundrißkarten des Hydrogeologischen Kartenwerkes der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen. — *Geol. Mitt.* 2, H. 4 (1963), S. 393—416 (dort weitere Literatur).
- HAHNE, C.: Der Stand des Stratigraphischen Kartenwerkes der Westfälischen Berggewerkschaftskasse. — *Bergfreiheit* 5 (1962), S. 1—8 (dort weitere Literatur).
- KARRENBURG, H.: Die Hydrogeologischen Kartenwerke des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen. — *Z. deutsch. geol. Ges.* 113 (1961), S. 216—230 (dort weitere Literatur).
- KEIL, A., BREDDIN, H. & DIELER, H.: Das neue Hydrogeologische Kartenwerk der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen. — *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen*, Sonderheft 1960, S. 12—22.
- SEMMLER, W.: 40 Jahre Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse. — *Glückauf* 97 (1961), S. 1593—1596.

- A legend for hydrogeological maps, herausgegeben von der International Association of Scientific Hydrology of the International Union of Geodesy and Geophysics und der International Association of Hydrogeologists, 1962.
- DIN 21 900, Bergmännisches Reißwerk, Richtlinien für die Herstellung und Ausgestaltung, herausgegeben vom Fachnormenausschuß Bergbau im Deutschen Normenausschuß, Köln (Beuth-Verlag) 1951.
- DIN 19 710, Gewässerkundliche Signaturen, offizieller Entwurf des Fachnormenausschusses Wasserwesen im Deutschen Normenausschuß, Köln (Beuth-Verlag) 1964.
- Grundwasser, Richtlinien für die Beobachtung und Auswertung, herausgegeben vom Deutschen Grundwasserausschuß, Hannover (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung) 1961.
- Les cartes hydrogéologiques définitions et classification, méthodes d'établissement, légende générale, herausgegeben von der Association International des Hydrogéologues, Paris 1962.

Dombrowski, H. J. (1964): Sporeunersuchungen in den Solen des Steinkohlenbezirks an der Ruhr. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 96-101; 1 Abb., 2 Taf.

Aus dem Institut für Balneologie und Klimaphysiologie der Universität Freiburg  
(Direktor: Prof. Dr. Dr. H. Göpfert)

## Sporeunersuchungen in den Solen des Steinkohlenbezirks an der Ruhr

Mit 1 Abbildung und 2 Tafeln

Von H. J. DOMBROWSKI

Das Problem der Herkunft der Grubenwasserzuflüsse ist Gegenstand vieler wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen, die vor allem mit geologischen, hydrologischen und geochemischen Fragestellungen und Untersuchungsmethoden eine Klärung herbeizuführen suchten. Seit den ersten Veröffentlichungen von HUYSEN vor nunmehr 110 Jahren haben sich unsere Anschauungen vervollständigt und sind in vielen modernen Arbeiten dargelegt, in denen von einer Reihe sehr aufschlußreicher Gesetzmäßigkeiten berichtet wird. Ich erinnere an die Arbeiten von KUKUK, PATTEISKY, SEMMLER, FRICKE, KÖTTER, MICHEL.

Das Grundwasser im Karbon an der Ruhr ist bis auf Fälle, wo vadoses Wasser ungehindert einfließen kann, stets versalzen, und der Salzgehalt nimmt nach der Tiefe hin zu. Diese Erkenntnis hat nicht nur im Raum an der Ruhr ihre Gültigkeit, denn es hat den Anschein, daß überall auf der Erde von einer von Ort zu Ort verschiedenen Teufe an Sole als tiefes Grundwasser angetroffen wird. Wenn man die Salzformationen ausnimmt, konnte eine Abhängigkeit des Salzgehaltes von der Stratigraphie bisher nicht festgestellt werden.

Die in den Gruben des Ruhrgebietes austretenden Solen sind meist thermale Natrium-Chlorid-Wässer, in größeren Tiefen unter 600 m tritt auch verstärkt noch Calcium, Magnesium und Sulfat hinzu. Solche Wässer sind nicht für das Karbon charakteristisch, wohl aber sind sie aus den Zechsteinen bekannt. KÜHN<sup>1)</sup> führt unter Verwendung der Angaben von PATTEISKY (S. 1336) eine Berechnung des Bromgehaltes des gelösten Steinsalzes durch und gelangt zu dem Wert von 0,016 Gew.-% Br. Dieser Wert weist nur auf den Zechstein hin, da Malm-Salz oder irgendwelche Porenwässer anderer Formationen viel bromärmer sind. Andererseits sollten Restlösungen des Zechsteinsalinar reicher an  $MgCl_2$  sein.

Nach LOTZE ist die Aussüßung einer Sole um so stärker, je weiter man vom Herkunftsgebiet entfernt ist. Danach scheinen sich in unserem Raum zwei Herkunftsgebiete anzudeuten: Die Sole im Westteil des Ruhrgebietes dürfte mit den Zechsteinlagern am Niederrhein, die im Ostteil mit den Salzlagernden Teutoburger Waldes in Zusammenhang stehen.

Über Feststellungen ganz anderer Art kommt BAECKER zu dem gleichen Ergebnis. Er konnte nachweisen, daß zwischen den Salzwässern des Paläozoikums und denen des Deckgebirges Wechselwirkungen unter Einfluß von Niederschlägen bestehen. Paradoxaerweise nehmen die Maxima der Salzgehalte bei zeitlich

<sup>1)</sup> R. KÜHN, Hannover, Kaliforschungsinstitut. Briefliche Mitteilung vom 26. Mai 1964.

aufeinanderfolgenden Messungen nach Niederschlägen zu, was mit einer mechanischen Stauwirkung der Niederschlagswässer auf die von Norden bzw. Nordwesten her wandernden Sole erklärt wird. Im Norden, etwa im Raume Münster, treten die Maxima nach reichlichen Niederschlägen bereits nach 0—5 Tagen und im Süden, im Raume Lippstadt, erst nach 15—20 Tagen auf.

All diese hier nur kurz umrissenen Forschungsergebnisse zeigen an, daß die zentrale Frage nach der Herkunft der Salze im Letzteren aber noch immer unbeantwortet ist. Sie schließen die Möglichkeit einer Solewanderung nicht aus. Als Zubringer der Sole scheinen die im flözführenden Karbon unter der Kreidebedeckung vorhandenen mächtigen Konglomerat- und Sandsteinpakete ebenso zu fungieren, wie auch die großen Störungen im Grundgebirge. Nicht selten sinkt, wenn größere Pakete einer solchen wasserleitenden Schicht angefahren werden, die Zuflußmenge nach kurzer Zeit wieder ab. Als besonders wasserwegsam gelten Querverwerfungen, wo hingegen Überschiebungen meist als Wasserstau wirken (SEMMLER). Die großen Querstörungen, die im Unterbau des Münsterschen Beckens bekannt sind, haben zum größten Teil den südlichen Kreiderand überschritten und stellen wohl die Verbindung zu den nördlich und nordwestlich gelegenen Zechsteinsalzvorkommen her. Beziehungen zwischen Salzwasseranreicherungen und tektonischen Linien sind nachgewiesen. Die große hydrogeologische Bedeutung dieser Zubringer beweisen die Mengen, die allein in den Bergwerksbetrieben an der Ruhr einbrechen und zu Tage gefördert werden müssen. SEMMLER gibt die jährlich anfallende Grubenwassermenge mit 165 Millionen m<sup>3</sup> an, in denen rund 4 Millionen Tonnen Salze gelöst sind.

Auch in der Balneologie spielt das Problem der Solewanderung eine nicht minder große Rolle. Einschlägige Fragen, insbesondere für die Mineralquellen Nordrhein-Westfalens, sind von FRICKE ausführlich bearbeitet worden. Eigene Untersuchungen konnten zu dem gleichen Problem, welches sich bei den Bad Nauheimer Mineralquellen bot, Stellung beziehen, indem sie durch Auffinden von Gymnospermensporen aus dem Zechstein eine definitive Klärung herbeiführten. Damit war zugleich auch bewiesen, daß die Sporen und somit auch die Salze eine Wanderung von über 60 km zurückgelegt haben müssen.

Identische Untersuchungen wurden jetzt an einigen Solen, die im Ruhrbergbau und im Steinkohlenbergwerk Ibbenbüren eingebrochen sind, angestellt. Im einzelnen wurden auf folgenden Zechen die tiefen Grundwässer untersucht:

1. Steinkohlenbergwerk Ibbenbüren der Preußischen Bergwerks- und Hütten-A.G., Schacht Morgenstern, 3. Sohle in der westlichen Richtstrecke Wasseraustritt zwischen Abzweig Querschlag nach Süden, Flöz Reden, und Abzweig Grundstrecke Flöz Glücksburg nach Osten. Der Austritt erfolgt aus klüftigem Sandstein des gestörten Oberkarbon, Schichten Westfal C. Teufe: 340 m unter Gelände, — 250 m NN. Austritt etwa 5 l/min eines klaren Wassers mit starkem salzigem Geschmack. Temperatur + 25°. Ausgeprägte Bildung von Salzstalaktiten. — Entspricht Beispiel 2 c der Arbeit Käss.
2. Steinkohlenbergwerk „Consolidation“, Gelsenkirchen, Zeche „Unser Fritz“, 9. Sohle. Teufe: 980 m unter Gelände, — 935 m NN. In der Richtstrecke nach Osten am „Ewald-Hannibal-Sprung“ aus dem nördlichen Stoß zwischen Flöz Karl 1 und Albert 1. Austritt von etwa 5 l/min klaren Wassers mit einer Temperatur von + 52°. — Entspricht Beispiel 3 b der Arbeit Käss.

3. Steinkohlenbergwerk „Consolidation“, Gelsenkirchen, auf der gleichen 9. Sohle Richtstrecke nach Westen, östlich des „Primussprunges“ am nördlichen Stoß. Hier treten 3—5 l Sole pro Minute aus mit einer Temperatur von  $+ 47^{\circ} \text{C}$ . Auffallend ist hier ebenfalls die Bildung zahlreicher Salzstalaktiten. — Entspricht Beispiel 3 c der Arbeit Käss.
4. Steinkohlenbergwerk „Consolidation“, Gelsenkirchen, auf der gleichen 9. Sohle westlich des „Primus-Sprunges“ am nördlichen Stoß, bei Flöz Prä- sident (Abb. 1). Austritt von 25 l/min mit einer Temperatur von  $+ 53^{\circ} \text{C}$ . — Entspricht Beispiel 3 d der Arbeit Käss.

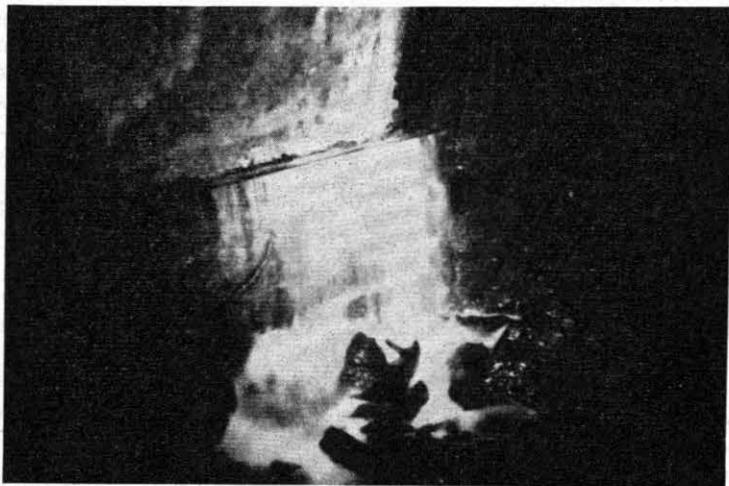


Abb. 1. Steinkohlenbergwerk Consolidation, Zeche „Unser Fritz“, 9. Sohle, westlich des Primus-Sprunges bei Flöz Prä- sident. Wasseraustritt, Schüttung ca. 25 l/min, Wassertemperatur  $+ 53^{\circ} \text{C}$ . 980 m unter Gelände, — 935 m NN.

5. Zeche „Auguste-Victoria“, Marl-Hüls, Schachanlage I, II, 5 A-Sohle, Sumpfstrecke, Teufe: 1035 m unter Gelände, — 975 m NN, Wassertemperatur  $55,1^{\circ} \text{C}$ . — Entspricht Beispiel 3 a der Arbeit Käss.
6. Pattbergschächte, Homburg/Niederrhein. Entnahme bei der Standwasser- lösungsbohrung zum Flöz Hermann-Gustav. Teufe: 625 m unter Ge- lände, — 501 m NN, Wassertemperatur  $+ 25^{\circ} \text{C}$ . — Entspricht Beispiel 2 a der Arbeit Käss.
7. Pattbergschächte, beim Abbau Hermann-Gustav. Teufe: — 496 m NN. Wasser, welches aus dem Bruch (Alter Mann) kommt. — Entspricht Bei- spiel 2 b der Arbeit Käss.

Für die chemischen Untersuchungen dieser Solen sei Herrn Dr. Käss vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg in Freiburg/Br. aufricht- igit gedankt. Bezüglich der ausführlichen Analysen und der Beurteilung sei der Leser auf die Arbeit von Käss, Seite 244, verwiesen.

Von diesen Wässern wurden je 1 Liter auf enthaltene Sporen untersucht, desgleichen auch 5 g von dem schlammigen Quellsinter, der sich am Austrittsort niedergeschlagen hatte. Zur Untersuchungsmethode möchte ich folgendes bemer- ken. Leider gibt es in der Mikropaläontologie, wie BECKMANN betont, vielfach

noch keine standardisierten Methoden. Man wird von Fall zu Fall auf eigenes Gutdünken angewiesen sein. Ich überlasse die Sole und den in Aqua dest. aufgeschwemmten Sinterschlamm in gut abgedeckten Glasbehältern, auf deren Boden eine doppelte Lage von Objektträgern ausgelegt ist, mehrere Wochen sich selbst, damit die Sporen Zeit haben zu sedimentieren. Dann wird vorsichtig am Rand das überstehende Wasser abgezogen. Damit dies möglichst vollständig geschehen kann, sind die Gläser von Anfang an an einer Seite etwas angehoben. Nach Abziehen der Sole wird eine gleiche Menge Aqua dest. vorsichtig hinzugegeben, und es wird wieder 2—3 Wochen abgewartet. Nach Abziehen des Wassers kann die nun folgende Untersuchung ohne störende Kochsalzkristalle, die sich andernfalls auf dem Objektträger bilden würden, erfolgen.

Ich gebe der Methode des sich selbst überlassenen Sedimentierens gegenüber dem Gebrauch einer Zentrifuge unbedingt den Vorzug, weil die teilweise höchst empfindlichen Sporen infolge der hohen mechanischen Beanspruchung in einer Zentrifuge zum größten Teil völlig zerstört werden. Es ist ferner zu achten, daß sich keine zu dicke Sedimentschicht niederschlägt. Man kann dies durch Verteilen auf weitere Glasbehälter jederzeit leicht regulieren. In einer dicken Sedimentschicht könnten sich die gesuchten Formelemente leicht dem Nachweis entziehen. Auch hier ist das Sedimentieren dem Ergebnis des Zentrifugierens überlegen. Beim letzteren wird man meist reichlich Material im Zentrifugierrohrchen haben, welches in der üblichen Weise ausgestrichen werden muß, und dabei wird zwangsläufig erneut fossiles Material zerstört.

Trotz dieses behutsamen Vorgehens war das Ergebnis, was die Anzahl der gefundenen fossilen Pollen betrifft, relativ gering. Ich fand in den 7 Entnahmestellen, also in insgesamt 7 Liter Wasser und 35 g Sintermaterial insgesamt nur 80 Pollen, das waren durchschnittlich auf jedem 4. Objektträger 1 Polle. In den untersuchten Wässern fanden sich nur 34 Pollen, in Sintermaterial 46. Von diesen 80 Pollen waren 44 eindeutig karbonische Formen, während 36 eindeutig Species aus dem Zechstein darstellten. Im Wasser waren es 19 karbonische und 15 Zechsteinformen, im Sinter 25 karbonische und 21 aus dem Zechstein.

Von diesen 80 Pollen ging etwa ein Drittel (26) beim Versuch einer Aufhellung mittels der Essigsäure-Anhydrid-Methode von ERDTMAN entzwei, und zwar 17 Zechsteinsporen und 9 karbonische. Letztere erwiesen sich als erheblich stabiler als die außerordentlich leicht zerfallenden Zechsteinsporen. Auch zeigten sich die Karbonsporen erheblich resistenter im Aufhellungsversuch als diejenigen aus dem Zechstein, obwohl die letzteren sich viel schwerer aufhellen ließen als mir dies von meinen früheren Versuchen mit Sporen aus Zechsteinsalzen bekannt war.

Es fiel auf, daß die isolierten Sporen nur wenigen differenten Arten angehörten. Im einzelnen wurden folgende Spezies gefunden:

### A. Karbonische Sporen (Bildtafel I)

#### 1. *Sclerotites angulatus*.

Fundort: Zeche „Unser Fritz“ am Ewald-Hannibal-Sprung.  
 Zeche „Unser Fritz“ östlich des „Primus-Sprung“ (Abb. I/1).  
 Zeche „Unser Fritz“ westlich des „Primus-Sprung“ (Abb. I/2).  
 Zeche „Auguste Victoria“.

#### 2. *Sporenitis* sp.

Fundort: Zeche „Unser Fritz“ am Ewald-Hannibal-Sprung.  
 Ibbenbüren (Abb. I/3).  
 Pattbergschächte, Entnahmestelle 1 (Abb. I/4).  
 Pattbergschächte, Entnahmestelle 2

3. *Calamospora mutabilis*  
Fundort: Zeche „Auguste Victoria“ (Abb. I/5).
4. *Schopfipollenites ellipsoides*  
Fundort: Ibbenbüren (Abb. I/6), Schacht Morgenstern, 3. Sohle.

Die Formen A 1—3 wurden bisher im Westfal B, die von A 4 im Westfal C gefunden, und zwar nach Mazeration von Kohle. Damit dürfte bezüglich ihrer stratigraphischen Zuordnung kein Zweifel bestehen. In die Tiefenwässer, in denen sie jetzt gesehen wurden, dürften sie durch Kontakt von der Oberfläche her gelangt sein.

### B. Zechsteinsporen (Bildtafel II)

1. *Lueckisporites virkkiae*  
Fundort: Ibbenbüren (Abb. II/1 u. 2), Schacht Morgenstern, 3. Sohle.  
Zeche „Unser Fritz“ östlich des Primus-Sprunges (Abb. II/7).  
Zeche „Unser Fritz“ westlich des Primus-Sprunges (Abb. II/8).  
Zeche „Auguste-Victoria“ (Abb. II/11 u. 12).  
Pattbergshächte, Entnahmestelle 2 (Alter Mann) (Abb. II/16).
2. *Jugasporites delasauei*  
Fundort: Zeche „Unser Fritz“ am Ewald-Hannibal-Sprung (Abb. II/3 u. 4).  
Pattbergshächte, Entnahmestelle 1 (Abb. II/14).
3. *Favisporites tenuis*  
Fundort: Zeche „Unser Fritz“ östlich des Primus-Sprunges (Abb. II/5).  
Zeche „Unser Fritz“ westlich des Primus-Sprunges (Abb. II/9).
4. *Inversisporites pectinatus*  
Fundort: Zeche „Unser Fritz“ östlich des Primus-Sprunges (Abb. II/6).  
Zeche „Auguste-Victoria“ (Abb. II/10).
5. *Alisporites opii*  
Fundort: Pattbergshächte, Entnahmeort 1 (Abb. II/13).  
Pattbergshächte, Entnahmeort 2 (Abb. II/15).

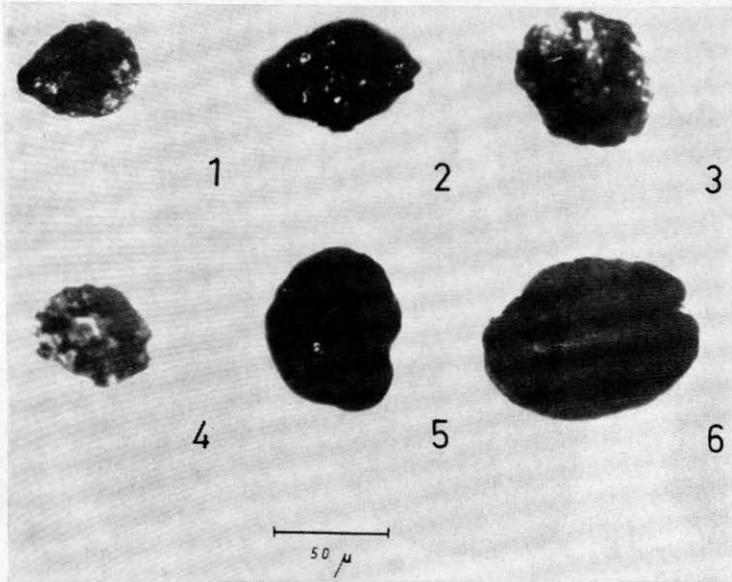
Die Formen B 1—5 dagegen sind nach allen bisherigen Untersuchungen im Karbon unbekannt. Sie wurden bisher sämtlich aus Zechsteinsalzen isoliert. Vertreter der Gattung *Alisporites* sind vom Perm bis in die Trias festgestellt worden. In den Solen des Ruhrkarbon weisen sich sämtliche Sporomorphen von B 1—5 als allochthon aus, womit sie gleichzeitig die tiefen Grundwässer und zumindest einen Teil der in ihnen gelösten Mineralsalze ebenfalls als allochthon kennzeichnen. Diese Aussage wird besonders gestützt durch die zahlenmäßig am häufigsten gefundene Spezies *Lueckisporites virkkiae*. Nach POTONIÉ und KREMP fallen die meisten karbonischen Formen an der Grenze zum Perm weg. Dafür kommt *Lueckisporites* im Perm als die „auffälligste und leicht erkennbare bisaccale Form“ hinzu.

Das Vorhandensein von Sporen in den Solen des Steinkohlenbezirkes an der Ruhr, die eindeutig als biogene fossile Formelemente des Perm, insbesondere des Zechsteins bekannt sind, scheint geeignet zu sein, einen neuen Beitrag in der noch offenen Diskussion zur Frage der Herkunft dieser tiefen Grundwässer zu liefern.

### Schriften

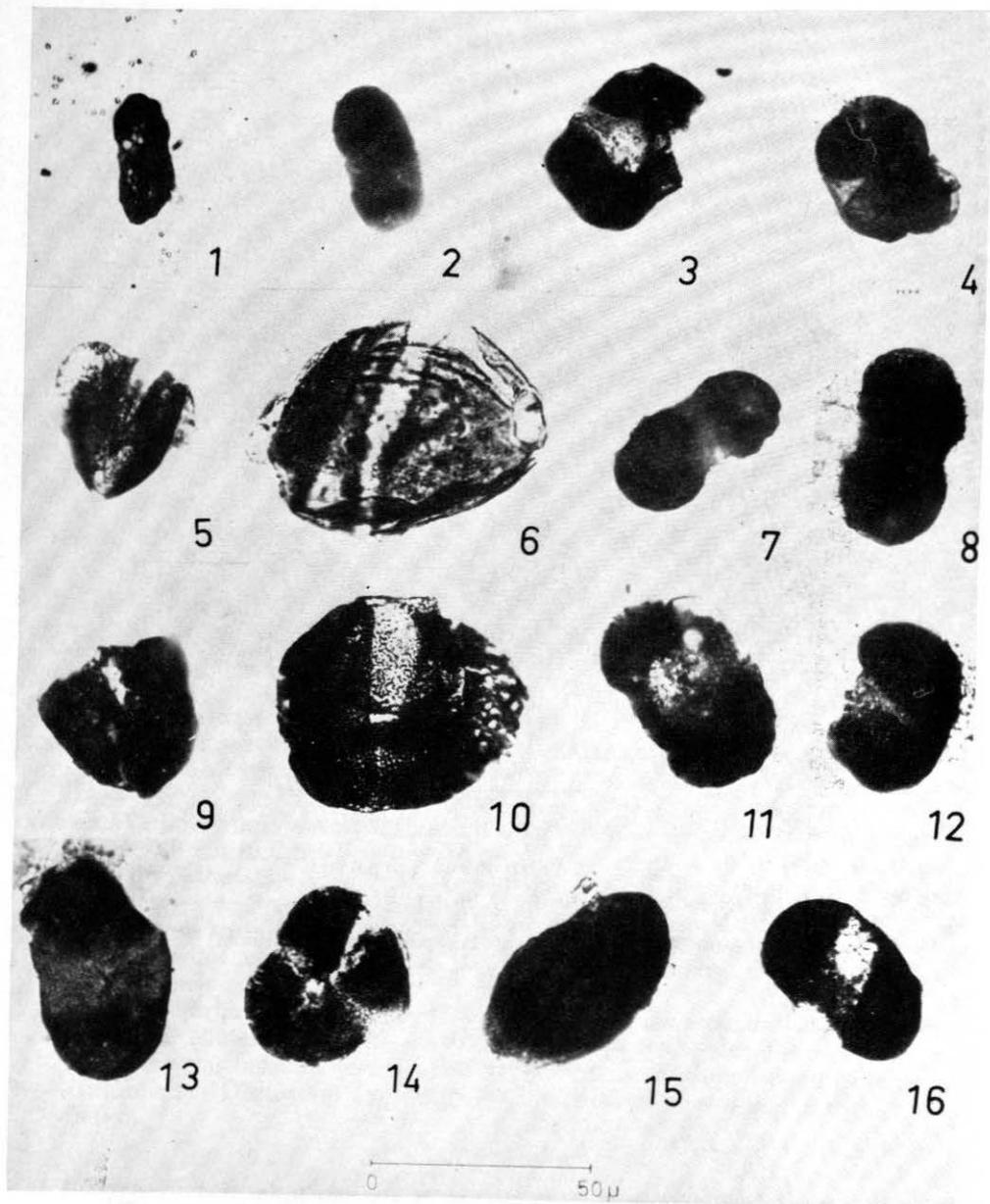
- BAECKER, P.: Solevorkommen und Grubenwässer im Raum Westfalen. „Vom Wasser“, 20, 1953, S. 209—251.
- BECKMANN, H.: Arbeitstechniken und Erfahrungen der Mikropaläontologie im Paläozoikum. — Handbuch der Mikroskopie in der Technik, II, T. 3.
- DOMBROWSKI, H.: Creno-Paläontologie, ein neuer Zweig der Quellenforschung. — „Heilbad und Kurort“, 14, 1962.
- FRICKE, K.: Herkunft des Salz- und Kohlensäuregehaltes der Mineralwässer im erweiterten Ruhrgebiet. — „Bergbau-Rundschau“, 4, 1952, S. 147—152.

- Entstehung, Beschaffenheit und räumliche Verbreitung der Heil- und Mineralquellen Nordrhein-Westfalens. Gütersloh 1954.
- Eine chemisch-geologische Karte der Mineralquellen Nordrhein-Westfalens. Geol. Jb., **69**, 1954, S. 491—500.
- Tiefenwasser, Solequellen und Solewanderung im Bereich des Münsterschen Beckens. — Z. Dtsch. Geol. Ges., **113**, 1961, S. 37—41.
- HUYSEN, A.: Die Solquellen des westfälischen Kreidegebirges. — Z. Dtsch. Geol. Ges., **7**, 1855.
- KÖTTER, K.: Die Chloridgehalte des oberen Ensgebietes und ihre Beziehungen zur Hydrogeologie. — Köln und Opladen 1958.
- Über die Salzgehalte der Quellen des Münsterlandes. — Z. Dtsch. Geol. Ges., **111**, 1959, S. 747.
- KÜHRT, D., & DOMBROWSKI, H.: Weitere Beiträge zur Creno-Paläontologie. — Fundam. balneobioklim., **4**, 1964, S. 323—331.
- KUKUK, P.: Geologie des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlengebirges. — Berlin 1938.
- LESCHIK, G.: Sporen aus dem Salzton des Zechsteins von Neuhof (bei Fulda). — Palaeontogr. Abt. B., **100**, 1956, S. 122.
- LOTZE, F.: Steinsalz und Kalisalze. — Berlin 1938.
- MICHEL, G.: Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Köln und Opladen 1963.
- PATTEISKY, K.: Die thermalen Solen des Ruhrgebietes und ihre juvenilen Quellgase. — „Glückauf“, **90**, 1954, S. 1334.
- POTONIÉ, R.: Zur Paläontologie der Sporites. — Paläontolog. Zschr., **27**, 1953, S. 32—36.
- POTONIÉ, R., & KREMP, G.: Die Gattungen der paläozoischen Sporae dispersae und ihre Stratigraphie. — Geol. Jb., **69**, 1954, S. 111—194.
- Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons. Teil I, II, III. — Palaeontograph. Abt. B., **98**, **99**, **100**, 1955/1956.
- SEMMLER, W.: Grubenwasserzuflüsse im Ruhrbergbau und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen. — „Bergbau“, **6**, 1955, S. 205—210.
- Der Abbau von Steinkohle unter Berücksichtigung der zusitzenden Wässer im Ruhrbergbau. — „Bergfreiheit“, **25**, 1960, S. 143—149.
- Die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet. — „Glückauf“, **96**, 1960, S. 502 bis 511.



Tafel I. Karbonische Sporen.

- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1 Sclerotites angulatus | 4 Sporenitis sp.                |
| 2 Sclerotites angulatus | 5 Calamospora mutabilis         |
| 3 Sporenitis sp.        | 6 Schopfipollenites ellipsoides |



Tafel 2. Permische (Zechstein-)Sporen

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1 Lueckisporites virkkiae    | 9 Favisporites tenuis         |
| 2 Lueckisporites virkkiae    | 10 Inversisporites pectinatus |
| 3 Jugasporites delasaucei    | 11 Lueckisporites virkkiae    |
| 4 Jugasporites delasaucei    | 12 Lueckisporites virkkiae    |
| 5 Favisporites tenuis        | 13 Alisporites opii           |
| 6 Inversisporites pectinatus | 14 Jugasporites delasaucei    |
| 7 Lueckisporites virkkiae    | 15 Alisporites opii           |
| 8 Lueckisporites virkkiae    | 16 Lueckisporites virkkiae    |

Glaes, M. (1964): Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wasserzuflüsse im Saarbergbau. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 102-114; 11 Abb., 2 Tab.

## Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wasserzuflüsse im Saarbergbau

Mit 11 Abbildungen und 2 Tabellen

Von Dipl.-Ing. MANFRED GLAES\*)

### Inhalt

1. Übersicht über Niederschlag und Wasserzuflüsse im Saarrevier .....	102
2. Abhängigkeit der Jahreswerte .....	103
2.1. Jahressummen der Saargruben .....	103
2.2. Jahreswerte einiger Gruben .....	105
3. Auswertung der Monatswerte .....	107
3.1. Monatsmittel für Niederschlag und Grubenwasser .....	107
3.2. Der Einfluß der Verdunstung .....	109
3.3. Aufstellung einer Näherung für die Abhängigkeit der monatlichen Zuflüsse .....	109
3.4. Ergebnisse der Näherungsberechnung .....	111
4. Zusammenfassung und Ausblick .....	113

### 1. Übersicht über Niederschlag und Wasserzuflüsse im Saarrevier

Die Abhängigkeit der im Grubengebäude zusitzenden Wassermengen vom Niederschlag ist bekannt. Unklarheiten bestehen über die Faktoren, die Größe und Schwankungen der Zuflüsse bestimmen. Diesbezügliche Untersuchungen sind u. E. nur dann erfolgversprechend, wenn es gelingt, das Grubenwasser in einen zahlenmäßigen Zusammenhang mit dem Niederschlag zu bringen. Dabei soll nicht mit Versickerungsanteilen gerechnet, sondern ein anderer Weg beschritten werden. Wenn das Grubengebäude als Lysimeter betrachtet wird, dann müssen wir davon ausgehen, daß sein Einzugsgebiet zunächst unbekannt ist. Bekannt sind zwei Messungszahlen: Niederschlag und Grubenwasser.

Der Jahresniederschlag im Saarrevier beträgt im Westen 700 mm und steigt nach Osten auf über 900 mm an. Die in Abb. 1 eingetragenen Jahresmittel sind Werte der Periode 1891–1930. Von den zahlreichen Beobachtungsstationen dieser Zeit sind nur wenige übrig geblieben, die folgenden Untersuchungen basieren daher auf den Werten der grubeneigenen Station Spiesermühle. Damit wird die unterschiedliche Niederschlagsverteilung im Bereich des Saarbergbaues für die Berechnung bewußt vernachlässigt, bei einer späteren Auswertung kann sie gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Die untertägigen Zuflüsse der Saarbergwerke AG, deren Gruben eingetragen sind, liegen im Jahresmittel bei 24 Mio. m<sup>3</sup>, das sind umgerechnet 46 m<sup>3</sup>/min. Bei einer verwertbaren Förderung von 15 Mio. t im Jahre 1963 sind je Tonne also 1,6 m<sup>3</sup> Wasser zu heben.

Die Hebungszahlen sind nicht fehlerfrei. Nach Kontrollmessungen erreichen die Fehler in den betrieblichen Angaben Werte bis zu 20%. Da aber nur die

\*) Anschrift des Autors: Dipl.-Ing. MANFRED GLAES, Grube Göttelborn, Saarbergwerke AG.



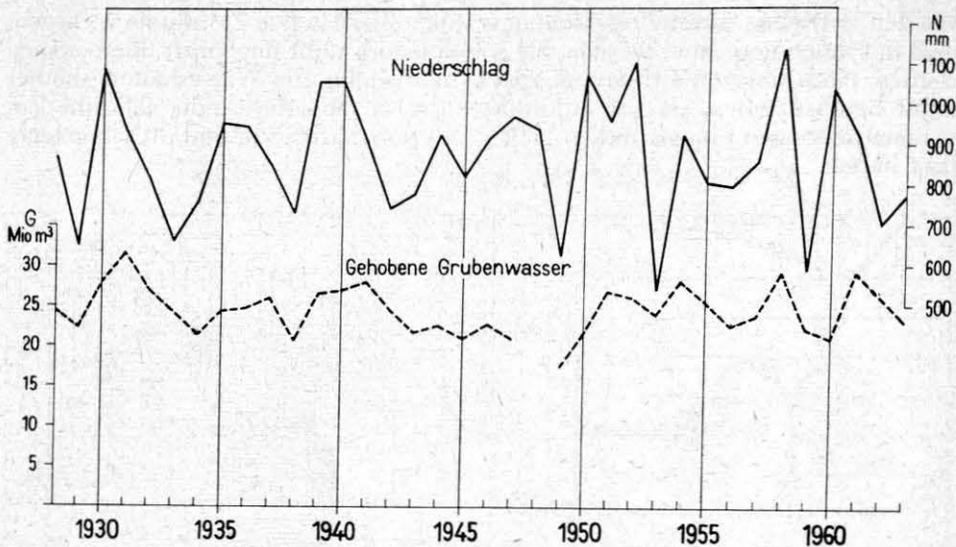


Abb. 2. Niederschlag und gehobene Grubenwässer im Saarbergbau in den Jahren 1928—1963.

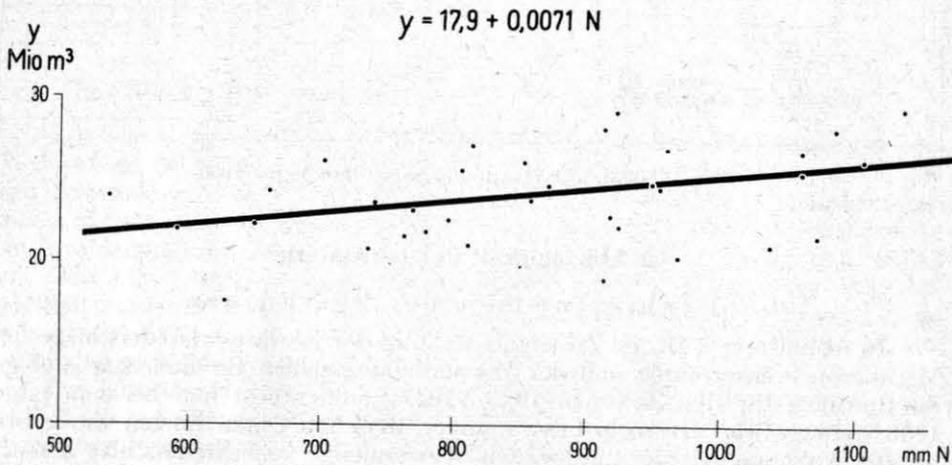


Abb. 3. Abhängigkeit der jährlich gehobenen Grubenwässer im Saarbergbau vom Niederschlag.

in hydrologischer Hinsicht eine willkürliche Einteilung ist und weder mit dem Niederschlagsjahr noch mit dem Zuflußjahr übereinstimmt.

Um diese offensichtliche Abhängigkeit zwischen Niederschlag und zuzitender Wassermenge und auch die Streuung zahlenmäßig zu erfassen, werden für die in Abbildung 3 dargestellten Wertepaare die Methoden der Ausgleichsrechnung angewandt.

Gemäß dem Verlauf des Punktstreifens wird eine lineare Gleichung der Form

$$y = a + b N$$

zugrunde gelegt.

$y$  = jährliche Grubenwassermenge in Mio. m<sup>3</sup>.

$N$  = jährlicher Niederschlag, Meßstation Spiesermühle, in mm.

$a, b$  = Konstanten, die nach der Methode der kleinsten Fehlerquadratsumme bestimmt werden.

Nach den bekannten Ableitungen ergibt sich für die Zufüsse der Saargruben in den Jahren 1928—1963

$$y = 17,9 + 0,0071 N$$

mit den mittleren Fehlern

$$m_y = \pm 2,9; m_a = \pm 2,9; m_b = \pm 0,003.$$

Die Konstanten sind durch die wesentlich kleineren mittleren Fehler gesichert und  $m_y$  zeigt, daß die jährliche Zuflußmenge mit einer Genauigkeit von rund  $\pm 12\%$  aus dem Niederschlag ermittelt werden kann.

Rechnerisch wird hier die Wassermenge in 2 Teilströme zerlegt:

1. in einen konstanten, von der Niederschlagshöhe unabhängigen Zufluß (Konstante  $a$ ), der bei 24 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr mit rund  $\frac{3}{4}$  dieser Menge bemerkenswert hoch ist,
2. in einen dem Niederschlag proportionalen Zufluß, der durch die Konstante  $b$  charakterisiert wird.

Aus dieser Berechnungsart kann natürlich nicht geschlossen werden, daß beide Teilströme etwa verschiedener Herkunft sind, sie gibt lediglich eine leicht zu berechnende und übersehbare Abhängigkeit zwischen Grubenwasser und Niederschlag an.

## 2.2 Jahreswerte einiger Gruben

Durch dieses gute Ergebnis ermutigt, wurde die gleiche Rechnung auch für einzelne Gruben durchgeführt, um auf diesem Wege eine bessere Übersicht über die unterschiedliche Abhängigkeit vom Niederschlag zu erhalten als es die Gegenüberstellung der Wasserhebungszahlen alleine vermag.

Dabei müssen auch hier die Unterlagen sorgfältig geprüft werden, insbesondere Veränderungen durch Aufgabe oder Neuerschließung von Baufeldern. Wir werden später zeigen, welchen Einfluß eine derartige Veränderung haben kann. Es ist gleichfalls zu überprüfen, ob die Hebungszahlen einen zeitlichen Gang aufweisen.

Am Beispiel der Grube Götterborn, die mit durchschnittlich 3,9 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr zu einer der wasserreichsten Gruben des Reviers zählt, sollen zwei dieser Untersuchungen aufgezeigt werden. Sie wurden 1961 im Zusammenhang mit der Planung einer neuen Sohle durchgeführt. In dem linearen Ansatz  $y = a + bx$  wurden für den Zeitraum 1935—1960 eingesetzt:

$y$  = gehobenes Grubenwasser in Mio. m<sup>3</sup>.

$x$  = Jahreszahl (wobei 1935 = 1 gesetzt wurde).

Das Ergebnis war:

$$y = 3,77 + 0,0061 x$$

mit den mittleren Fehlern

$$m_a = \pm 0,28, m_b = \pm 0,018; m_y = \pm 0,69.$$

Rechnerisch ergab sich also ein jährliches Ansteigen von 6000 m<sup>3</sup>. Der mittlere Fehler dieses Wertes ist aber 3mal größer, d. h. diese Abhängigkeit ist nicht gesichert, oder mit anderen Worten: Im Laufe von 26 Jahren ist keine konstante Zunahme der Grubenwasser der Grube Götterborn festzustellen.

Die Abbildung 4 bringt für Göttelborn eine Gegenüberstellung der gehobenen Wassermengen und der Abbaufläche. Diese letzte Kurve zeigt ab 1942 eine starke und bis 1953 nahezu konstante Zunahme durch den Abbaubeginn zwischen der 2. Sohle (+ 124 NN) und der 3. Sohle (+ 4 NN) und der dadurch bedingten Feldeausdehnung.

Hier genügt in Verbindung mit der vorhergehenden Berechnung die Gegenüberstellung beider Werte, eine Abhängigkeit ist nicht gegeben, obwohl die Abbaufläche in den Jahren 1935—1953 von 7,8 km<sup>2</sup> auf 11,1 km<sup>2</sup>, also um 3,3 km<sup>2</sup> oder 42% angestiegen ist. Dabei hat sich die Abbauhöhe bezogen auf NN nur wenig verändert, sie lag 1958 noch bei + 100 NN.

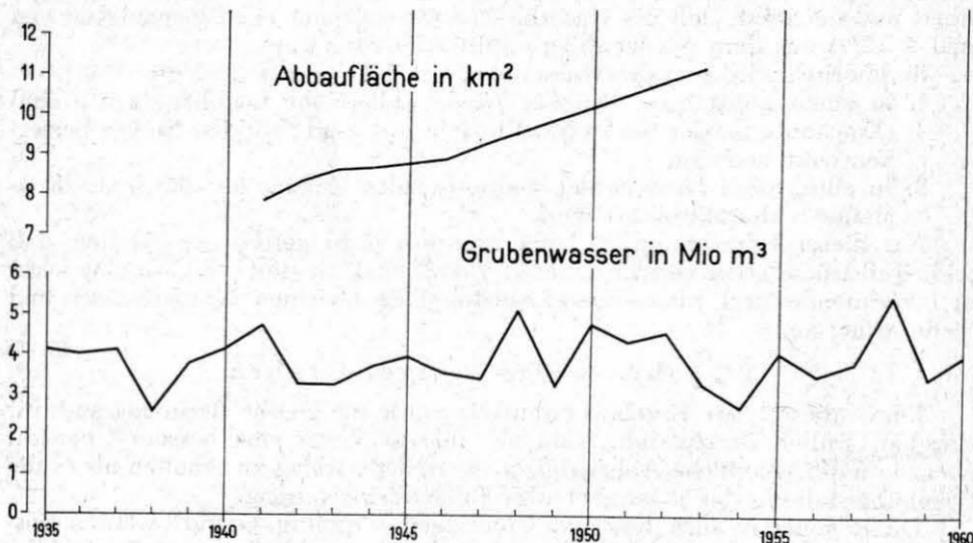


Abb. 4. Gegenüberstellung der jährlichen Grubenwässer und Abbaufläche der Grube Götterborn.

Dieses Ergebnis hat dazu geführt, daß in dieser Arbeit nicht mit dem Begriff Einzugsgebiet gerechnet wurde. Bevor dieser Wert eingeführt werden kann, müssen die Gruben selbst auf ihre Abhängigkeit untersucht werden.

In Zahlentafel 1 sind die der früheren Rechnung entsprechenden Werte einiger Gruben zusammengestellt. Alle diese Zahlen sind für die Niederschlagswerte von Spiesermühle gerechnet, d. h. zum Beispiel für Ensdorf, daß ein rund 20% höherer Niederschlag eingesetzt wurde als ihn die Niederschlagskarte für dieses Gebiet ausweist.

Die Unterschiede in den Konstanten a und b zwischen den einzelnen Gruben sind jedoch wesentlich größer.

Das Maximum der Konstanten a, die für alle Gruben gesichert ist, wurde mit 2,07 Mio. m<sup>3</sup> für Viktoria erhalten, das Minimum mit 0,13 Mio. m<sup>3</sup> für das Baufeld St. Ingbert der Grube Maybach.

Die Grube Götterborn hat dagegen mit  $b = 2,91$  Mio. m<sup>3</sup> für 1000 mm Niederschlag die stärkste direkte Abhängigkeit und damit auch den größten Gesamtzufluß. Der Faktor b für Götterborn ist um das 3- bis 20fache größer als diese Konstante der übrigen hier erfaßten Gruben. Die kleinste direkte Abhängigkeit

ist für Ensdorf gegeben, wobei zu bemerken ist, daß b nur für die ersten drei Gruben — Götteborn, Heinitz-Dechen und St. Ingbert — ausreichend gesichert ist. Demgegenüber zeigt die Auswertung der monatlichen Hebungszahlen auch für die übrigen Gruben eine ausgeprägte jahreszeitliche Schwankung der Zuflüsse und damit eine stärkere Abhängigkeit vom Niederschlag als sie in dieser Rechnung zum Ausdruck kommt.

Tab. 1. Koeffizienten für die Abhängigkeit der jährlichen Zuflüsse.

	$y = a + bN$		$Y^{(N-865)}$ Mio m <sup>3</sup>	$m_y$	Beobachtungs- zeitraum
	a	b			
Götteborn	1,36 ± 0,79	0,002 91 ± 0,000 90	3,88	± 0,81	1928 - 63
Dechen-Heinitz	1,83 ± 0,46	0,001 07 ± 0,000 46	2,76	± 0,42	1928 - 63
St. Ingbert	0,13 ± 0,04	0,000 75 ± 0,000 04	0,78	± 0,03	1928 - 58
Viktoria	2,07 ± 0,44	0,000 53 ± 0,000 49	2,53	± 0,44	1928 - 63
Camphausen	0,99 ± 0,24	0,000 25 ± 0,000 27	1,21	± 0,19	1947 - 63
Ensdorf	1,41 ± 0,30	0,000 15 ± 0,000 42	1,54	± 0,25	1946 - 63

### 3. Auswertung der Monatswerte

#### 3.1 Monatsmittel für Niederschlag und Grubenwasser

In Abbildung 5 sind die monatlichen Werte der Wasserhaltungen Götteborn und Camphausen-Franziska und die in Spiesermühle gemessenen Niederschläge aufgetragen. Sehr deutlich heben sich in dieser Darstellung die charakteristische jahreszeitliche Verteilung der Grubenwasser und die unterschiedlichen Zuflußmengen beider Gruben heraus. Besonders herausragend sind die starken Spitzen in Götteborn um die Jahreswenden, während die Camphauser Zuflüsse weitaus geringer und ausgeglichener sind.

Diese Maxima der Grubenwasser-Kurven entsprechen in etwa Spitzen in der Niederschlagskurve. Wo diese Extremwerte in der Niederschlagskurve nicht so ausgeprägt in Erscheinung treten, sind auch die Maxima der Zuflußmengen schwächer ausgebildet. Dies ist besonders deutlich bei den Jahreswechselln 1948/49 und 1953/54 zu erkennen. Das Niederschlagsbild zeigt aber auch Spitzen in den Sommermonaten, es ist im übrigen zu unruhig, um eine sichere Beurteilung zu gewährleisten.

Daher wurden für das vorhandene Zahlenmaterial die Monatsmittel berechnet. Abbildung 6 zeigt diese Mittelwerte für die Gruben Götteborn und Viktoria, Ens Dorf und Camphausen-Franziska. Auch diese Monatsmittel bestätigen zunächst die bei der Untersuchung mit Jahreswerten getroffenen Feststellungen hinsichtlich Größe und unterschiedlichen Abhängigkeit der auf den Gruben zuzitenden Wassermengen. Im übrigen zeigt sich auf allen Gruben die gleiche

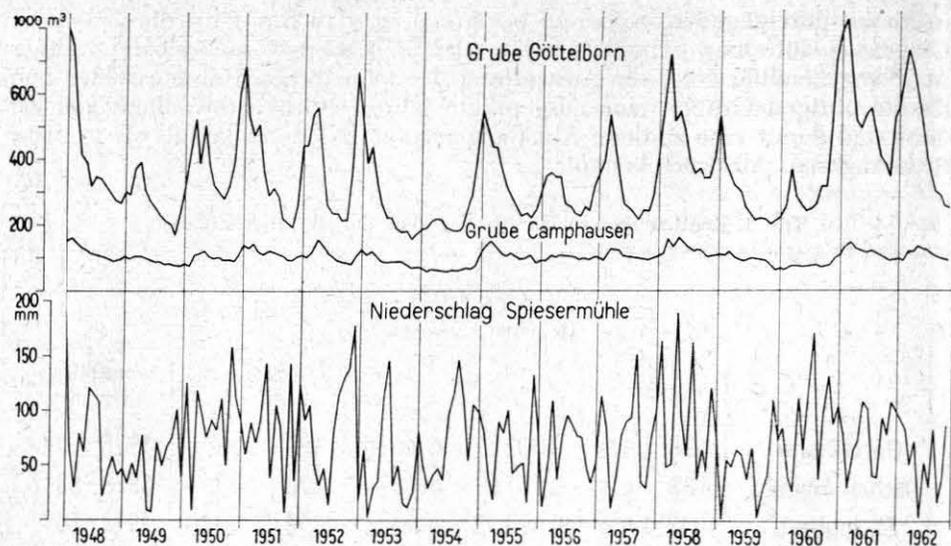


Abb. 5. Monatlich gehobene Wassermengen der Gruben Göttelborn und Camphausen und Niederschlag Spiesermühle.

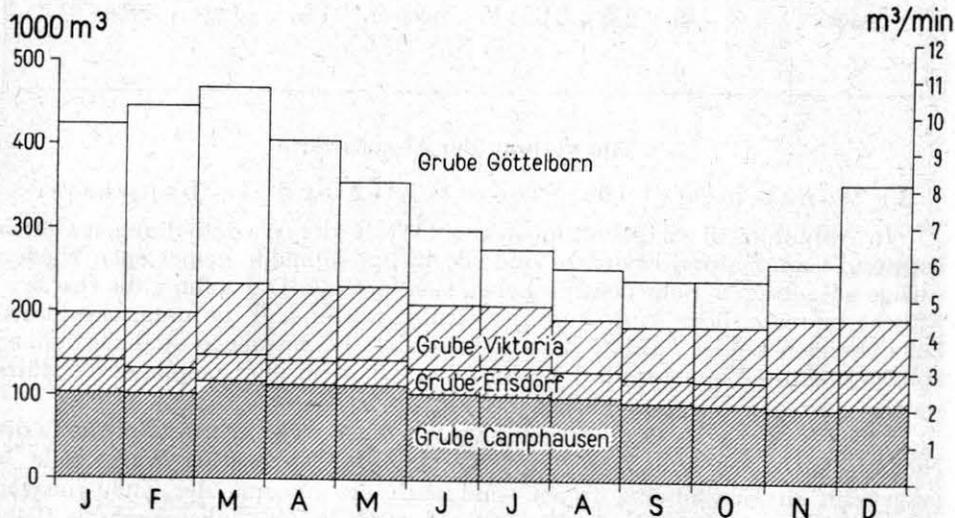


Abb. 6. Monatsmittel der Zuflüsse einiger Gruben.

jahreszeitliche Verteilung: Die größten Zuflüsse fallen im Monat März an, das Minimum liegt in den Monaten September bis November.

Dagegen läßt die monatliche Niederschlagskurve Spiesermühle, die nach Angaben der Wetterwarte für das Saarland charakteristisch ist, in Abbildung 7 auch in den Sommermonaten ein Maximum erkennen, eine Spitze, die in den früher gezeigten Kurven der einzelnen Gruben und auch in dieser Darstellung im Monatsmittel der Saarbergwerke völlig fehlt.

### 3.2 Der Einfluß der Verdunstung

Das Fehlen dieser sommerlichen Regenspitze im Grubenwasser deutet auf einen starken Einfluß der Verdunstung hin, die somit in diese Betrachtungen einbezogen werden muß. Als Maßzahl für die Verdunstung wurde das Sättigungsdefizit  $S$  der Meßstation Saarbrücken übernommen.

Die Monatsmittel

- a) gehobene Grubenwasser Göttelborn
- b) Niederschlag Spiesermühle
- c) Sättigungsdefizit Saarbrücken

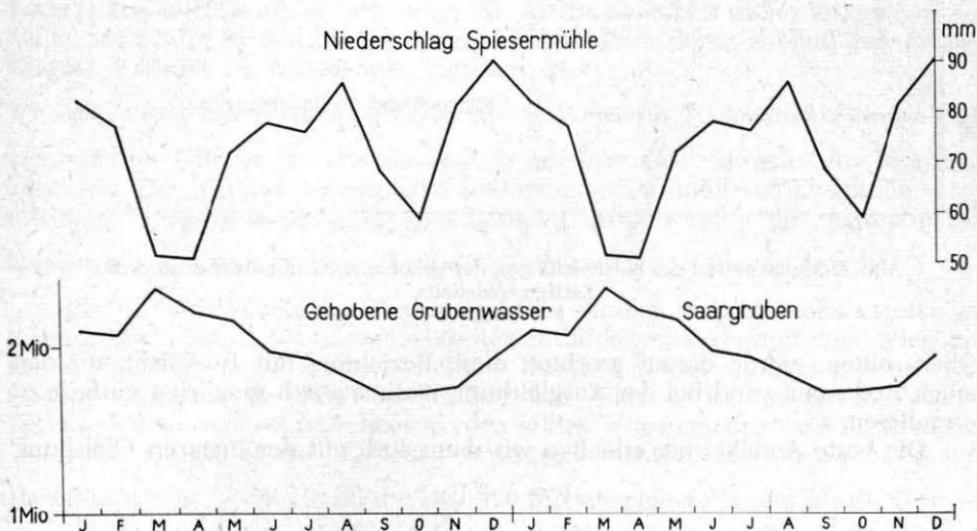


Abb. 7. Monatsmittel der Station Spiesermühle und der Grubenwässer im Saarbergbau.

sind in Abbildung 8 gemeinsam als Doppeljahresperiode dargestellt. Das Maximum der Verdunstung im Monat Juli fällt mit dem Sommerregen zusammen, ihr Minimum im Monat Dezember mit dem Winterregen. Der Höchstwert der untertägigen Zuflüsse folgt 3 Monate später im März. Diese Gegenüberstellung führt zu folgendem grob umrissenen Schluß: Der Versickerungsanteil des Sommerregens wird mehr oder weniger durch die Verdunstung verbraucht. Das Grundwasser erhält in dieser Zeit keinen oder nur wenig Nachschub, und die Zuflüsse unter Tage gehen auf ein Minimum zurück. Der Versickerungsanteil des Winterregens wird nur geringfügig beeinträchtigt und als Folge davon erhöht sich mit einiger Verspätung der Zufluß im Grubengebäude.

### 3.3 Aufstellung einer Näherung für die Abhängigkeit der monatlichen Zuflüsse

Bei den ersten Versuchen, diese Abhängigkeit der Monatswerte formelmäßig zu erfassen, wurde die Differenz ( $N - aS$ ) in Beziehung zum Grubenwasser gesetzt, damit jedoch keine rechte Annäherung erreicht. Erst als der Quotient  $\frac{N}{S}$  zugrunde gelegt wurde, konnte rasch eine brauchbare Näherung gefunden werden. Bei diesen ersten Rechnungen, die Auskunft über Form und Art der Abhängigkeit

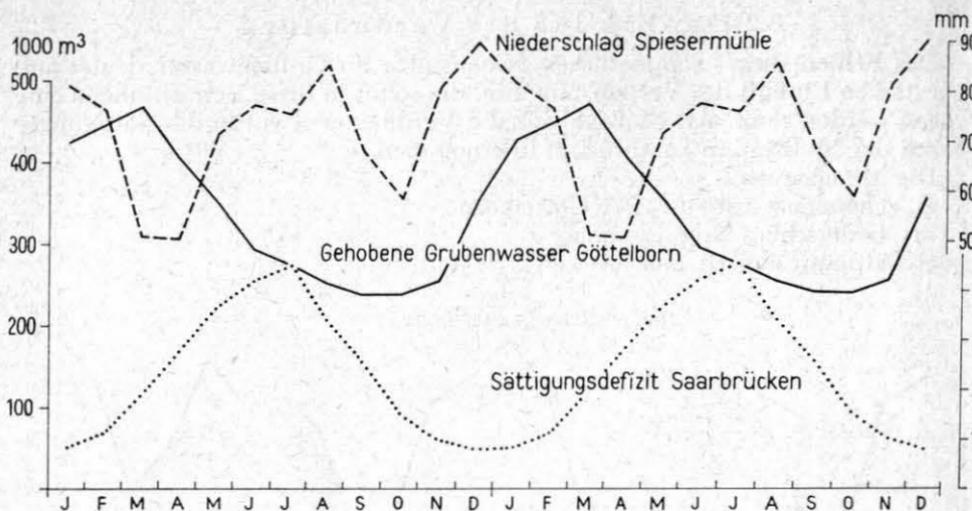


Abb. 8. Monatsmittel des Niederschlages, der gehobenen Grubenwässer und des Sättigungsdefizits.

geben sollten, wurde darauf geachtet, diese Beziehung mit Rücksicht auf den hohen Rechenaufwand bei der Ausgleichung mathematisch möglichst einfach zu formulieren.

Die beste Annäherung erhielten wir dann auch mit der linearen Gleichung

$$y = a + bx$$

wobei  $x$  diesmal die Summe der Quotienten  $\frac{N}{S}$  der Monate 1 bis 4 bedeutet und  $y$  die im Monat 5 zuzitrende Wassermenge.

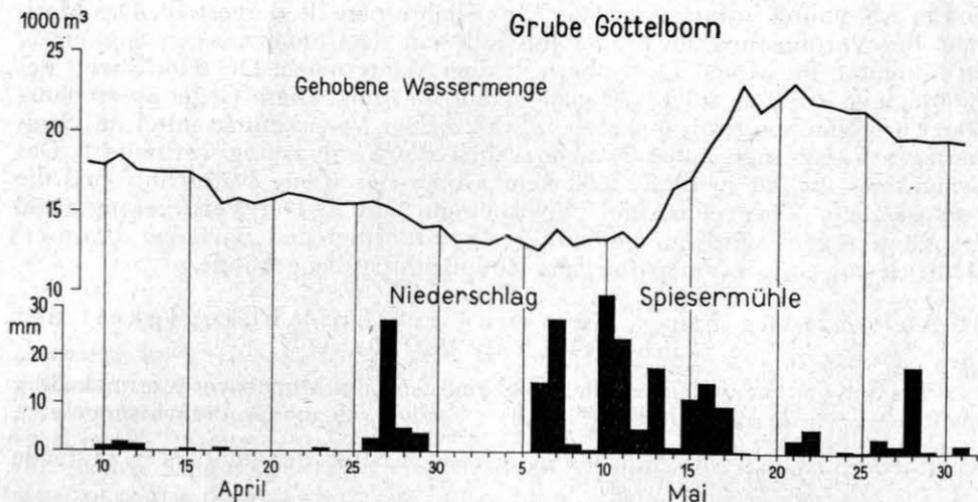


Abb. 9. Tägliche Wasserhebung und Niederschläge April/Mai 1958.

Wie Abbildung 9 an einem Beispiel aus dem Jahre 1958 zeigt, steigen auf Grube Götteborn die untertägigen Zuflüsse nach starken Niederschlägen innerhalb von 8—14 Tagen an und so befriedigte dieser Ansatz trotz des brauchbaren Ergebnisses nicht, da hierbei die Werte für 4 Monate mit dem gleichen Gewicht eingesetzt sind.

Wir haben daher gerne die Möglichkeit ergriffen, im Technischen Rechenzentrum der Saarbergwerke AG wesentlich umfangreichere Berechnungen mit einem allgemeineren Ansatz auf einer elektronischen Rechenmaschine durchführen zu lassen. Dies um so mehr, da hier ein Programm für die mehrfache Regression vorliegt, das nahezu alle Wünsche erfüllt. Als Besonderheit dieses Programms sei die automatische Elimination der Variablen erwähnt, deren Einfluß auf die abhängige Variable statistisch nicht gesichert ist.

Wir haben zunächst für Viktoria die  $\frac{N}{S}$ -Werte für 5 Monate als lineare und quadratische Glieder für die Regression mit dem Grubenwasser für Monat 5 angesetzt. Der Verlauf dieser ersten Rechnung war verblüffend. Durch die automatische Elimination der nicht gesicherten Glieder wurden die quadratischen Glieder alle ausgeschaltet und dazu die  $\frac{N}{S}$ -Werte für die Monate 4 und 5.

Bei der anschließenden Rechnung für 4 Gruben mit 12 Monatswerten in linearer Form wurde für das am weitesten zurückliegende Halbjahr nur gelegentlich ein gesicherter Koeffizient erhalten. Darüber hinaus ergaben sich bei den Gruben Camphausen-Franziska, Ens Dorf und Viktoria für den jeweils letzten Monat, dessen Zuflüsse berechnet werden sollten, keine gesicherten Koeffizienten.

Nach einigen weiteren Proberechnungen haben wir für die abschließende Berechnung die  $\frac{N}{S}$ -Werte für die letzten 6 Monate eingesetzt und für die Gruben außer Götteborn in dem Ansatz

$$y_6 = a_0 + \sum_{i=1}^6 a_i \frac{N_i}{S_i} \quad [y \text{ in } 1000 \text{ m}^3]$$

$a_6 = 0$  gesetzt.

### 3.4 Ergebnisse der Näherungsberechnung

Wir erhielten so die in Zahlentafel 2 eingetragenen Werte. Auch hier zeigen die Koeffizienten  $a_i$  die bereits bekannte unterschiedliche Abhängigkeit der einzelnen Gruben. Ganz deutlich hebt sich Götteborn von den anderen Gruben ab. Am interessantesten ist aber der Vergleich der mit diesen Werten berechneten Zuflüsse mit den tatsächlich monatlich gehobenen Wassermengen. Er ist für den Zeitraum 1948—1962 in den folgenden Darstellungen graphisch durchgeführt.

Für Götteborn und Camphausen zeigt diese Gegenüberstellung in Abbildung 10 eine gute Übereinstimmung. Die Differenzen beider Werte treten bis 1953 mit wechselndem Vorzeichen auf, während sich 1953/54 die negativen Werte anhäufen, d. h. hier ist die berechnete Menge für beide Gruben zu hoch. Ein Vergleich der Niederschlagswerte für diesen Zeitraum ergibt, daß die monatlichen Niederschläge hier für annähernd  $1\frac{1}{2}$  Jahre unter dem langjährigen Monatsmittel liegen. Eine ähnliche Erscheinung tritt auch zum Jahreswechsel 1959/60 auf. Diese Fehlersystematik ist aber nicht so deutlich, daß sie als zusätzliches Glied in die Näherungsberechnung eingesetzt werden kann.

Tab. 2. Koeffizienten für die Abhängigkeit der monatlichen Zuflüsse.

$$y_6 = a_0 + \sum_{i=1}^6 a_i \frac{N_i}{S_i}$$

( $N_i, S_i$  in mm;  $y$  in 1000 m<sup>3</sup>)

	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$m_y$
Göttelborn	142,6	0,63 ± 0,20	0,51 ± 0,22	0,59 ± 0,22	0,80 ± 0,21	1,35 ± 0,21	0,27 ± 0,16	± 93,6
Viktoria	152,9	0,37 ± 0,09	0,12 ± 0,09	0,20 ± 0,09	0,19 ± 0,09	0,11 ± 0,09	0 gesetzt!	± 40,5
Ensdorf	104,6	0,16 ± 0,05	0,05 ± 0,06	0,11 ± 0,06	0,09 ± 0,06	0,12 ± 0,05	0 gesetzt!	± 25,6
Camphausen	75,9	0,07 ± 0,05	0,07 ± 0,06	0,14 ± 0,06	0,09 ± 0,06	0,06 ± 0,05	0 gesetzt!	± 24,8

Für Göttelborn ändert sich das Fehlerbild schlagartig ab Ende 1960. Die berechneten Werte liegen wesentlich und ausschließlich niedriger als die gehobenen Zuflüsse. Zu diesem Zeitpunkt ist aber auch eine Änderung des Grubengebäudes in hydrologischer Hinsicht eingetreten. Durch Abbau von Restpfeilern im Feld einer Nachbargrube wurde Verbindung mit alten oberflächennahen Abbauen hergestellt und ein Teil der dort zuzitenden Grubenwasser nach Göttelborn abgeleitet. Dadurch ist eine Neuberechnung der Koeffizienten notwendig.

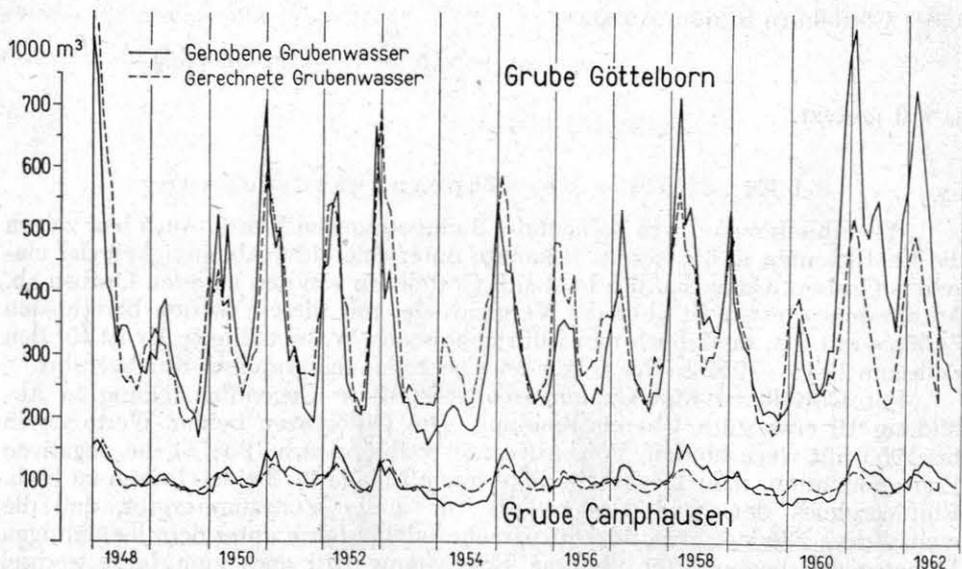


Abb. 10. Vergleich der berechneten und gehobenen Grubenwässer für Göttelborn und Camphausen.

Da jedoch nur die Werte der entfernten Stationen Spiesermühle und Saarbrücken vorliegen, reicht das gegenwärtige Zahlenmaterial der Jahre 1961/62 nicht aus, die Neuberechnung soll später erfolgen.

Der Vergleich der berechneten und gehobenen Wassermengen für die Gruben Viktoria und Ensdorf ist in Abbildung 11 durchgeführt. Auch hier stimmt der Kurvenverlauf bis auf geringe Abweichungen überein. Beide Gruben sind am weitesten von den angezogenen Meßstationen entfernt, und so können die gelegentlich über längere Zeit gleichsinnig auftretenden Differenzen auch durch örtlich veränderte klimatische Bedingungen erklärt werden. Für diese Art der Untersuchung wäre es am günstigsten, wenn innerhalb der einzelnen Grubenfelder eigene Meßstationen betrieben würden.

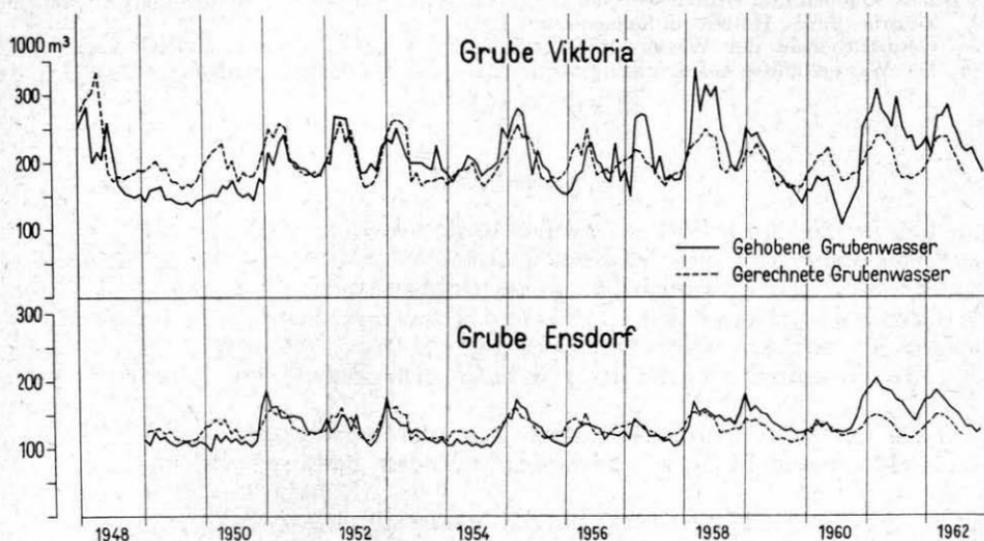


Abb. 11. Vergleich der berechneten und gehobenen Grubenwässer für Viktoria und Ensdorf.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben—ausgehend von dem uns zugänglichen Beobachtungsmaterial—für einige Gruben des Saarreviers die unterschiedliche und jeweils charakteristische Abhängigkeit der Zuflüsse vom Niederschlag für Jahres- und Monatswerte zahlenmäßig erfaßt. Die Ergebnisse zeigten, daß die Berechnung mit Monatswerten einen besseren Einblick in diese Abhängigkeit vermittelt als die mit Jahreswerten. Diese Berechnungen sind nun für die übrigen Gruben durchzuführen und sollten einen möglichst großen Zeitraum erfassen. Anhand nur weniger Monatswerte ist diese Abhängigkeit nicht zu sichern, und der erhebliche Rechenaufwand läßt sich mit elektronischen Rechenmaschinen elegant bewältigen. Ziel dieser Berechnungen ist, die erhaltenen Koeffizienten in Beziehung zum Grubengebäude zu setzen und so das Einzugsgebiet einer Grube zu erfassen.

Für die hier untersuchten Gruben ist es uns bisher nicht gelungen, dieses Ziel mit der gewünschten Genauigkeit zu erreichen. Unsere Ergebnisse deuten

darauf hin, daß Größe und Teufe des Grubengebäudes nicht ausschlaggebend für die Abhängigkeit der Zuflüsse vom Niederschlag sind, sondern Größe, Alter und Entfernung der oberflächennahen Baue zum übrigen Grubengebäude Höhe und Verteilung der Zuflüsse wesentlich beeinflussen. Fehlen diese oberflächennahen Baue, z. B. infolge einer starken Buntsandsteinüberlagerung, sind die Zuflüsse und ihre Schwankungen gering.

#### Schriften

- KUKUK: Grundwasser und Bergbau im niederrhein.-westf. Bezirk. — Glückauf, S. 645, 1933.  
LOOS: Untersuchung der hydrologischen Verhältnisse der Grube Altenwald. Diplomarbeit 1954.  
NIEDER: Geschäftsbericht der Wasserwirtschaftsstelle der Westfäl. Berggewerkschafts-Kasse 1950.  
SEMMLER: Quellen und Grundwasser im Deckgebirge des Saarbrücker Steinkohlenvorkommens. Zeitschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1940.  
— Geschäftsbericht der Wasserwirtschaftsstelle der Westfäl. Berggewerkschafts-Kasse 1951.  
— Die Wasserzuflüsse auf den Saargruben 1928—1947. — Bergbaurundschau 3/1953.

Becker, H. (1964): Hydrogeologische Beobachtungen beim Abteufen des Warndtschachtes der Saarbergwerke AG – Ein Wassereinbruch im Gefrierschachtteil. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 115-130; 13 Abb.

## **Hydrogeologische Beobachtungen beim Abteufen des Warndtschachtes der Saarbergwerke AG<sup>1)</sup>**

(Veröffentlichung aus der Geologischen Abteilung der Bergschule zu Saarbrücken, Saarbergwerke AG)

### **(Ein Wassereinbruch im Gefrierschachtteil)**

Mit 13 Abbildungen

VON HANS BECKER \*)

#### **I. Einleitung**

Im Zuge der Rationalisierungsmaßnahmen — Stilllegung älterer und unrentabler Gruben im Ostteil des Saarkohlenreviers (Abb. 1), Zusammenlegung einzelner Zechen zu Großverbundanlagen — und der schrittweisen Übernahme der Pachtfelder im Warndt von den Houillères du Bassin de Lorraine (Abb. 2) stellte sich der Saarbergwerke AG die Aufgabe, im kohlenreichen Westteil des Reviers, dem Warndt, eine neue Schachtanlage zu errichten.

Als Schachtansatzpunkt wählte man eine Stelle nördlich des Ortes Karlsbrunn. Geologisch gesehen, steht der Schacht auf der SE-Flanke des Merlenbacher Sattels (Abb. 2).

Die z. T. stark wasserführenden Deckschichten des Karbons (rd. 293 m Buntsandstein und Rotliegendes) wurden im Gefrierverfahren durchteuft. Hierzu wurden 38 Gefrierbohrlöcher bis 348 m und ein Mittelbohrloch bis 320 m Teufe gestoßen. Die Gefrierbohrlöcher reichten also rd. 53 m ins Karbon, da, wie eine in der Nähe stehende Aufschlußbohrung zeigte, die oberen Karbonschichten (ehemalige Landoberfläche) sehr stark aufgelockert waren. Neben diesen Gefrierlöchern wurden noch 4 Temperaturmeßlöcher in 1 m Abstand vom Gefrierlochkreis und je 1 Meßloch in Abständen von 2 und 3 m vom Gefrierlochkreis in Teufen zwischen 90 und 320 m niedergebracht.

Beim Bohren der Gefrierlöcher kam zunächst eine Bohrturbine zum Einsatz. Wegen der erheblichen Bohrlochabweichungen ging man jedoch nach mehreren Versuchen (Mittelloch, Gefrierlöcher 33, 35 und 37) zum Schlagbohren über.

Rund 4 Wochen, nachdem die Gefrierrohre an den Laugenumlauf angeschlossen und die Kühlmaschine stufenweise in Betrieb genommen war, begann man am 23. April 1959 mit dem Abteufen.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten anlässlich der Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1964 in Essen.

\*) Anschrift des Autors: Dipl.-Geol. H. BECKER, Geologische Abteilung der Bergschule zu Saarbrücken, Saarbergwerke AG.

## II. Das Deckgebirge im Warndtschacht

Wie bereits kurz erwähnt, wird das Karbon im Warndtschacht von Buntsandstein (Mächtigkeit = 226,50) und Rotliegendem (Mächtigkeit = 66,25 m) überlagert (Abb. 3).

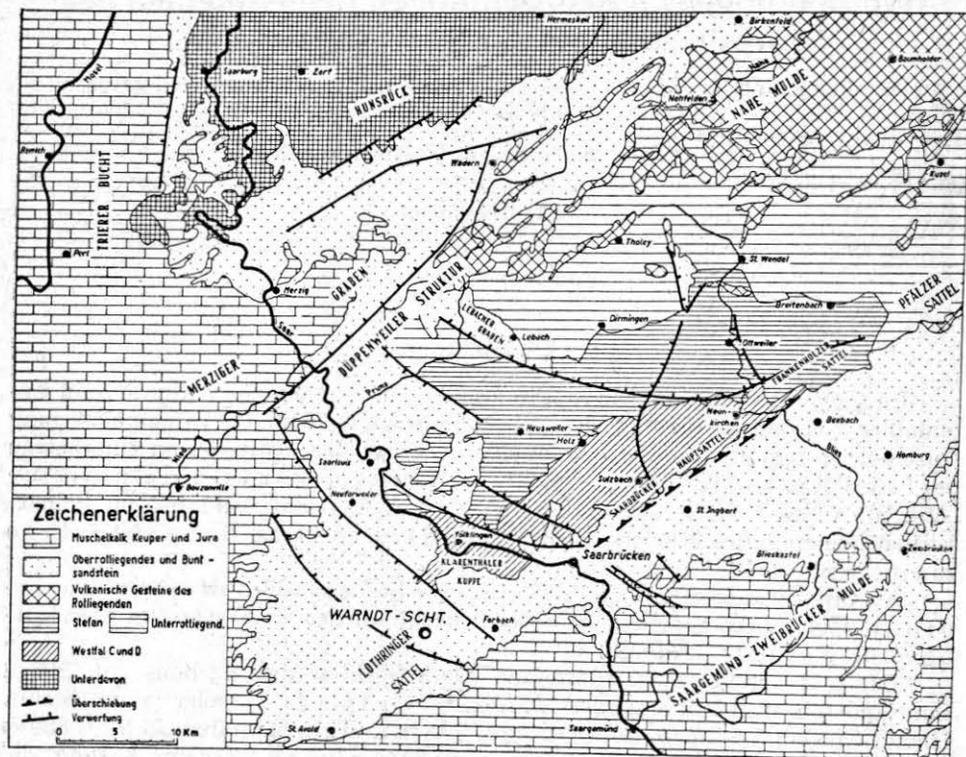


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte des Saarlandes <sup>1)</sup>.

### a) Buntsandstein

Im Warndtschacht wurde nur Mittlerer Buntsandstein durchfahren. Vom Liegenden zum Hangenden betrachtet, setzt er sich aus folgenden Einheiten zusammen:

#### 1. sm<sub>1a</sub>

Seine Mächtigkeit beträgt rd. 91 m.

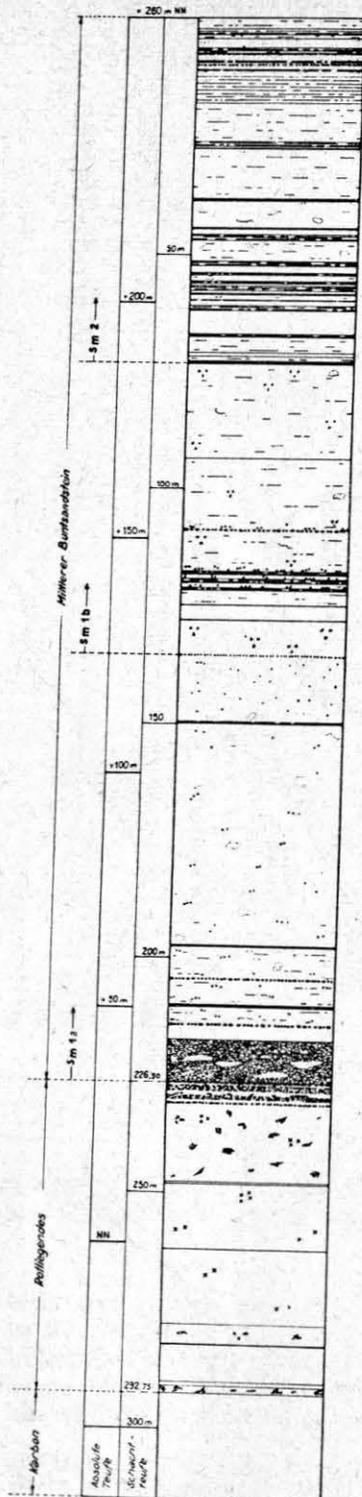
Das etwa 9 m mächtige Basiskonglomerat wird von stark geröllführenden Mittel- bis Grobsanden überlagert, denen vereinzelt noch dünnere Konglomeratlagen und bis zu 50 cm mächtige, sandige Tonlagen eingeschaltet sind. Zum Hangenden hin wird die Geröllführung schwächer.

<sup>1)</sup> Der Firma HANIEL & LUEG, Düsseldorf, und Herrn ROSCH, Betriebsführer der Warndtschachtanlage, danke ich für die Erlaubnis, ihre Unterlagen im Rahmen dieses Vortrages verwenden zu dürfen.



# Normalprofil durch das Deckgebirge im Warndtschacht

0 10 20 30 40 50 m



## Zeichenerklärung:

- Sandstein
- o o Δ Konglomerat, Fänglomerat
- Lettenstreifen
- xx Eruptivgerölle
- Eisen\*-Streifen u. Ringe
- .. Mangannester u. streifen

Abb. 3.

2. sm<sub>1b</sub>

Er ist rd. 61,5 m mächtig.

Seine Basis wird von einem geröllfreien Sand, der kleine Mangan-Nester enthält, gebildet. Kennzeichnend für den sm<sub>1b</sub> ist, daß die Geröllführung nur noch auf ganz wenige Horizonte beschränkt ist und daß der Tonanteil, meist in Form dünner, rasch auskeilender Tonstreifen, gegenüber dem sm<sub>1a</sub> zugenommen hat.

3. sm<sub>2</sub>

Von ihm wurden im Schacht noch rd. 74 m durchteuft. Er besteht aus Fein- und Mittelsanden mit einem starken Tonanteil. Kennzeichnend für ihn ist das häufige Auftreten von Tonlagen.

## b) Rotliegendes

Das Rotliegende (66,25 m mächtig) ist in der Fazies der Waderner Schichten (ro<sub>1</sub>) vorhanden.

Lagen dicht gepackter Fanglomerate aus vorwiegend quarzitischem Material wechsellagern mit Sandsteinen. Gegen die Basis zu nimmt der Fanglomeratgehalt ab. Sandsteine und fanglomeratische Sandsteine bestimmen das Bild. Die Basis selbst ist wiederum stark fanglomeratisch. Melaphyrbrocken, z. T. sehr dick, meist jedoch völlig zersetzt, finden sich im ganzen Profil. Die Fanglomerate sind wenig gebunden und sind meist in einer intensiven roten, stark tonigen Grundmasse eingebettet, wie überhaupt für das gesamte ro<sub>1</sub>-Profil des Warndtschachtes der starke Tongehalt zu betonen ist.

## III. Das Abteufen

Am 2. Juni 1959 wurde bei 43 m Teufe der Grundwasserspiegel durchfahren.

Mit zunehmender Teufe traten aus dem Mittelloch geringe Wasserzuflüsse aus, die man zunächst noch als Verdrängungswasser, bedingt durch die zunehmende Ausbildung des Frostkörpers, ansprach. Ab Mitte Juli etwa verstärkte sich jedoch der Zufluß (Abb. 4). So wurde z. B. am 13. Juli bei einer Schachteufe von 116 m eine erste Spitze im Wasserzufluß von 35 l/min festgestellt, was einer Förderung von rd. 2 m<sup>3</sup>/h entspricht.

Beim weiteren Abteufen stiegen auch die Zufüsse an, und am 30. Juli, bei einer Schachteufe von 142 m, wurden die Abteufarbeiten erstmals eingestellt. Der Zufluß betrug zu diesem Zeitpunkt bereits mehr als 3 m<sup>3</sup>/h. Die Abteufleistung war infolge des verstärkten Wasseranfalles auf 1 m/Tag gesunken gegenüber 2—2,5 m/Tag bei normalem Verlauf der Arbeiten (Abb. 4).

Bereits vorher (25. 7.) hatte man zur Stärkung des unteren Teils des Frostkörpers den Laugenumlauf umgestellt. Während ursprünglich die gekühlte Lauge im äußeren Ringraum zwischen Gefrier- und Fallrohr einfiel und im Fallrohr anstieg, fällt, bei der Umstellung auf den normalen Umlauf, die Lauge durch das Fallrohr ein und steigt im Gefrierrohr hoch.

Zur Abdichtung der Wasserzuflüsse wurde dann das Mittelrohr auf eine Länge von rd. 168 m gezogen und das Mittelloch verpreßt. Als Folge dieser Arbeiten hörte der Wasserzufluß weitgehend auf. Die geringen austretenden Wassermengen (2—3 l/h) wurden mit dem Haufwerk zusammen gefördert (Abb. 4).

Das austretende Wasser stammte im wesentlichen aus den Vorbohrlöchern, die aus Sicherheitsgründen von der Schachtsohle aus jeweils bis zu 20 m tief gebohrt und anschließend wieder mit Zementtrübe verpreßt wurden.

Mit dem weiteren Abteufen verstärkte sich wieder der Zufluß.

Am 11. September z. B. betrug er rd.  $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$  (Abb. 5). Wiederum wurde der Teufbetrieb eingestellt (Schachtteufe 204 m).

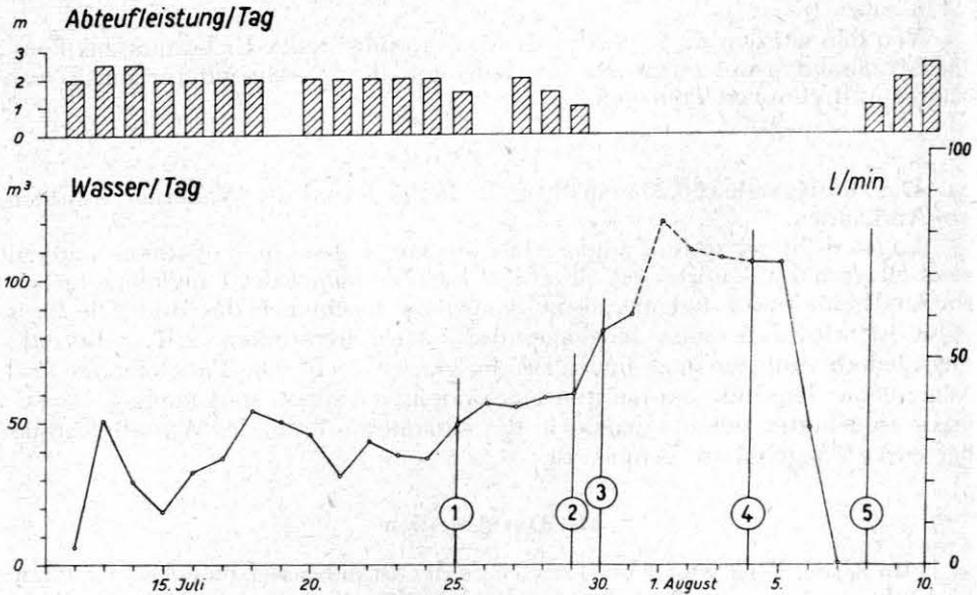


Abb. 4. Verlauf der Arbeiten zum Abdichten des Wassereintruchs. (1) Umstellen des Laugenumlaufes zur Stärkung des Frostkörpers im unteren Gefrierteil. — (2) Abteufarbeiten eingestellt. — (3) Ziehen des Mittelrohres auf rund 168 m Länge. — (4) Beginn der Abdichtungsarbeiten am Mittelloch; rund 316 Sack Zement werden eingepreßt. Nur noch ganz geringer Wasserzufluß (2—3 l/h). — (5) Wiederaufnahme des Abteufbetriebes

Zur Lokalisierung des Wasserzuflusses wurden 9 Bohrlöcher niedergebracht und anschließend zementiert. Es zeigte sich, daß die am westlichen Stoß stehenden Löcher ab einer Teufe von 206 m Wasser (+  $8^\circ \text{C}$ ) brachten, während die nördlich gelegenen Löcher zunächst trocken blieben. Damit war die Einbruchsstelle festgelegt. Weiterhin konnte infolge Eisbildung in den westlichen Bohrlöchern festgestellt werden, daß ab ungefähr 210 m Teufe das Gebirge wieder gefroren war (vgl. auch die Ergebnisse der Messungen aus Temperaturmeßloch T 2, Abb. 6).

Durch das ständig zuffließende Wasser dehnte sich die Frostlücke immer wieder aus, und zwar hauptsächlich nach Norden (Abb. 7).

Mit Hilfe einer „Schrägschürze“ (18 Löcher wurden im Abstand von 10 bis 20 cm schräg nach unten in den Stoß gebohrt und verpreßt) versuchte man den Wasserzufluß zu unterbinden. Doch brachten die Verpreßarbeiten keinen Erfolg, da der Zement beim Eindringen in den Poren des Buntsandsteins sofort ausfiltriert und so nur das Bohrloch selbst verfüllt wurde.

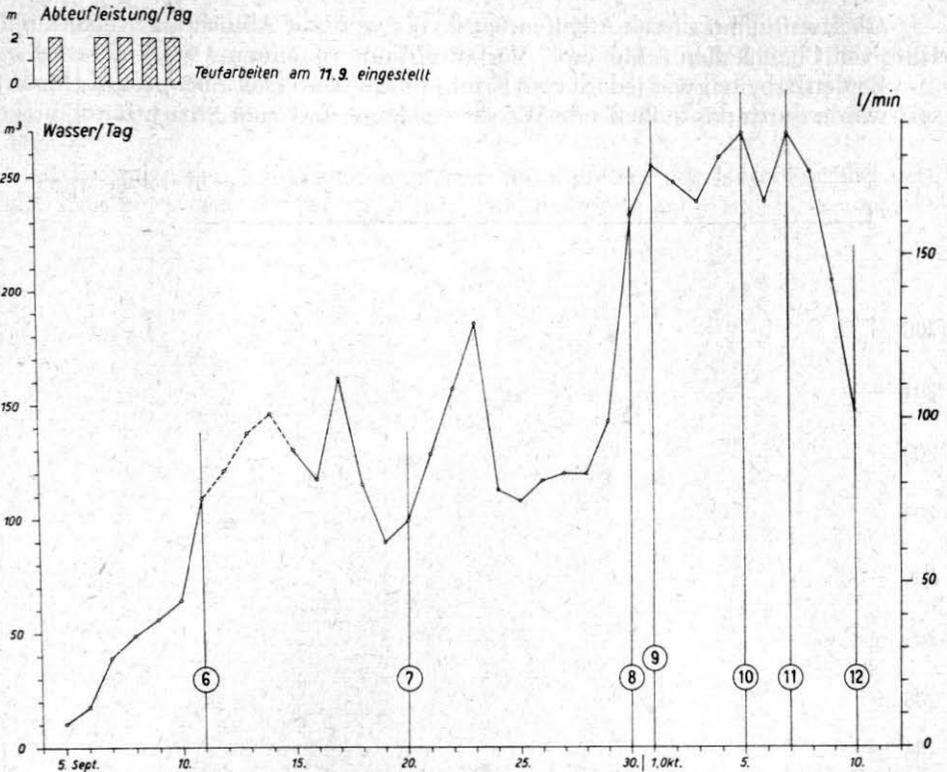


Abb. 5. Verlauf der Arbeiten zum Abdichten des Wassereintruchs. (6) Abteufarbeiten eingestellt! Arbeiten zur Erkundung der Wassereintruchsstelle beginnen: 9 Bohrlöcher ( $\varnothing$  62 mm) mit einer Teufe von 10—20 m werden niedergebracht. Die am westlichen und nordwestlichen Schachtstoß angesetzten Löcher bringen zwischen 206 und 208 m Teufe Wasser. Sie werden mit Zementmilch verpreßt. — (7) Beginn der Arbeiten zum Herstellen einer „Schrägschürze“; 1. Versuch, die Wassereintruchsstelle abzudichten: Es werden insgesamt 19 Bohrungen ( $\varnothing$  42 mm) mit einer Teufe zwischen 4,20 und 6,75 m niedergebracht und verpreßt. Temperaturmessungen in den Bohrlöchern zeigen, daß die Temperatur der zufließenden Wasser immer mehr ansteigt, von  $+4^{\circ}\text{C}$  auf  $+11^{\circ}\text{C}$ . Der nicht gefrorene Teil des westlichen Schachtstoßes weitet sich, vom Gefrierloch 34 ausgehend, nach Norden aus. — (8) Mittels 9 zusätzlicher Gefrierbohrungen auf der Schachtsohle ( $\varnothing$  124 mm, Tiefe rund 6 m) versucht man den Frostkörper zu schließen. Erfolglos. — (9) Beginn des Verpressens mit Chemikalien („Monosol“-Verfahren): 18 Bohrlöcher ( $\varnothing$  42 mm, Tiefe 4,00—6,75 m) werden von der Schachtsohle aus mit einem Einfallen zum Stoß hin niedergebracht; weitere 8 Löcher ( $\varnothing$  42 mm, Teufe 4,00 m) werden mit einer Neigung von  $60^{\circ}$  oberhalb der Sohle im Seitenstoß gebohrt. Rund 7000 l „Monosol“ werden eingepreßt. — (10) Abdichtungsversuch mit Chemikalien erfolglos eingestellt. — (11) Man beschließt, den Wasserzufluß mit Hilfe eines Betonklotzes abzudichten und die Frostlücke mittels zusätzlicher Gefrierrohre vom Betonklotz aus zu schließen. — (12) Pumpe eingebaut. Wasserförderung mit Kübeln eingestellt.

Inzwischen stieg der Wasserzufluß weiter an (5—6 m<sup>3</sup>/h), ebenso die Wassertemperaturen ( $+11^{\circ}\text{C}$ ).

Mittels 9 zusätzlicher Gefrierbohrungen auf der Schachtsohle bis zu einer Teufe von 210 m (gefrorener Gebirgstiel) versuchte man, die sich immer mehr aufweitende Frostlücke zu schließen.

Gleichzeitig mit diesen Arbeiten wurde ein weiterer Abdichtungsversuch mit Hilfe von Chemikalien („Monosol“-Verfahren) unternommen.

Beiden Arbeiten war jedoch kein Erfolg beschieden. Das eingepreßte „Monosol“ wurde durch das zufließende Wasser verdünnt und zum Schachtmittelpunkt

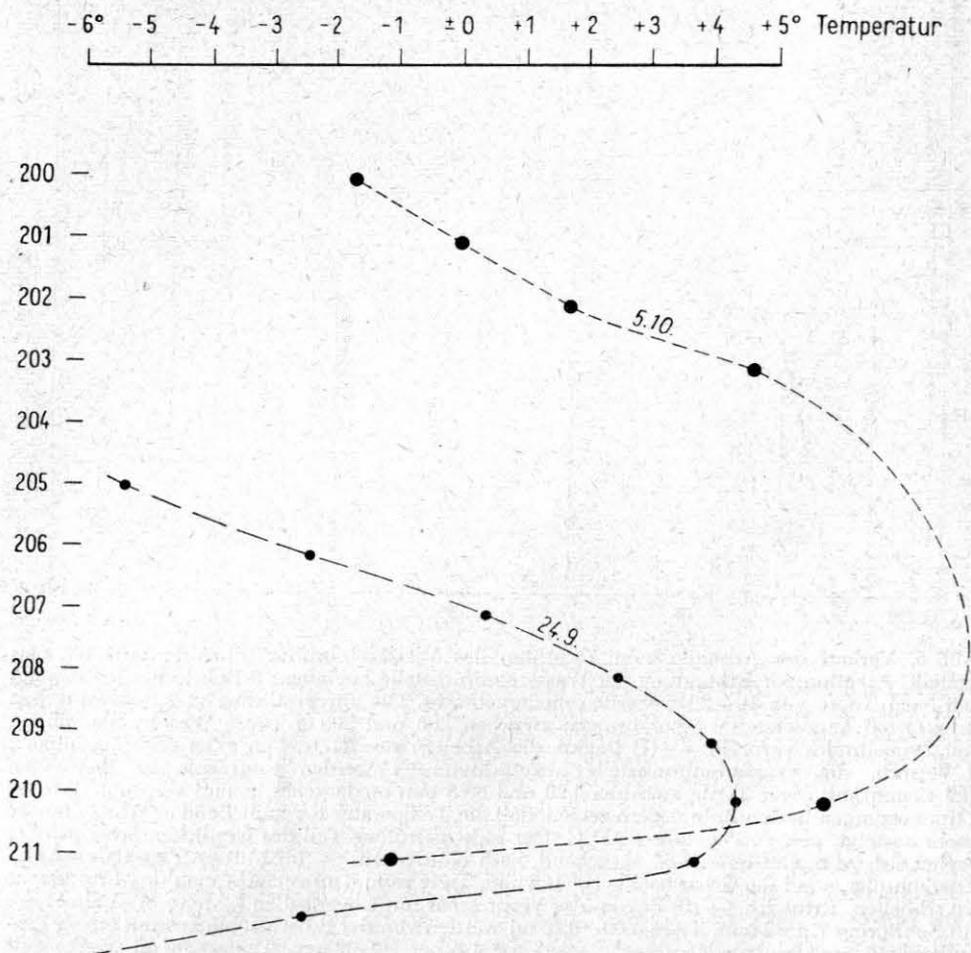


Abb. 6. Temperaturmessungen Bohrung T 2.

hin verdrängt, so daß statt einer Abdichtung des Schachtstoßes eine Abdichtung des Schachtkernes eintrat.

Auch das zusätzliche Gefrieren von der Schachtsohle aus führte zu keinem Erfolg. Mit Hilfe der Kältemaschinen, deren Maximalleistung bei  $10^{\circ}$  kcal/h lag, konnte das zufließende Wasser, dessen Zufluß im Laufe des Oktobers auf 11 bis  $14 \text{ m}^3/\text{h}$  anstieg, bei einer Temperatur von  $+11^{\circ}$  C, nicht gefroren werden. Es wurde lediglich eine Temperaturerniedrigung auf  $+7^{\circ}$  C erzielt.

Da also das Wasser auf diese Art weder eingefroren noch die Frostlücke abgedichtet werden konnte, entschloß man sich, den Wasserzufluß mit Hilfe eines Betonklotzes auf der Schachtsohle zum Stillstand zu bringen, und die Frostlücke durch zusätzliche Gefrierrohre von diesem Betonklotz aus zu schließen (Abb. 7).

Hierzu wurden zunächst die unteren Schachtmeter mit Hochofensplitt verfüllt. Darüber wurde ein rd. 3 m dicker, kalottenförmig ausgebildeter Betonklotz

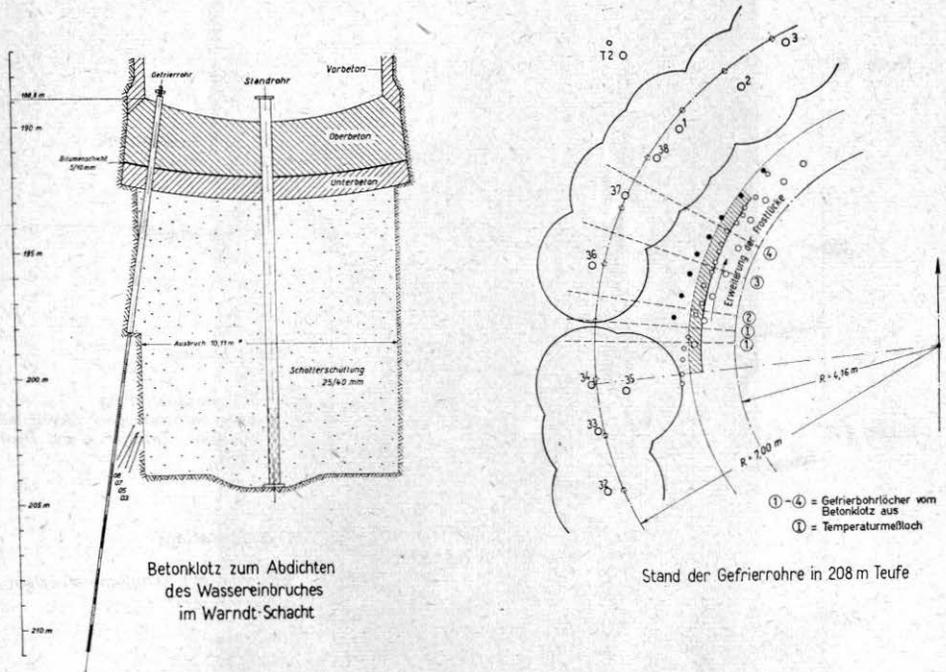


Abb. 7.

gelegt, der unter dem Fuß des letzten Vorbetonabschnittes verankert wurde. Zur Hebung des weiterhin zufließenden Wassers wurde der verfüllte Schachtteil mit einem perforierten Mittelrohr versehen, in das eine Tauchpumpe eingehängt wurde. Die zusätzlichen Gefrierbohrungen vom Betonklotz aus wurden bis zu einer Teufe von rd. 212 m niedergestoßen.

Ausgehend von der Temperaturentwicklung im Bereich der Frostlücke unternahm man am 25. November 1959 den Versuch, den Druck des unter dem Betonklotz anstehenden Wassers von 13,4 atü auf 0 atü unter Abzug einer stets gleichbleibenden Wassermenge abzubauen. Der Versuch glückte. Man konnte so annehmen, daß die Frostlücke geschlossen war.

Nach Entfernung des Betonklotzes und der Splittfüllung konnte am 9. Dezember 1959, also nach rd. 3-monatiger Unterbrechung, mit dem Weiterabteufen fortgefahren werden.

# Warndt - Schacht

## Geologische Situation im Bereich des Wassereinbruchs

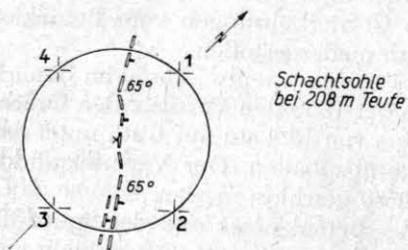
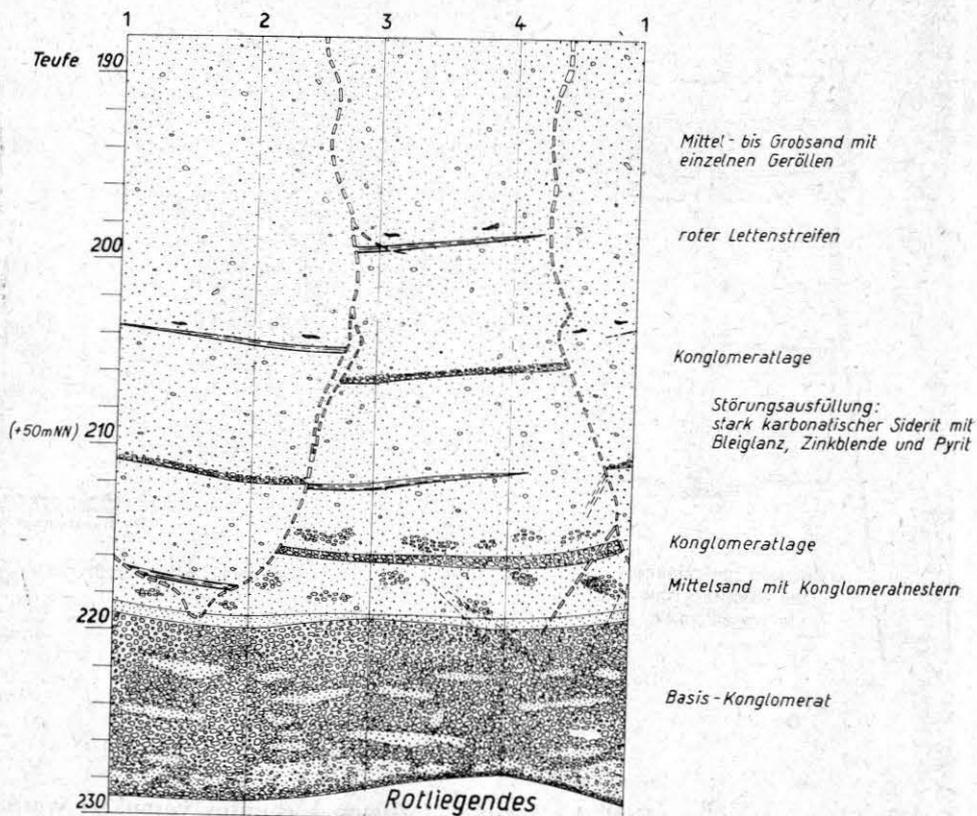


Abb. 8.

#### IV. Ursachen des Wassereintrittes

##### a) Die geologische Situation im Bereich des Wassereintrittes

1. Die in diesem Bereich anstehenden Schichten des  $sm_{1a}$  bestehen aus geröllführenden, teilweise schräggeschichteten Mittel- bis Grobsanden, denen 2 dünne Tonlagen und 2 Konglomeratbänke eingelagert sind. An der Basis

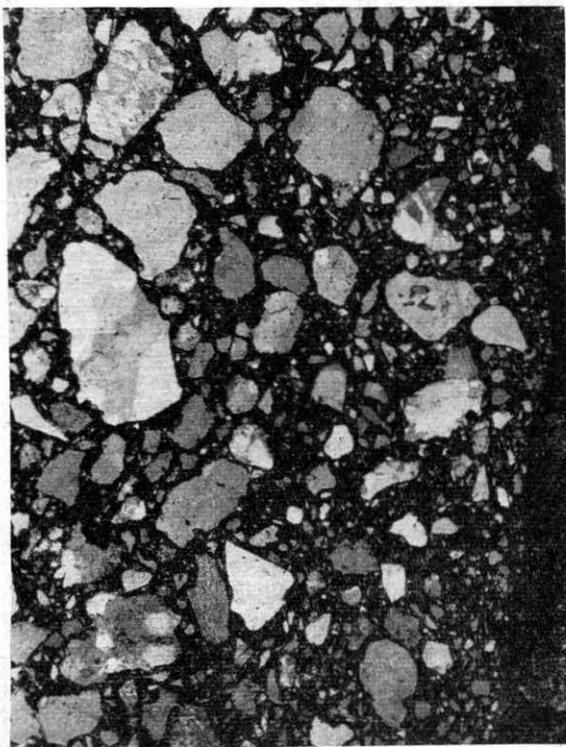


Abb. 9. Dünnschliff. Zeigt den Kontakt-Sandstein — Störung. Interessant ist die schmale kataklatische Zone im Sandstein direkt am Kontakt (Vergrößerung 25,5fachi).

dieser Sande macht sich eine Zunahme der Geröllführung in Form kleinerer Konglomeratnester bemerkbar. Unterhalb eines 20—70 cm starken geröllfreien Sandes setzt dann mit scharfem Schnitt das Basiskonglomerat ein mit einer Mächtigkeit zwischen 7,80 und 10 m (Abb. 3 und 8).

2. Der Buntsandstein wird von Rotliegendem in der Fazies der Waderner Schichten ( $ro_1$ ) unterlagert (Abb. 3). Sie beginnen mit dicht gelagerten Fanglomeraten, die in eine dunkelrote, stark tonige Grundmasse eingebettet sind. Eruptivgerölle, überwiegend Melaphyr, sind sehr häufig. Die z. T. bis zu einem Meter langen und etwa 60 cm dicken Melaphyrbrocken sind völlig zersetzt. Die Grundmasse ist ganz in Ton umgewandelt. Beim Kippen auf die Halde zerfließen sie und lediglich die Blasenfüllungen (Calcitmandeln) bleiben erhalten.

3. Etwa ab einer Teufe von 145 m wird der Schacht von einer Störung geschnitten, die zunächst NNW—SSE streicht. Der Verwurf beträgt hier 50 cm. In einer Schachtteufe von 208 m streicht die Störung ziemlich genau NW—SE, bei einem Einfallen von  $65^\circ$  nach NE, der Verwurfsbetrag hat sich auf 5,40 m erhöht. Bei einer Teufe von 219,5 m geht die Störung aus dem Schacht (Abb. 8). Die Störung war völlig mit stark karbonatischem Siderit verheilt. Die Mächtigkeit der Störungsausfüllung schwankte zwischen 40 cm und einigen Millimetern.

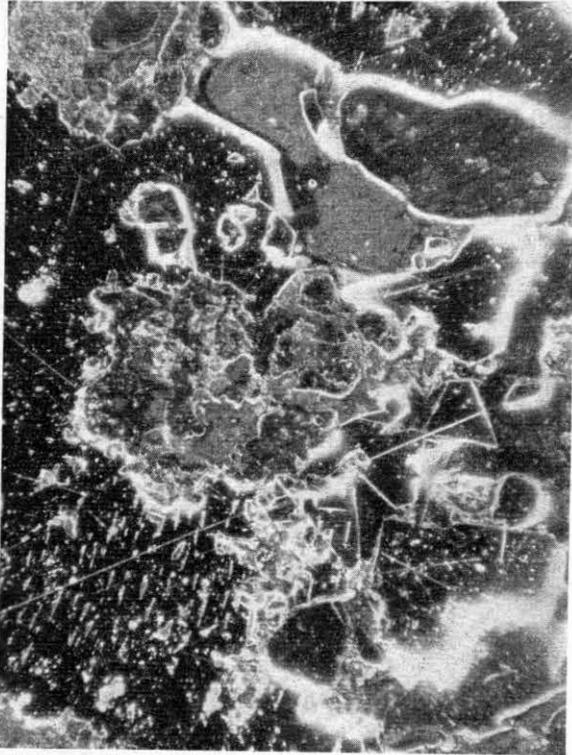


Abb. 10. Anschliff. Zeigt Bleiglanz, z. T. gut kristallisiert (Vergrößerung 38,5fach).

Untergeordnet traten noch Bleiglanz (Abb. 10), Zinkblende (Abb. 11) hauptsächlich im Sandstein oder Mylonit und Pyrit (Abb. 12 und 13) auf, letzterer dabei in Form von Konkretionen im Sandstein (Abb. 12 zeigt einen Ausschnitt daraus), wobei der Sandstein nach Art der Knottenerze verkittet wurde. Abb. 13 zeigt daneben noch die Sprengung einzelner Mineralkörner durch das Erz und die Verdrängung von Feldspat durch Pyrit.

#### b) Das Abweichen der Gefrierbohrlöcher

Wie bereits erwähnt, wurden zu Beginn die Gefrierbohrlöcher mittels Bohrturbinen niedergebracht. Doch stellte man wegen des starken Abweichens bald auf das Schlagbohren um. Abb. 7 zeigt den Stand der Gefrierlöcher in 208 m Teufe. Auffällig ist dabei das starke Abweichen des mit der Turbine gebohrten

Loches 35. Bei Betrachtung des z. Z. des Teufbetriebes bei ungefähr 208 m wirksamen Kühlmantels der einzelnen Gefrierlöcher, fällt auf, daß zwischen Loch 34 und 36, bedingt durch den Ausfall von Loch 35, eine schmale, nicht gefrorene Zone auftritt.

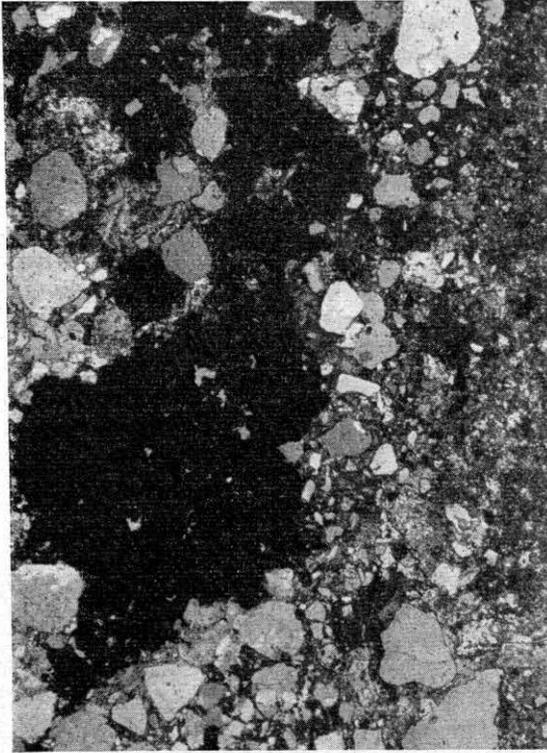


Abb. 11. Dünnschliff. Zeigt Sandstein im Kontakt zum Kittmittel (Siderit). Zinkblende findet sich im Sandstein (Vergrößerung 25,5fach).

### V. Schlußfolgerungen

Die Ursachen für den Wassereintrich dürften also in den folgenden Gegebenheiten zu suchen sein:

1. Der Buntsandstein bildet im Saargebiet auf Grund seiner Porosität, bedingt durch das Fehlen fast jeglichen Bindemittels den weitaus wichtigsten Grundwasserträger.

2. Das den Buntsandstein unterlagernde Rotliegende stellt im Bereich des Warndtschachtes wegen seines starken Tongehaltes einen Grundwasserstauer dar. Hierzu schreibt z. B. SEMMLER: „Die in die Tiefe versinkenden Wasser sammeln sich auf der nächsten wasserundurchlässigen Schicht oder stauen sich über einer verhältnismäßig schwerer durchlässigen Schicht. Da sich in der Schichtenfolge auch öfter Ton- und Lettenlagen einstellen, kommt es örtlich zur Ausbildung von Grundwasserhorizonten, aus denen beim Austreichen an der Tagesoberfläche Quellen austreten. In der Tiefe machen sich diese Horizonte bei Wasser-

bohrungen durch eine plötzlich verstärkte Wasserlieferung bemerkbar. Fehlen aber solche wasserstauenden Einlagerungen, dann sinken die eindringenden Wässer bis auf die das Steinkohlengebirge oder das Rotliegende überlagernde und abdichtende Tonschicht ab und sammeln sich hier zum stärksten und verbreitetsten Grundwasserhorizont des ganzen Buntsandsteingebirges.“

Genau dies traf für den Warndtschacht zu.

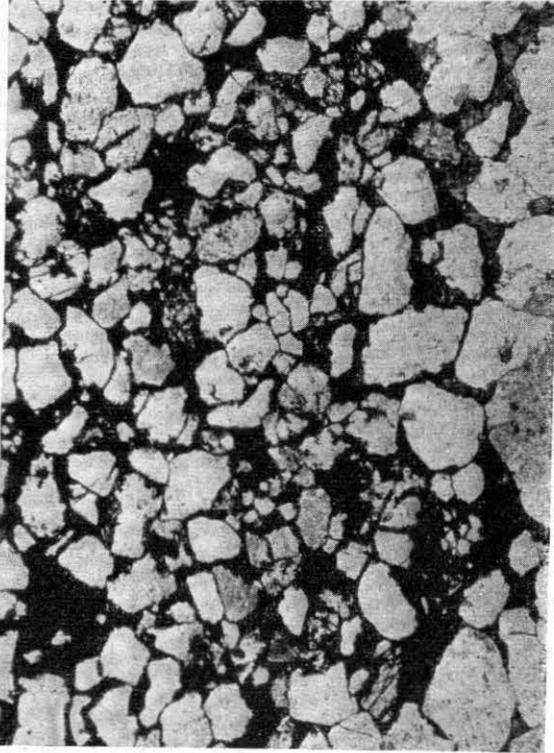


Abb. 12. Dünnschliff. Sie zeigt eine Pyritkonkretion im Sandstein (Ausschnitt). Die Verkittung des Sandsteins durch Pyrit erfolgt nach der Art der Knottenerze (Vergrößerung 25,5fach).

3. Bedingt durch den Ausfall des Gefrierloches 35 trat in dem Gefrierkreis eine Lücke auf, in die die zirkulierenden Wasser mit fortschreitendem Abteufen immer stärker einströmten. Die im Verlauf der erfolglosen Abdichtungsarbeiten niedergestoßenen zahlreichen Bohrungen erhöhten nur noch die Wegsamkeit im nicht gefrorenen Schachtteil.

Mit Zunahme der Zuflüsse stieg die Wassertemperatur von anfänglich  $+4^{\circ}\text{C}$  auf  $+11^{\circ}\text{C}$  an. Dieser Temperaturanstieg bedingte eine weitere Auflockerung der Frostlücke.

4. Die den Schacht in dieser Teufe durchziehende Störung ist für den Wassereinbruch primär nicht verantwortlich.

Sie zieht sich etwa vom NW- zum SE-Stoß, während der Wasserzufluß aus dem Westen, dem Bereich des ausgefallenen Bohrloches 35 erfolgte. Weiterhin

war sie infolge ihrer Ausfüllung mit Siderit geschlossen. Lediglich die der Störung parallel bis spitzwinklig streichenden Klüfte könnten bei der Erweiterung der Frostlücke nach Norden unter Umständen wirksam gewesen sein (vgl. Abb. 8).



Abb. 13. Dünnschliff. Gibt einen Ausschnitt aus Abb. 12 wieder. Sie zeigt die Sprengung einzelner Mineralkörner durch das Erz und die teilweise Verdrängung des Feldspats durch den Pyrit (Vergrößerung 103fach).

## VI. Zusammenfassung

Beim Abteufen des Warndtschachtes bewirkte ein sich allmählich steigernder Wasserzufluß ein zweimaliges Einstellen der Abteufarbeiten. Nach umfangreichen, allerdings erfolglosen Abdichtungsversuchen, wird die Einbruchsstelle mittels eines Betonklotzes abgeschlossen. Mit Hilfe zusätzlicher Gefrierrohre vom Betonklotz aus kann die Frostlücke geschlossen und nach 3monatiger Unterbrechung mit dem Abteufen fortgefahren werden.

Die Ursachen des Wassereintruchs sind in dem Ausfall des Gefrierrohres 35 infolge starker Abweichung in den stark wasserführenden unteren Partien des Buntsandsteins, der von stark tonigen Waderner Schichten (Grundwasserstauer) unterlagert wird, zu suchen.

## Schriften

- KUHLMANN, H. D.: Abteufen und Ausbauen des Förderschachtes der Schachanlage im Warndt der Saarbergwerke AG. — Innerbetrieblicher Bericht, Saarbrücken 1961.
- MÜLLER, E. M., & KLINKHAMMER, B. F.: Über die Verbreitung der Kreuznacher Schichten und die Ausbildung der Grenze Oberrotliegendes/Buntsandstein zwischen westlichem Hunsrück und Saarkarbonsattel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden 1963.
- SEMMLER, W.: Die Grundwasserverhältnisse im Saarbergbau und ihr Einfluß auf den Grubenbetrieb. — Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Berlin 1936.
- Quellen und Grundwasser im Deckgebirge des Saarbrücker Steinkohlenvorkommens. — Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Berlin 1940.
- Die geologisch-hydrologischen Grundlagen der Wasserversorgung des Saarlandes. — Z. Deutsch. Geol. Ges., **106**, Jg. 1954, Hannover 1955.

Stein, A. (1964): Entwicklung der großräumigen Grundwasserabsenkung im Erftgebiet. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 131-140; 8 Abb.

## Entwicklung der großräumigen Grundwasserabsenkung im Erftgebiet

Mit 8 Abbildungen

VON ALBRECHT STEIN \*), Bonn

Nicht nur der Steinkohlenbergbau, sondern auch der Braunkohlenbergbau hat seine hydro-geologischen Probleme. Eines der interessantesten ist sicherlich die großräumige Grundwasserabsenkung in dem zum Rheinischen Revier gehörenden Erftgebiet, deren Entwicklung ich Ihnen jetzt kurz schildern möchte. Diese Schilderung steht — durch Fachausbildung und Tätigkeit bedingt — notwendigerweise unter dem Gesichtswinkel des Wasserwirtschaftlers und gleichzeitig unter dem des unmittelbar an der Absenkung weder beteiligten noch von ihr betroffenen Dritten.

Das Hauptflöz des Rheinischen Reviers, das sich zwischen Köln und Aachen, Euskirchen und Roermond über eine Fläche von 2500 km<sup>2</sup> erstreckt (Abb. 1, oben), ist mit weitem Abstand das bedeutendste Braunkohlenvorkommen der Bundesrepublik Deutschland.

Mit Auskohlung der oberflächennahen, in der Nähe des Grundwasserspiegels lagernden Flözteile der Vile muß der Braunkohlenbergbau seit einigen Jahren in größere Tiefen vorstoßen (Abb. 1, unten), um auch solche Flözteile zu gewinnen, die nennenswert in das Grundwasser eintauchen. Damit wiederum wurde der Beginn einer Grundwasserabsenkung nötig, die in ihrer extremen Zielsetzung, dem tatsächlichen oder noch geplanten technischen Aufwand und den unvermeidbaren Begleiterscheinungen die bisher bekannten ähnlichen Unternehmen erheblich übertreffen dürfte.

Dies gilt insbesondere von demjenigen Teil der Maßnahmen, der sich in dem kurz als „Erftgebiet“ bezeichneten Verbandsgebiet des Großen Erftverbandes abspielt (Abb. 1, oben); allein von diesen Teilmaßnahmen soll weiterhin die Rede sein.

Zur Gewinnung der im nördlichen Randgebiet und in den westlichen Staffelfröhen der Vile lagernden 2,5 Mrd. t z. Z. als abbaureif geltender Braunkohle muß der Grundwasserspiegel um bis zu 300 m abgesenkt werden. Es ist offensichtlich, daß eine solche Absenkung sich einschneidend auf die Wasserwirtschaft des relativ dicht besiedelten, gleichermaßen stark industrialisierten wie landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebietes auswirken muß; dennoch hätte ein Verzicht auf diese Maßnahme und damit auf die Braunkohlengewinnung der Volkswirtschaft insgesamt größere Nachteile gebracht.

Die Braunkohle ist nämlich z. Z. noch neben der Wasserkraft die wichtigste und neben der Steinkohle die mengenmäßig bedeutsame bundesdeutsche Energieversorgung; sie ist von den seit einig

\*) Anschrift des Autors: Reg.-Baurat a. D. ALBRECHT STEIN, stv. C. E. des Großen Erftverbandes, Bonn, Brahmstraße 49.

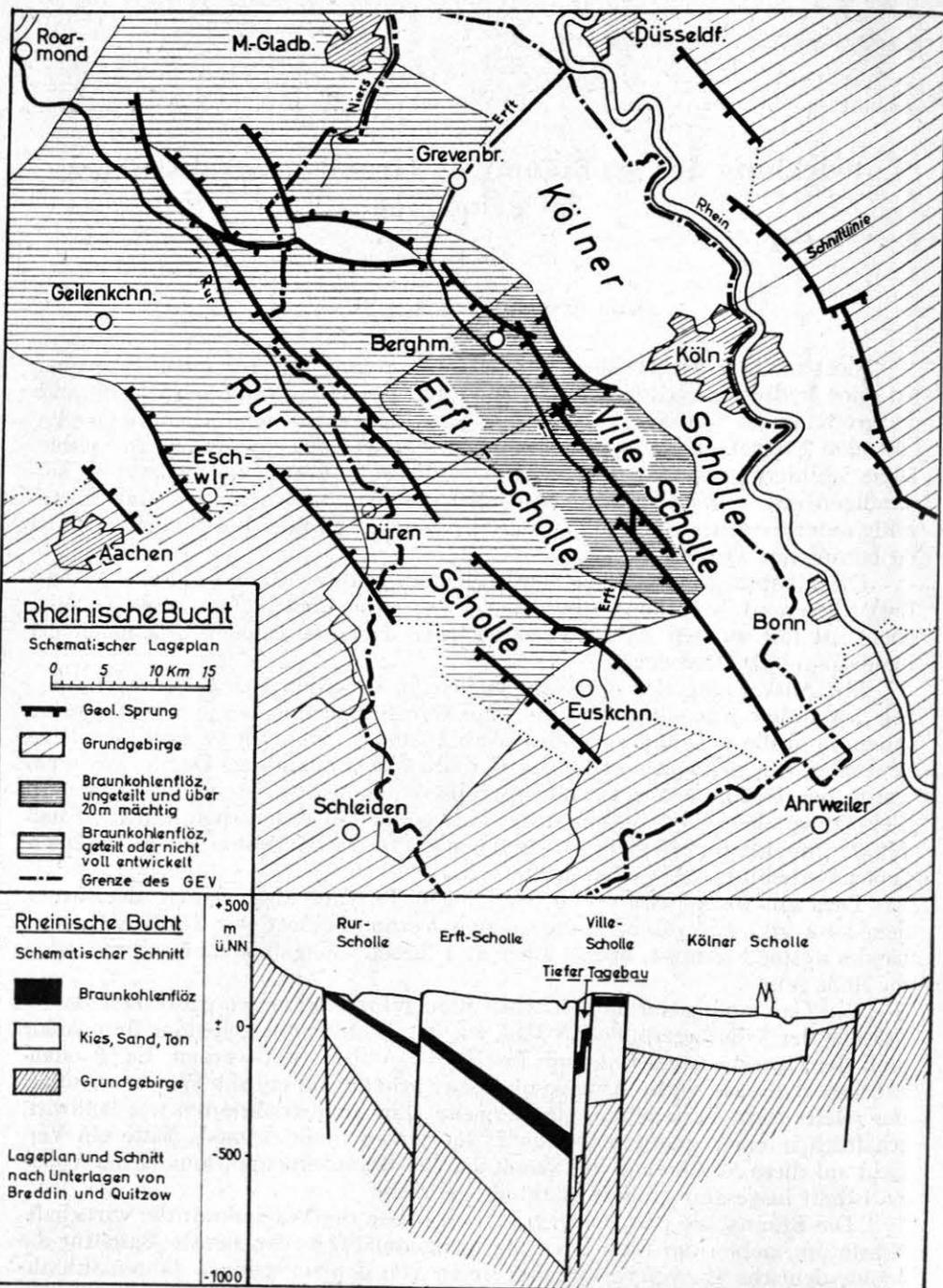


Abb. 1.

zeichnenden und teilweise bereits eingetretenen Verschiebungen auf dem Gebiete der Primär-Energie unberührt geblieben und für die bundesdeutsche Volkswirtschaft zumindest über die nächsten 3 bis 4 Jahrzehnte praktisch unentbehrlich.

Als zu Anfang der 50er Jahre die Planungen für die großräumige Grundwasserabsenkung im Erftgebiet greifbare Gestalt annahmen, hat die Frage nach der zu erwartenden Entwicklung und Auswirkung der Maßnahme Fachleute wie Laien stark beschäftigt; die Prognosen schwankten z. B. für die notwendige Fördermenge zwischen 5 und 14 Mrd. m<sup>3</sup>, für den Umfang des beeinflussten Gebietes zwischen 650 und 2700 km<sup>2</sup>.

Trotz der Schwierigkeiten, die sich damals mangels vergleichbarer Vorgänge für eine auch nur einigermaßen gesicherte Vorhersage ergaben, und die eine gewisse Schwankungsbreite der Voraussagen unvermeidbar machten, erscheinen die aufgetretenen Differenzen zwischen den Grenzwerten erstaunlich groß. Bei genauer Betrachtung finden sie ihre Erklärung in der Tatsache, daß — sicherlich nicht immer ohne Absicht — meist die Basis nur ungenügend betont wurde, auf der die Zahlen gewonnen worden sind.

Bei der Fördermenge stellt z. B. der untere Grenzwert die ausschließlich in der Erftscholle und nur zu Sumpfungszwecken zu hebende Menge des Grundwasservorrats dar. Der obere Grenzwert umfaßt dagegen zusätzlich auch den notwendigerweise mit dem Vorrat zu hebenden Anteil an Grundwassererneuerung sowie die Nutzwasserförderung; er bezieht sich außerdem auf das gesamte Erftgebiet.

Bei der Flächenausdehnung werden einmal die Eingriffe nur einer der damaligen Bergbaugesellschaften in das obere Grundwasserstockwerk betrachtet, im anderen Falle die größtmöglichen Auswirkungen aller damals im Erftgebiet geplanten Absenkungsmaßnahmen ohne Rücksicht darauf, in welchem Stockwerk sie jeweils auftreten.

Den alten Prognosen sollen nun nach mehr als 9jährigem Absenkungsbetrieb die bisher festgestellten tatsächlichen Werte gegenübergestellt werden. Um nicht ähnliche Mißverständnisse wie früher hervorzurufen, wird darauf zu achten sein, daß bei allen Zahlenangaben die Basis deutlich wird, auf der sie gewonnen sind.

Zwischen dem 1. 3. 1955 und dem 31. 12. 1963 hat der Braunkohlenbergbau im Erftgebiet eine Grundwassermenge von 7,0 Mrd. m<sup>3</sup> aus Erneuerung und Vorrat gehoben. Davon sind 0,8 Mrd. m<sup>3</sup>, also 12%, zu Wasserversorgungszwecken genutzt worden. Da die Nutzwassermenge in jedem Falle umgesetzt worden wäre, sollen der großräumigen Grundwasserabsenkung nur 6,2 Mrd. m<sup>3</sup> angelastet werden.

Durch diese Sumpfung, die immer noch ausreicht, den gesamten Talsperrenraum der Bundesrepublik mehr als 4mal zu füllen, wurde eine Absenkung von bis zu 150 m hervorgerufen und damit 50% des Planzieles erreicht.

Am 30. 10. 1963, dem Stichtag der letzten einschlägigen Untersuchung, waren die zur Wasserversorgung in erster Linie geeigneten Grundwasservorkommen des oberen Stockwerkes über eine Fläche von 770 km<sup>2</sup> beeinflusst, die der unteren Stockwerke über eine Fläche von bis zu 1550 km<sup>2</sup>. Als beeinflusst sind dabei Flächen bezeichnet, die offensichtlich im Einzugsgebiet der Bergbausumpfung liegen und einen gegenüber dem Beginn der Absenkung um mehr als 1 m abgesunkenen Grundwasser- bzw. Druckspiegel aufweisen.

Eine Übersicht über das im oberen Stockwerk beeinflusste Gebiet gibt die Abb. 2.

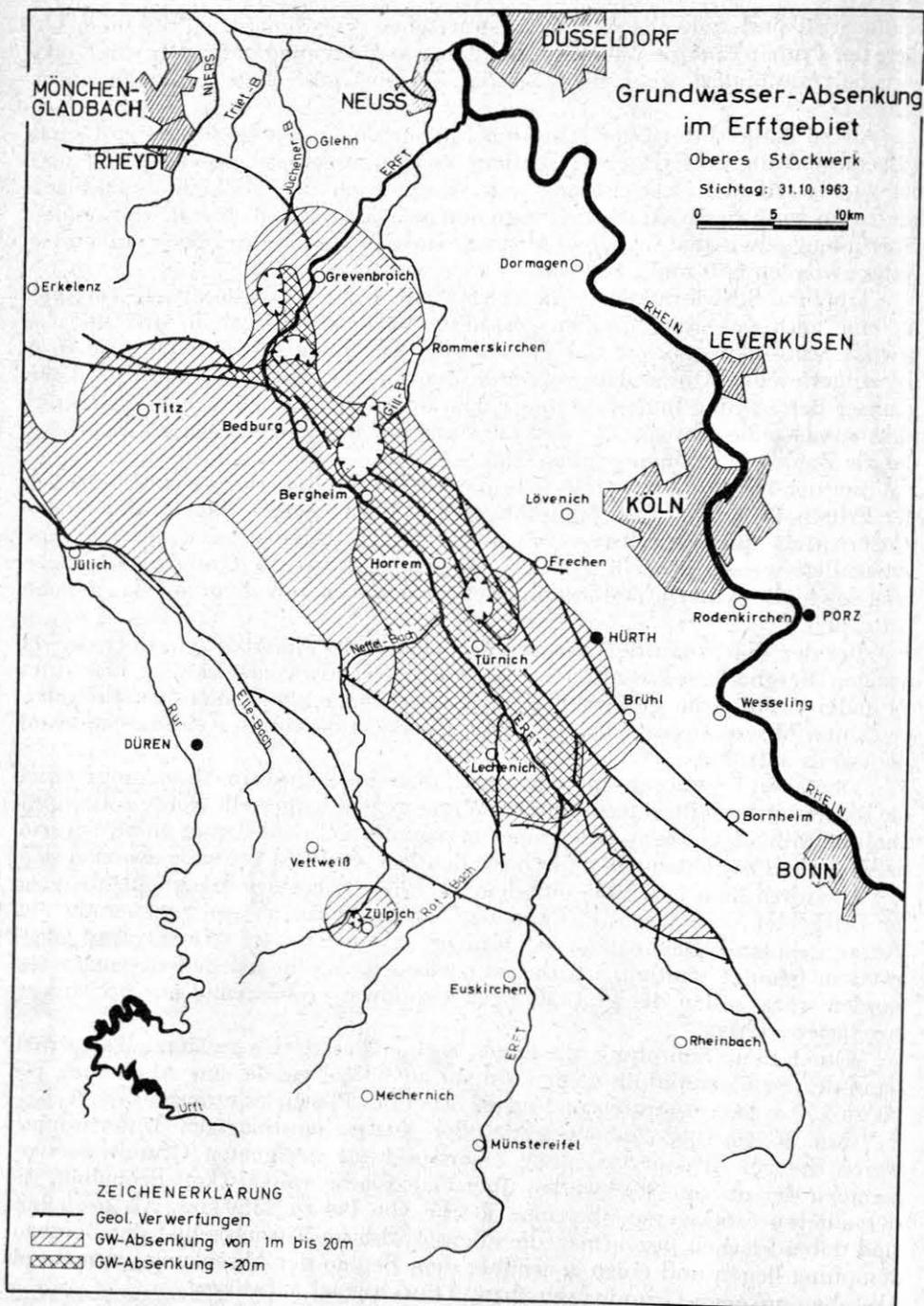


Abb. 2.

Unter den verschiedenen von der Absenkung betroffenen Teileinheiten nimmt die 850 km<sup>2</sup> große Erftscholle eine besondere Stellung ein, weil sich die Entwässerungsmaßnahmen hier nicht nur der Größenordnung, sondern auch der Art nach von ähnlichen Maßnahmen unterscheiden, wie sie auch schon vor dem Kriege z. B. im Raum Grevenbroich oder in Mitteldeutschland vorgenommen worden sind.

In der Erftscholle selbst geht kein Bergbau um; die hier angreifenden Entwässerungsanlagen sind ausschließlich dazu bestimmt, die Westböschungen der Ville-Tagebaue zu entlasten. Da der Erftsprung an mehreren Stellen fast gleichzeitig vom Abbau erreicht wird, sind die Anlagen in Form von Brunnengalerien

Schematischer Schnitt  
durch die Erftscholle

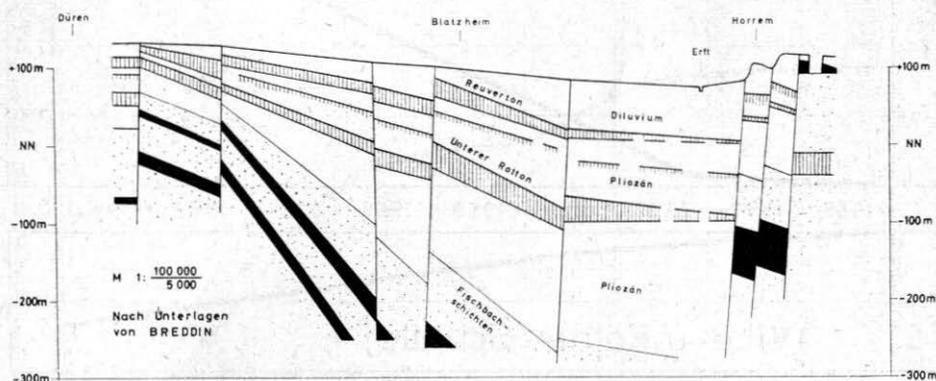


Abb. 3.

linear und praktisch zeitlich konstant angeordnet, im Gegensatz zu der sonst üblichen Methode, bei der die Förderbrunnen konzentrisch um den jeweils offenen Tagebauraum gruppiert sind und mit dem Fortschreiten des Tagebaues versetzt werden.

Der geologische Aufbau der Erftscholle ist in vereinfachter Darstellung aus Abb. 3 zu ersehen. Es zeichnen sich über dem Hauptflöz 3 Grundwasserstockwerke ab, deren Trennflächen durch den Reuverton bzw. den Rotton gebildet werden.

Wegen der großen Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Lockergesteine muß die Erftschollenentwässerung eine ungewöhnliche Leistungskraft aufweisen. Die Gesamtanlage besteht z. Z. aus rd. 200 betriebsfähigen Brunnen von bis zu 400 m Teufe und bis zu 600 PS Leistung. Eine einzelne Förderpumpe weist damit also vergleichsweise eine Leistung von etwa 18 Volkswagen auf. Pumpen mit fast der doppelten Leistung sind in Entwicklung und sollen bei zunehmender Absenkentiefe zum Einsatz kommen.

Die Mengenentwicklung der Erftschollenentwässerung ist aus Abb. 4 und 5 zu ersehen.

Die ersten Brunnen der Gesamtanlage begannen im Herbst 1955 im Mittelteil der Scholle zwischen Bergheim und Horrem mit der Vorentwässerung des oberen Stockwerkes. Im Frühjahr 1957 setzte die Hauptentwässerung zwischen

## Sümpfwasserförderung der Braunkohlenbergwerke - Gesamtmenge

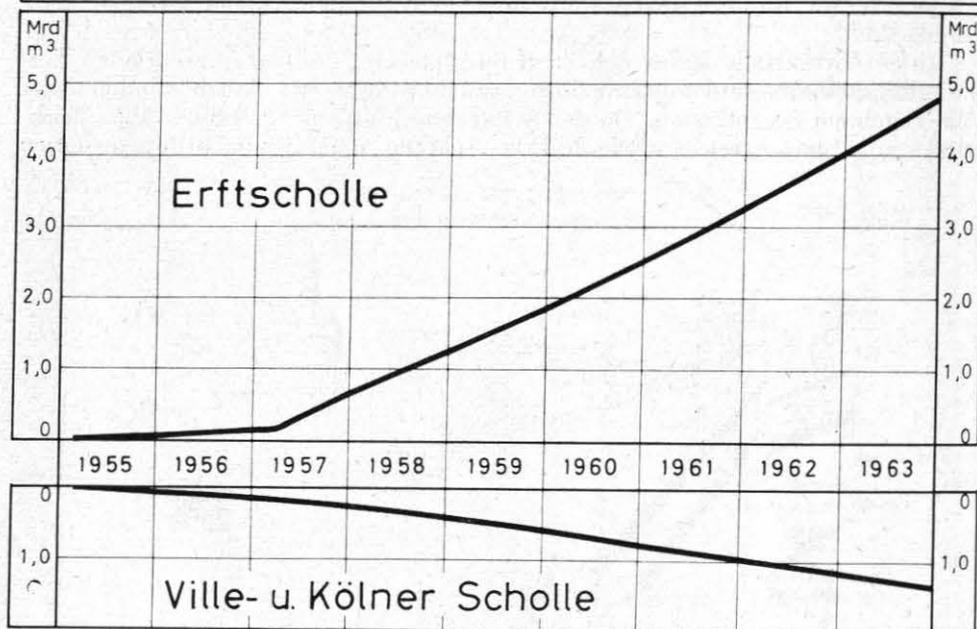


Abb. 4.

## Sümpfwasserförderung der Braunkohlenbergwerke in der Zeiteinheit

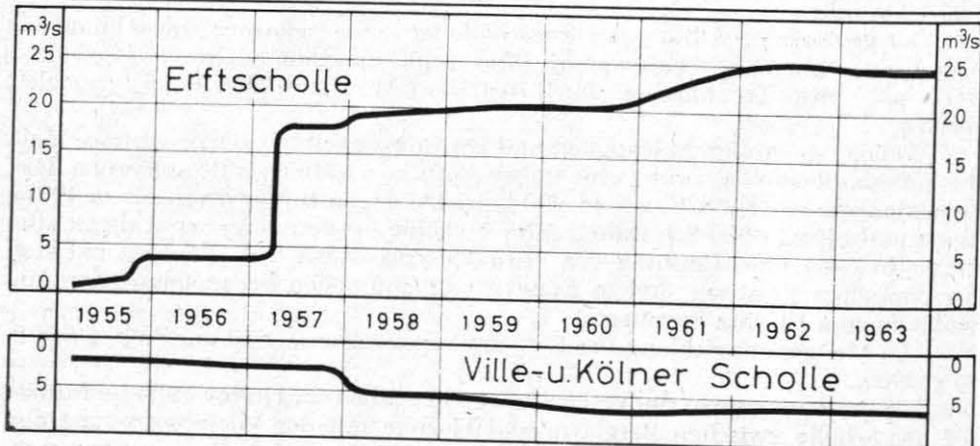


Abb. 5.

Horrem und Türnich sowie nördlich von Lechenich ein, bei der auch die tieferen Stockwerke angefaßt wurden. Die Entwässerung des Nordteils zwischen Bergheim und Bedburg wurde zu Anfang des Jahres 1958 begonnen.

Die spezifische Sumpfwasser-Förderung (ohne Nutzwasseranteil) steigerte sich von anfangs 4 m<sup>3</sup>/s auf inzwischen 25 m<sup>3</sup>/s. Insgesamt wurden bis zum 31. 12. 1963 ausschließlich zu Sumpfungszwecken 4,8 Mrd. m<sup>3</sup> Grundwasser und

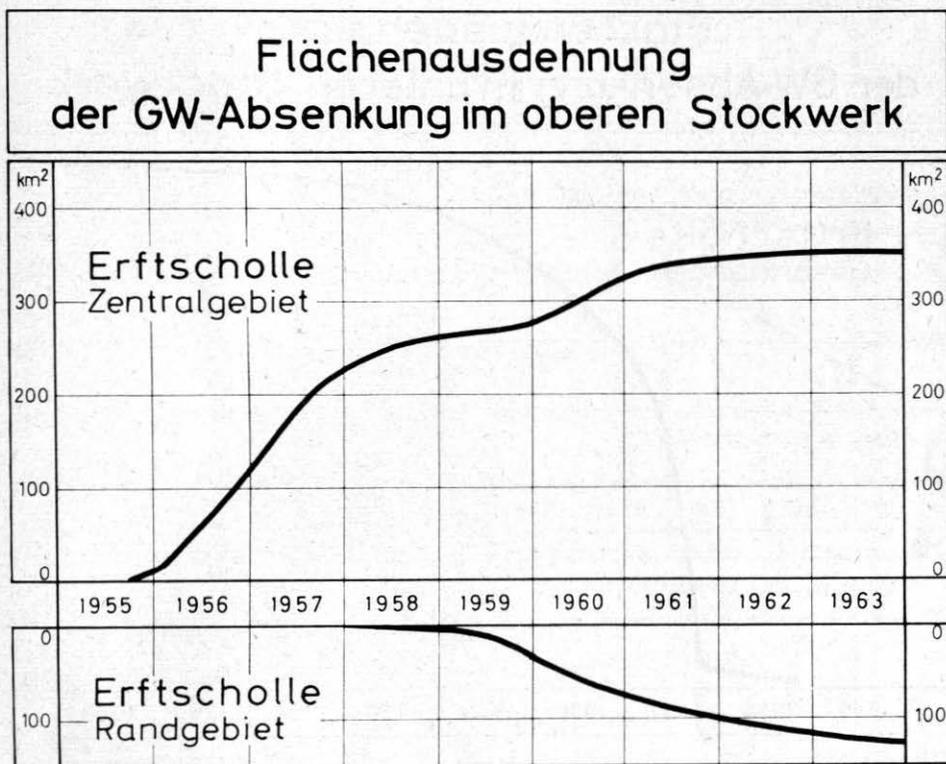


Abb. 6.

damit allein in der Erftscholle 78% der entsprechenden Gesamtmenge gehoben.

Abb. 6 zeigt die Größenzunahme des beeinflussten Gebietes im oberen Stockwerk mit der Zeit.

Innerhalb des beeinflussten Gebietes sind 2 Teilgebiete zu unterscheiden, nämlich einmal das zentrale Gebiet, das sich unmittelbar an die Entwässerungsanlagen anschließt, und zum anderen das Randgebiet, das mittelbar über eine Entspannung der unteren Stockwerke beeinflusst ist.

Die Abbildung zeigt für das zentrale Gebiet, daß der sprunghaften Steigerung der spezifischen Fördermenge zu Anfang 1957 keine gleichwertige Steigerung der Flächenzunahme entspricht. Analog kann auch der Sattelpunkt, den das Diagramm zum Jahreswechsel 1959/60 aufweist, nicht auf die relativ geringfügige, zudem erst später einsetzende weitere Steigerung der Förderleistung

zurückgeführt werden. Als Grund muß vielmehr der Einfluß des natürlichen Grundwasserganges, nämlich die mit Phasenverschiebung auftretende Auswirkung des trockenen Sommers 1959 vermutet werden.

Bei der Flächenzunahme der Randgebiete wird der Zusammenhang mit der Entspannung der unteren Stockwerke, die erst 1957 begonnen hat, deutlich.

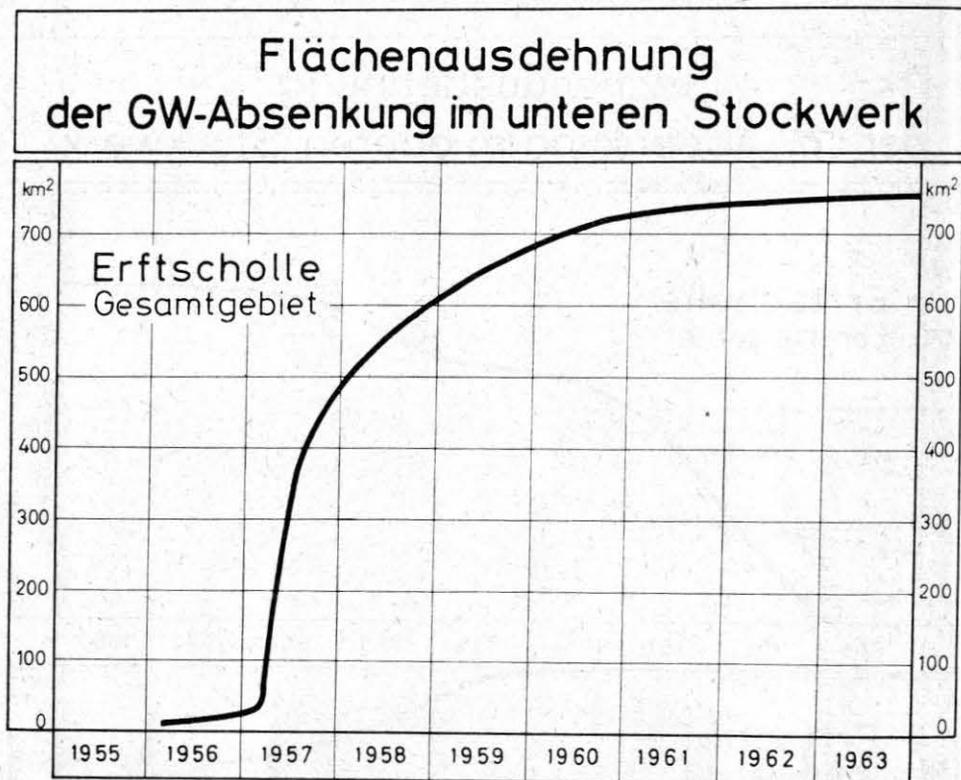


Abb. 7.

Insgesamt waren am 31. 10. 1963 im oberen Stockwerk 480 km<sup>2</sup>, also 56% der Erftschollenfläche beeinflusst.

Abb. 7 bringt die entsprechenden Angaben für die Druckentspannung in den unteren Stockwerken. Hier zeigt sich, daß auch die Entwässerung des oberen Stockwerkes im Jahre 1956 sich bereits mittelbar geringfügig ausgewirkt hat. Nach dem Einsetzen der Hauptentwässerung Anfang 1957 ist ein Zusammenhang zwischen Flächenausdehnung und Änderung der Fördermenge nicht mehr zu erkennen.

Insgesamt waren am 31. 10. 1963 in den unteren Stockwerken bis zu 760 km<sup>2</sup>, also 89% der Erftschollenfläche, beeinflusst.

Aus den beiden letzten Abbildungen zusammen, insbesondere aus dem zuletzt fast waagerechten Verlauf der Diagramme muß geschlossen werden, daß eine nennenswerte Zunahme der beeinflussten Fläche in der Erftscholle ohne nennenswerte Änderung der Randbedingungen nicht mehr zu erwarten ist.

## Tiefenausdehnung der Grundwasserabsenkung

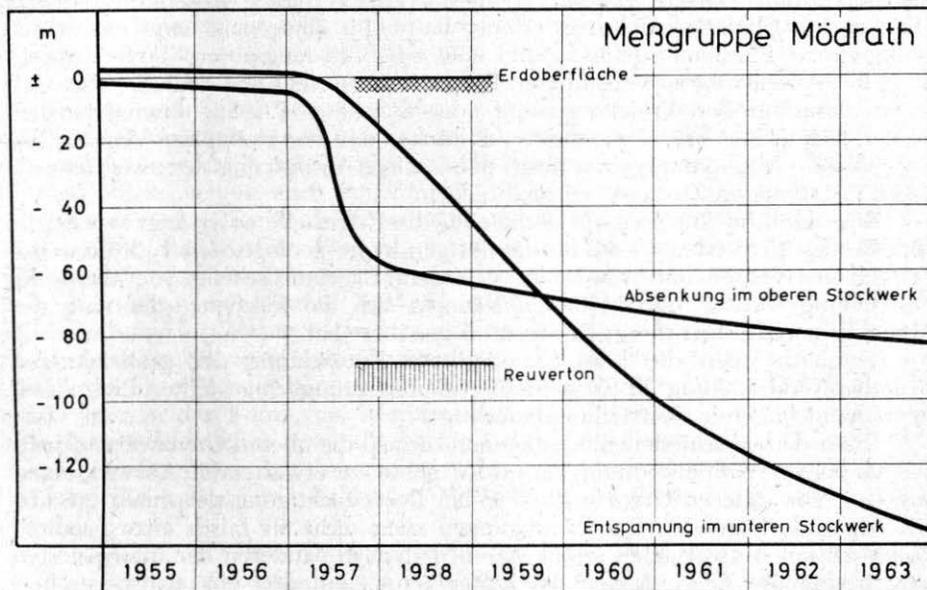
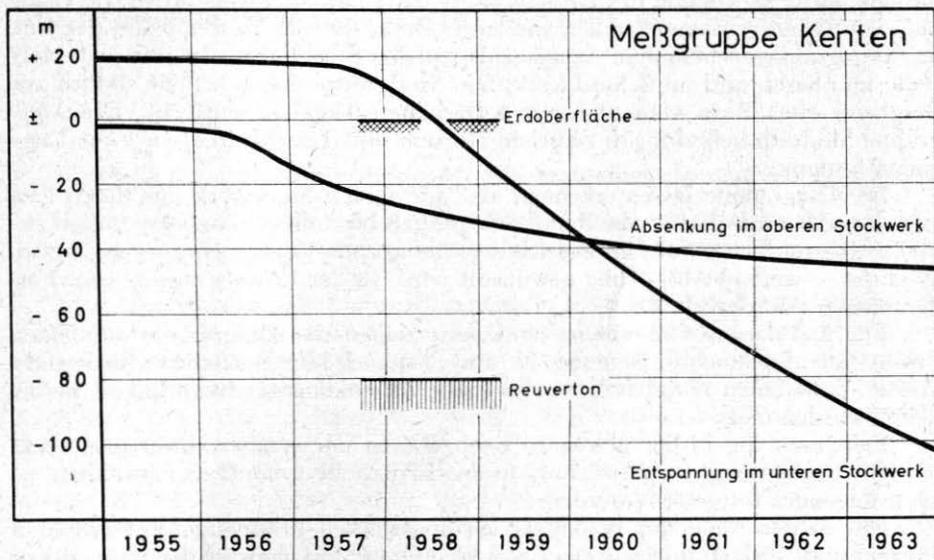


Abb. 8.

Die Tiefenausdehnung der Grundwasserabsenkung bzw. der Druckentspannung ist in Abb. 8 angedeutet. Da die in den Förderbrunnen selbst gemessenen Wasserstände kein echtes Bild des Grundwasserspiegels vermitteln und zudem je nach Pumpeneinsatz schnell wechseln, kann die erzielte, vorher auf 150 m bezifferte Spitzentiefe nur als Näherungswert angesehen werden. Besser wird die senkrechte Bewegung des Grundwasser- bzw. Druckspiegels durch die Ganglinie von Grundwassermeßstellen wiedergegeben, die sich in der Nähe der Entwässerungsanlagen befinden. Ausgewählt wurden 2 Meßgruppen mit je 1 Meßstelle im oberen und im 3. Stockwerk. Die Meßgruppe Kenten liegt südlich von Berghem etwa 2 km vom nächsten betriebenen Tagebau entfernt. Die Meßgruppe Mödrath befindet sich zwischen Horrem und Türnich in etwa 1 km Tagebautfernung.

Die Diagramme lassen erkennen, daß im oberen Stockwerk das durch geologische oder fördertechnische Randbedingungen bestimmte mögliche Absenkziel praktisch erreicht ist. Falls im Bereich der Meßgruppe Kenten eine — geologisch mögliche — weitere Absenkung gewünscht wird, ist der Einsatz zusätzlicher Förderanlagen erforderlich.

Für das dargestellte untere Stockwerk zeigen die Diagramme in beiden Fällen eine abnehmende Neigung. Es sind also auch hier zusätzliche fördertechnische Maßnahmen nötig, falls die bisherige Absenkungsgeschwindigkeit beibehalten werden muß.

Faßt man die bisher getrennte Beobachtung der waagerechten und senkrechten Ausdehnung der Absenkung in der Erftscholle synoptisch zusammen, so kann folgendes festgestellt werden:

Nur in der Nähe der besonders leistungsstarken Brunnengalerie zwischen Horrem und Türnich und auch hier nur im oberen Stockwerk ist die notwendige Absenkungstiefe erreicht worden, bevor der entsprechende Absenkungstrichter seine größte Flächenausdehnung erlangt hatte. Im übrigen ist eine verhältnismäßig rasche Flächenausdehnung und eine erheblich langsamere Tiefenausdehnung der Absenkung zu verzeichnen. Dies wiederum legt den Schluß nahe, daß es bei derart großen Projekten kaum oder nur unter Einsatz unwirtschaftlich großer technischer Mittel möglich sein dürfte, das für stationäre Verhältnisse maßgebende Absenkungsgebiet durch planmäßige Ausnutzung der zwischenzeitlichen instationären Zustände einzuschränken.

Eine ähnliche Analyse, wie sie hier für die Erftscholle aufgezeigt wurde, ist vom Großen Erftverband auch für die übrigen hydro-geologischen Teilräume des Erftgebietes vorgenommen worden. Von dem Ergebnis scheint vor allem die Feststellung wichtig, daß in diesen Räumen sich die Flächenausdehnung der Absenkung noch nicht ihrem Endzustand genähert hat.

Vergleicht man die bisher beobachtete Entwicklung der großräumigen Grundwasserabsenkung im Erftgebiet mit den ursprünglich gestellten Prognosen, so erscheint folgende Feststellung berechtigt:

Unter den verschiedenen Schätzungen können die oberen Grenzwerte durchaus die richtige Größenordnung der im Erftgebiet zu erwartenden Auswirkungen angeben. Die unteren Grenzwerte sind bei Berücksichtigung der ihnen tatsächlich zugrunde liegenden Randbedingungen zwar nicht als falsch anzusprechen; da jedoch nur Teilvorgänge erfaßt waren, haben die anderen der interessierten bzw. betroffenen Öffentlichkeit des Erftgebietes zumindest ein ehrlicheres Bild des zu erwartenden Geschehens gegeben.

## Hydrologische Aufgaben im Salzgitterer Eisenerzbezirk

Mit 15 Abbildungen

Von H. KOLBE\*), Salzgitter-Bad

### 1. Geologische Charakterisierung der Eisenerzgebiete in und um Salzgitter

Das nordwestliche Harzvorland ist durch seine von der Paläogeographie und Tektonik geprägte geologische Gestaltung eine Wasserspeicher- und Quellregion.

Das Vorkommen von marin-sedimentären Eisenerzen in 3 jurassischen und 2 kretazischen Horizonten weist auf das mehrfach wiederholte Wechselspiel von Meeresvorstoß und Meeresrückgang einer Fröhnordsee hin. Diese erdgeschichtlichen Ereignisse waren Ursache chemischer Mobilisation und mechanischer Sortierung, von der in Etappen vollzogenen Umwandlung von „Muttersubstanzen“ in Lagerstätten.

Das gilt auch für die Aufarbeitung und Umlagerung anderer klastischer Sedimente. So ist die Unterkreide von Salzgitter ein klassisches Beispiel für die salttektonisch gesteuerte reziproke Bunkerung von jurassischem und mesozoischem Aufbereitungsschutt. Oft wurde über einen längeren Zeitraum von der gleichen Stelle abgetragen. Die Aufbereitungs- und Mobilisationsprodukte wurden dicht daneben in einem absinkenden Graben oder Halbgraben (Kolk) oder als Schutt-Delta akkumuliert und konserviert (Abb. 1).

Die ältesten — vorwiegend oolithischen Unterkreideerze (Hauterive) — zeigen die geologisch jüngeren Sekundärfossilien (Dogger, höherer Lias), die bei salttektonischer Belebung und stärkerem Erosionsgefälle geschüttete Barrême-Trümmererze beinhalten, Sekundärfossilien aus älteren Liasschichten und die Apt-Erze zeigen auch zunehmend Triasmaterial. Im Unteralb schließlich findet sich wegen der Wasserführung bergbaulich unangenehme ausgesprochene Sandsteinfazies (Hils) vorwiegend da, wo in der Nachbarschaft die gleichzeitige Abtragung von Triasssandstein, insbesondere Rhät anzunehmen ist.

Für den hydrologischen Zustand ist ein weiterer bestimmender Faktor die Entwicklung der Wasserstockwerke, die Auffüllung großer erdgeschichtlich alter Grundwasserstockwerke mit eiszeitlichem oder nacheiszeitlichem, vielfach also heute fossilem Wasser, ferner die Deponierung großer unterirdischer Wasserreservoirs in der Form von Schotter- und Kiesbecken im Zuge der quartären gesamtmitteleuropäischen bzw. mitteleuropäischen Entwässerung in den Eisschmelzperioden. Damit im Zusammenhang steht die Erstanlage von Karstgerinnen im Pläner, die mit einer anhaltenden Verstellung des Schichtenverbandes „wanderten“.

Es kam zur Herausbildung mehrerer an Grundwasser und Quellwasser reichen Wasserscheiden, die den Raum zu einem Trink- und Brauchwasser-Ab-

\*) Anschrift des Autors: Dr. H. KOLBE, Erzbergbau Salzgitter A. G., 3327 Salzgitter-Bad, Postfach 68.

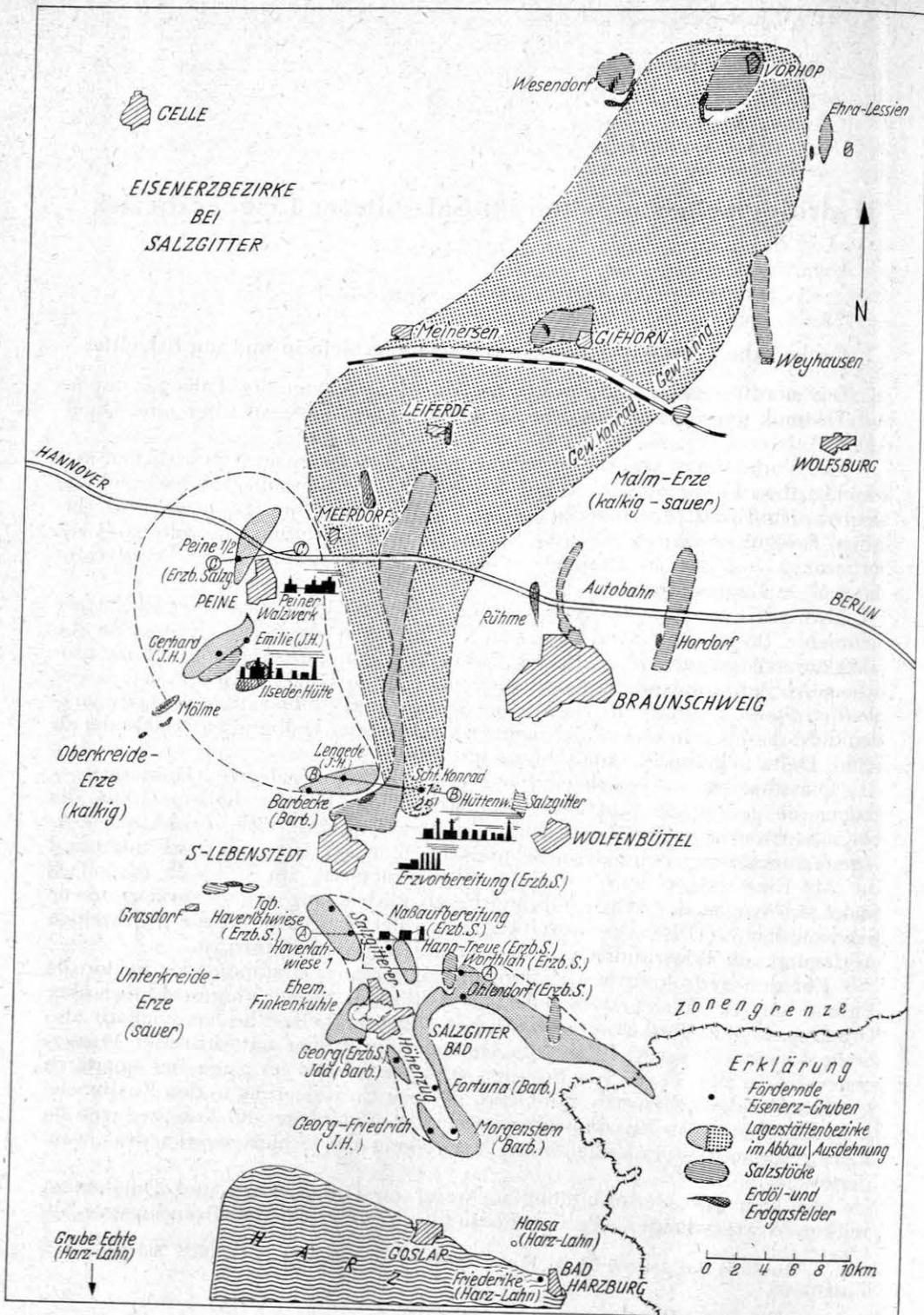


Abb. 1.

gabegebiet machen, ihn aber andererseits als arm an leistungsfähigen Vorflutern kennzeichnen.

Der bergbauliche Aufschluß führte zwangsläufig zu einem Anschneiden wasserführender Schichten. Es sind dies im Gebiet bei Salzgitter folgende:

### I. Im Hangenden

**Pleistozän:** Im Neokomerzgebiet gering mächtig, Zuflüsse erfolgreich zementiert.

Im Tagebau z. T. Fließschichten (Böschungsrutschungen in periglazialen Ablagerungen).

**Turon- und Cenomanpläner:** Karstgerinne abseits vom Bergbauggebiet an der Westflanke der Innerstemulde. Von Ausnahmen abgesehen im Neokomerzgebiet mehr oder weniger trocken.

Dagegen in der Bleckenstedter Mulde ausgesprochen wasserreicher Kluftwasserhorizont (Schächte Konrad 1 und 2 zementiert).

**Ober-Alb (Flammenmergel):** Diese primär durch Kieselschwammreste als Kieselmergelstein vorliegende Fazies hat auf Klüften zum Teil Wasser gebracht, das „Bitterwasser“-Charakter hatte.

Periodisch starke Schüttungen aus diesem Horizont gab es aber nur in der ausgezerten Grube Finkenkuhle.

**Unteralb-Sandstein (Hilssandstein):** Hauptwasserhorizont in der Ringelheimer Mulde (Schachanlage Georg), z. T. im Südfeld Haverlahwiese, Salzwasser-Horizont im Südfeld Flachstökheim (Schachanlage Ohlendorf) und im Schacht Konrad 2.

Die hangenden Oberjura (Kimmeridge)-Schichten der Korallenoolitherze (Schächte Konrad 1 und 2) sind trocken angetroffen.

Dagegen wurden im unteren erzfreen Korallenoolith und im sandigen Teil des Dogger epsilon verschiedentlich Salzwasserzuflüsse erbohrt, die sich bei freiem Auslauf nach einiger Zeit erschöpften.

### II. Im Liegenden

In den Lias-Schichten sind wasserführend die Kalksandsteine des Lias alpha 2 und 1. Aber die Zuflüsse sind verhältnismäßig klein.

Die Posidonienschiefer können bei einer vom Tiefbau verursachten Auflockerung, besonders wenn der Tagesausbiß auf ehemaligen Tagebausohlen liegt und die Lagerung steil ist, zu einer „Wasserleitung“ werden, sind aber in ungestörtem Zustand trocken angetroffen.

Die Trias-Sandsteine, insbesondere der Rhätsandstein, sind gefährliche Wasserbringer. Der Rhätsandstein zeigt mit zunehmender Teufe nur selten verfestigte Partien. Meist verhält er sich wie loser Sand mit wenig Stützwerk.

Die im Liegenden abgeteufte Schächte Haverlahwiese 1, Bartelszeche und Hannoversche Treue 1 haben den Rhät durchörtert oder angefahren.

## 2. Hydrologische Charakterisierung der Grundwässer

Der Chemismus der vom Bergbau erstmals angeschnittenen Grundwässer ist bei fossilem Tiefenstandwasser durchaus für die Speicherhorizonte charakteristisch. Er ändert sich naturgemäß und ist erheblichen Schwankungen unterworfen, sobald das Reservoir leergezogen wird, eine Fließbewegung einsetzt und

ein Nachfluß rezenter, von den Niederschlägen und Schneeschmelzen beeinflusster Wassermengen in immer stärkerem Maße zur Geltung kommt (Abb. 2—4).

Das Hilswasser z. B. ist im Ruhezustand in der Ringelheimer Mulde bis in große Teufen (über 1100 m) als Süßwasser angetroffen (70 bis 110 mg Cl/l). Auf

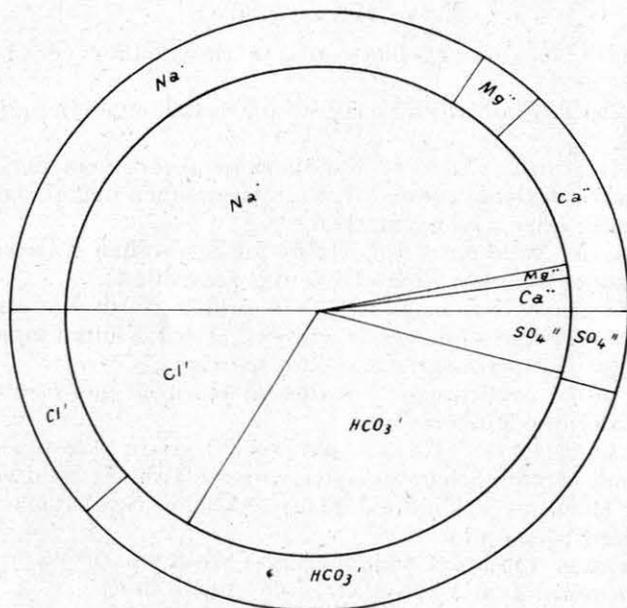


Abb. 2. Hilswasser Georg 6. Sohle, Johannes-Querschlag, Probe vom 13. 3. 1963 (Außenkreis Probe vom 9. 8. 1960). pH 8,35, Ges.-Härte 2,0° dH, Carb.-Härte 2,0° dH, Alkalität 6,6, Abdampf-Rückstände 807,0 mg/l.

Pro 1 kg Wasser, Werte vom 13. 3. 1963:

Kationen	mg	mval%	Anionen	mg	mval%
Na (NaCl)	150 (381)	93,8	Cl	231	33,5
Mg (MgO)	2,65 (4,4)	1,7	SO <sub>4</sub>	54	7,8
Ca (CaO)	7,1 (10,0)	4,5	HCO <sub>3</sub>	403,0	58,7
Fe	0,0		(NaHCO <sub>3</sub> )	(495,0)	

Werte vom 19. 8. 1960:

pH	= 9,0	Abdampf-Rückstand	= 668
Carb.-Härte	= 1,68° dH	Bleibende H.	= 529,2° dH
Ges.-Härte	= 1,68° dH		

Kationen	mg/l	Anionen	mg/l
Na	?	Cl	150
MgO	7,25	SO <sub>4</sub>	55,5
CaO	25,1	NaHCO <sub>3</sub>	529,2

der 6. (800 m-) Sohle wurde es 1954 im Johannes-Querschlag erstmals angefahren, und zwar mit Anfangszuflüssen von 2800 l/min. Es wurde dann verpreßt, aber 400 bis 550 l/min blieben. 1958 (3<sup>1/2</sup> Jahre später) wurde von dem Wasser mittels der CH<sub>14</sub>-Methode durch Herrn Prof. BRINKMANN eine Altersbestimmung durchgeführt. Sie ergab ein Modellalter von 8000 bis 10 000 Jahren.

Dieses Wasser zeigte einen pH-Wert von 7,5—9,0 ( $\phi$  8,2), war alkalisch (Alkalität 6,8—6,9), sehr weich (0,28 bis 1,68° dH, im  $\phi$  0,84° dH), frei von Ca und Mg (1960 wurden allerdings 25,1 mg CaO/l und 7,3 mg MgO/l angegeben). Es enthielt eigentlich nur Natrium-Kationen (100 m val. %) und Hydrogen-

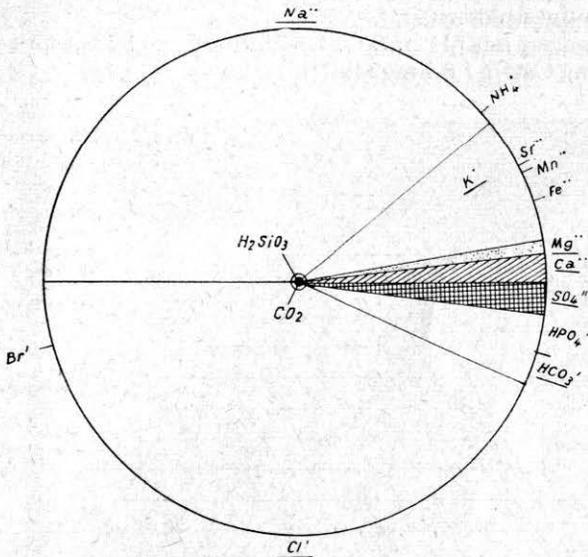


Abb. 3. Solbadesole Salzgitter-Bad. 18. 10. 1952. Natriumchloridsole,  $s = 1,092$  bei 15° C, pH = 7,3 (nach DIENEMANN-FRICKE 1962).

Pro 1 kg Wasser:

Kationen			Anionen		
	mg	m val %		mg	m val %
Na <sup>+</sup>	44 505,00	94,79	Br <sup>-</sup>	36,60	0,022
K <sup>+</sup>	232,60	0,29	Cl <sup>-</sup>	69 289,00	95,65
Mg <sup>2+</sup>	332,40	1,34	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4 085,00	4,16
Ca <sup>2+</sup>	1 465,00	3,58	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,8	0,0131
Sr <sup>2+</sup>	0,23	0,00025	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	90,2	0,147
Fe <sup>2+</sup>	0,32	0,00054			
		100,00			100

Summe der ionisierten Teile = 120 049 mg  
 Summe der nicht ionisierten Teile = Sp.  
 Summe der gelösten Gase = —

karbonat (48,7 m val. %), Chlorid (40,4 m val. %) und Sulfat-(10,9 m val. %)-Anionen (Abb. 2).

In Ohlendorf liefert der Hils Wasser, das vom Flachstückheimer Salzstock stammt. Dieses ist natürlich hochgradig salzig. Es hat einen pH-Wert von 6,0, eine Härte von 1182° dH (Karbonathärte 11,2° dH, Alkalität 40). Die Anionen betragen 150 bis 327 g Cl/l und 1767 mg SO<sub>4</sub>/l.

Anders z. B. das Rhätwasser in Haverlahwiese oder Hannoversche Treue. Dieses Wasser hat pH-Werte von 6,8—7,1, eine Härte von 13° dH (davon 7,8° Karbonat, 107,2 mg/l Ca<sup>2+</sup> / 6,7 mg/l Mg<sup>2+</sup> / 31,9 mg/l Cl<sup>-</sup> / 66,7 mg/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und 84,0 mg/l CO<sub>3</sub>).

Das Schilfsandsteinwasser hat im gleichen Niveau- ohne etwaigen „bevorzugten“ Salzstock-Kontakt folgende Analyse:

pH = 7,4 / 450,3 mg/l Ca<sup>++</sup> / 70,1 mg Mg<sup>++</sup> / 2770 mg/l Cl<sup>-</sup> / 2288 mg/l SO<sub>4</sub><sup>==</sup> und 153 mg/l CO<sub>3</sub>. Die Härte beträgt 54° dH (davon 14,3° Karbonat-H).

Beim neuen Grubenfeld Konrad (Korallenoolitherz) schließlich sind folgende Grundwässer aufgeschlossen:

1. Turonwasser mit pH = 8,4 / Gesamthärte = 82 mg Cl/l / 67,1 mg SO<sub>4</sub>/l / 40,2 mg CaO/l / 6,1 mg MgO/l.

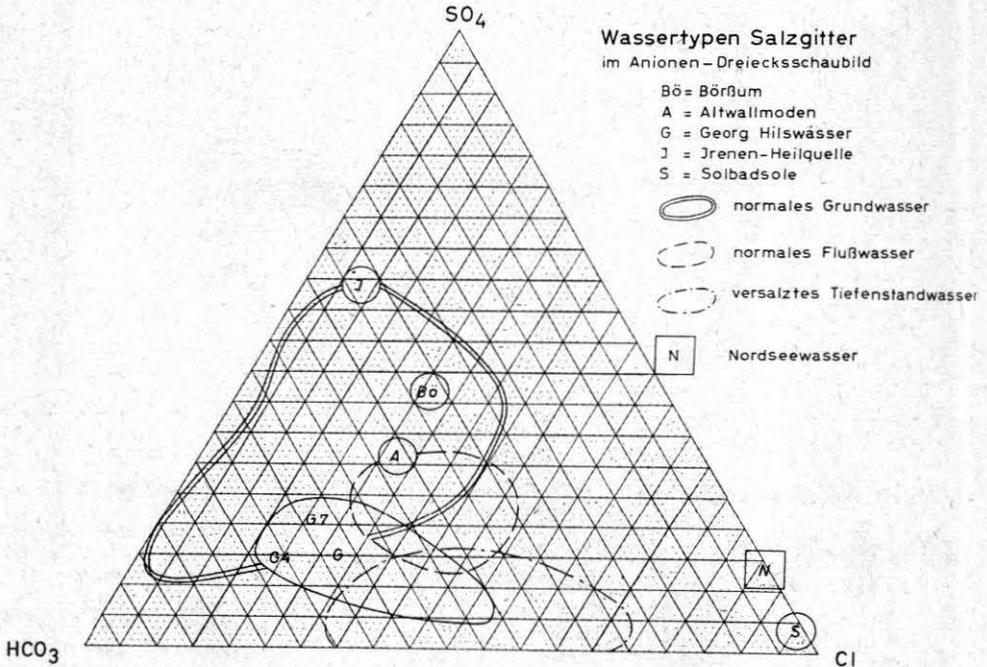


Abb. 4

2. Im Unteren Korallenoolith und im angebohrten Cornbrash wurden gleichlautende Wasseranalysen mit pH = 5,75, Ges. Härte 1800—1900° dH (Karbonat 2,2—3,6), 115—117 g Cl/l, 210—420 mg SO<sub>4</sub>/l, 13 400—14 300 mg CaO/l und 3200—3800 mg MgO/l gefunden.

Hier handelt es sich möglicherweise nicht um Wässer der Zechsteinsalzstöcke sondern um fossile Restwasser aus der Salinarfazies des Unteren Kimmeridge (die sich allerdings nur noch in Einlagerungen von rosa Anhydrit in Form von Knollen und Bänken andeutet). Die Wasserzuffüsse dieser Art ließen stets nach und versiegten schließlich.

### 3. Der Einfluß des Abbaus auf die Wasserzuffüsse

Im Neokomerzgebiet Salzgitter wird — den großen Lagermächtigkeiten (20 bis 100 m) entsprechend — vorwiegend Blockbruchbau betrieben. Daneben gibt es noch Weitungsbruchbau. Der letztere ging aus dem Magazinbau hervor,

der für kontinuierliche Leistungen und die Gewinnung weniger guter Lagerstättenteile nicht geeignet war.

Anfangs wurde querschlägig „geweitet“ und das Erz nicht „magaziniert“, sondern abgezogen. Später legte man die Weitung zwar querschlägig an, weitete aber streichend. Die Schweben bricht von selbst oder wird hereingeschossen, wenn die Weitung erzleer ist. Das hat den Vorteil, daß beim Weitungsbaue das Wasser erst kommt, wenn ausgeerzt ist. Die Leistung kommt im streichenden Weitungsbaue auf 35 t je Mann und Schicht pro Gewinnungspunkt (Abb. 5).

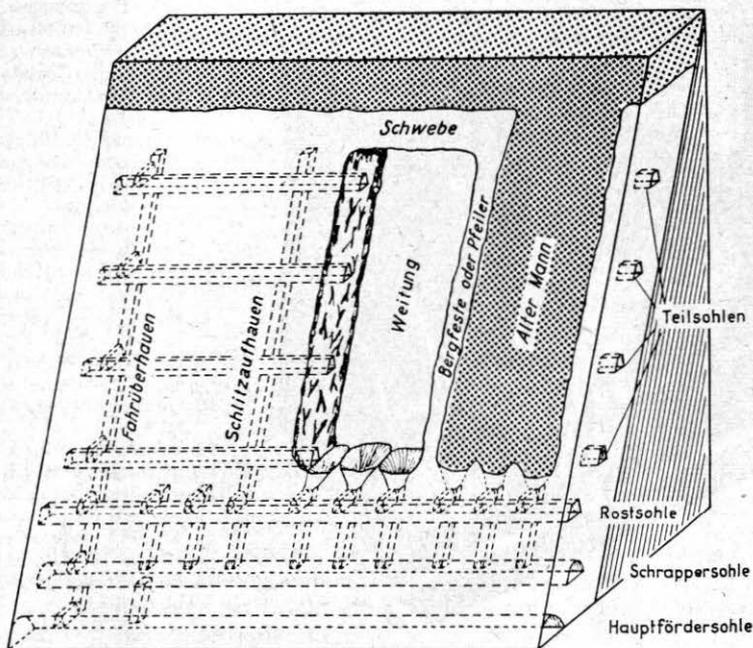
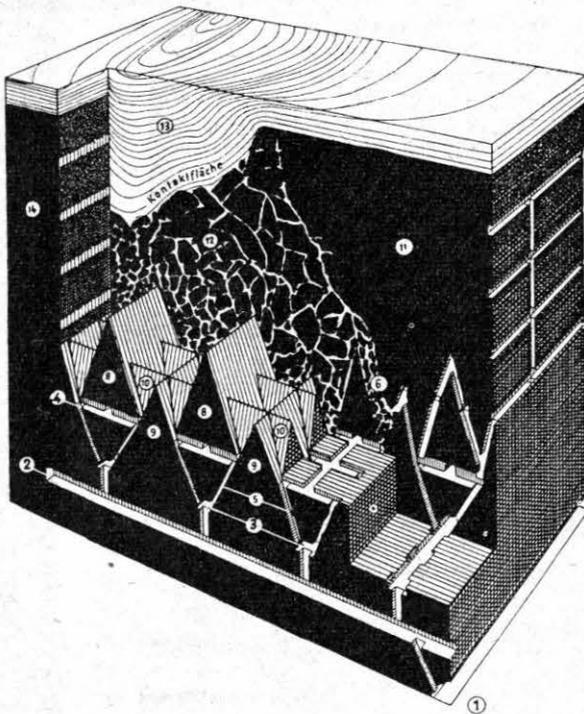


Abb. 5

Man hat dann, z. T. nach dem Vorbild des amerikanischen Erzbergbaus, ein spezifisch für Salzgitter geeignetes Blockbruchbauverfahren entwickelt. Bei diesem Verfahren wird ein größerer (etwa 100 000 t erfassender) „Block“ durch einen vertikalen querschlägigen Kerb und einen Schlitz am Liegenden vom festen Erzkörper gelöst. Ein System dachförmiger Unterschnideflächen löst den Erzkörper auch nach unten. An Abzugstrichtern wird nun ein Brechen des Haufwerkes bewirkt, das sich nach oben fortpflanzt. Die Abstände der Abzugstrichter werden so gewählt, daß keine Pfeiler stehen bleiben und das von der Schwerkraft den Trichtern zugeschobene zerkleinerte Erz nicht etwa nur in der Form „geologischer Orgeln“ anfällt. Die Kontaktfläche zwischen dem Erz und den Bruchmassen des Alten Mannes muß dabei konstant gehalten werden, um das Vorlaufen der spezifisch leichteren Bruchmassen in die Abzugstrichter auszuschalten. Die Auserzung erfolgt also nach einem voraus errechneten Plan. Panzerförderer, Schrapper und moderne Bänder führen das Erz den zentralen Ladestellen zu. Die Leistungen in der Gewinnung betragen bis 45 t/Mann und Schicht.

Bei diesem Verfahren besteht natürlich die Möglichkeit, daß am Alten Mann oder in zu Bruch geworfenen hangenden Wasserhorizonten aufgespeicherte Wasser bereits entweichen, wenn der Abbau noch im Gange ist. Hier geht also das Bestreben dahin, durch eine systematisch „gelenkte“ Gebirgsbewegung das Wasser dorthin zu ziehen, wo es den Abbau nicht stört (Abb. 6).



- 1 Hauptfördersohle
- 2 Sammelschrapperstrecke oder Bandstrecke
- 3 Schrapperstrecken (ggf. Panzerfördererstrecken)
- 4 Rostsohle (Roststrecken und Rostkammern)
- 5 Erzrollen
- 6 Unterschneidestrecken (Dachstrecken) mit Bohrschema für den Unterschneiderraum
- 7 Schlitzstrecken (streichend) bzw. Kerbstrecken (querschlägig) mit Bohrschema für den Schlitz bzw. Korb
- 8 Hauptdächer (über den Roststrecken)
- 9 Zwischendächer (parallel zu 8)
- 10 Querdächer (rechtwinklig zu 9 und — 9)
- 11 anstehender Block
- 12 gebrochener Block
- 13 nachbrechendes Nebengestein oder Alter Mann  
Trennungsfläche zwischen 12 und 13: Kontaktfläche
- 14 Bein, Pfeiler oder Nachbarblock

Abb. 6. Blockbruchbau.

Das Entstehen von größeren Untertagehöhlräumen hat bei einfallender Lagerung zur Folge, daß das Deckgebirge durch Brüche zerlegt wird, die sich in Etappen zur Tagesoberfläche durcharbeiten. Dabei kann es bei einem mechanisch heterogenem Gebirge zu einem „Aufhängen“ und damit zur Ausbildung gefährlicher Wasser-Reservoirs kommen, die denselben hydraulischen Gesetzen gehorchen, wie z. B. Karstgerinne. Erst durch Erfahrung gelang es, solchen unberechenbaren Wassereintritten vorzubeugen.

Es ist klar, daß in diesem bergbaulichen Einwirkungsbereich mindestens 25% der Niederschläge in der Grube erscheinen müssen. Daher sind diejenigen Gruben, die keinen Wasserhorizont am Hangenden haben, in ihren Wasserzuflüssen vorwiegend vom Wetter abhängig. Die gepumpten Mengen bewegen sich mit den Niederschlägen und den Schneeschmelzen auf und ab, genau so wie die Pegelstände von Beobachtungsbrunnen.

Da die Versalzung der Schichten von oben nach unten zunimmt, und da mit zunehmender Teufe auch die Verweildauer des Wassers im Gebirge wächst, ist

verständlich, daß trotz der analytischen Konstanz der Grundwasserstockwerke die Cl-Gehalte ständig gewachsen sind.

Die nachfolgende Tabelle zeigt das deutlich:

Anlage	1943		1953		1963	
	1000 m <sup>3</sup>	mg Cl/l	1000 m <sup>3</sup>	mg Cl/l	1000 m <sup>3</sup>	mg Cl/l
Finkenkühle	300	540	330	1 000	220	1 100
Georg	1 130	250	1 471	500	2 637,0	1 650
Hann. Treue	137,1	9 000	434,1	10 000	348,5	26 500
Haverlahw.	868,3	1 950	776,0	10 000	624,2	10 000
Worthlah-Ohlendorf	55,2	90 000	87,6	110 000	96,4	105 000
Unterkreideerz-Schachtenanlagen Salzgitter	2 490,6	3 340	3 099	7 324	3 926	7 683

Ein Beweis für die vom Abbau angezogenen, aufgespeicherten und nach längerer Verweildauer angezogenen Standwässer sind

1. ihre zu Anfang des Einbruchs besonders hohen Temperaturen, die oft mehrere Grade über der Gebirgstemperatur liegen,
2. ihre anfangs um ein Vielfaches höheren Cl-Werte, die mit den nachlassenden Wasserzuffüssen fallen und mit deren Vermehrung wieder steigen können,
3. ihr muffiger Geruch.

Gliedert man die gepumpten Wasser nach ihrer mutmaßlichen Herkunft (Abb. 7—9), so ist der Anteil des vom Abbau „angezogenen“ Niederschlagswassers ständig gewachsen. Die geförderte Erzmenge, in m<sup>3</sup> ausgedrückt, entspricht vielfach denjenigen Wassermengen, die im Bergbau-Einwirkungsbereich als Niederschlagswasser in den Boden kamen. Ist das Verhältnis Erzförderung zur Wasserförderung ungünstiger, so bringt diese Vermehrung immer Zuflüsse aus angeschnittenen Grundwasserhorizonten.

#### 4. Beispiele für die Beurteilung der Wasserzuflüsse

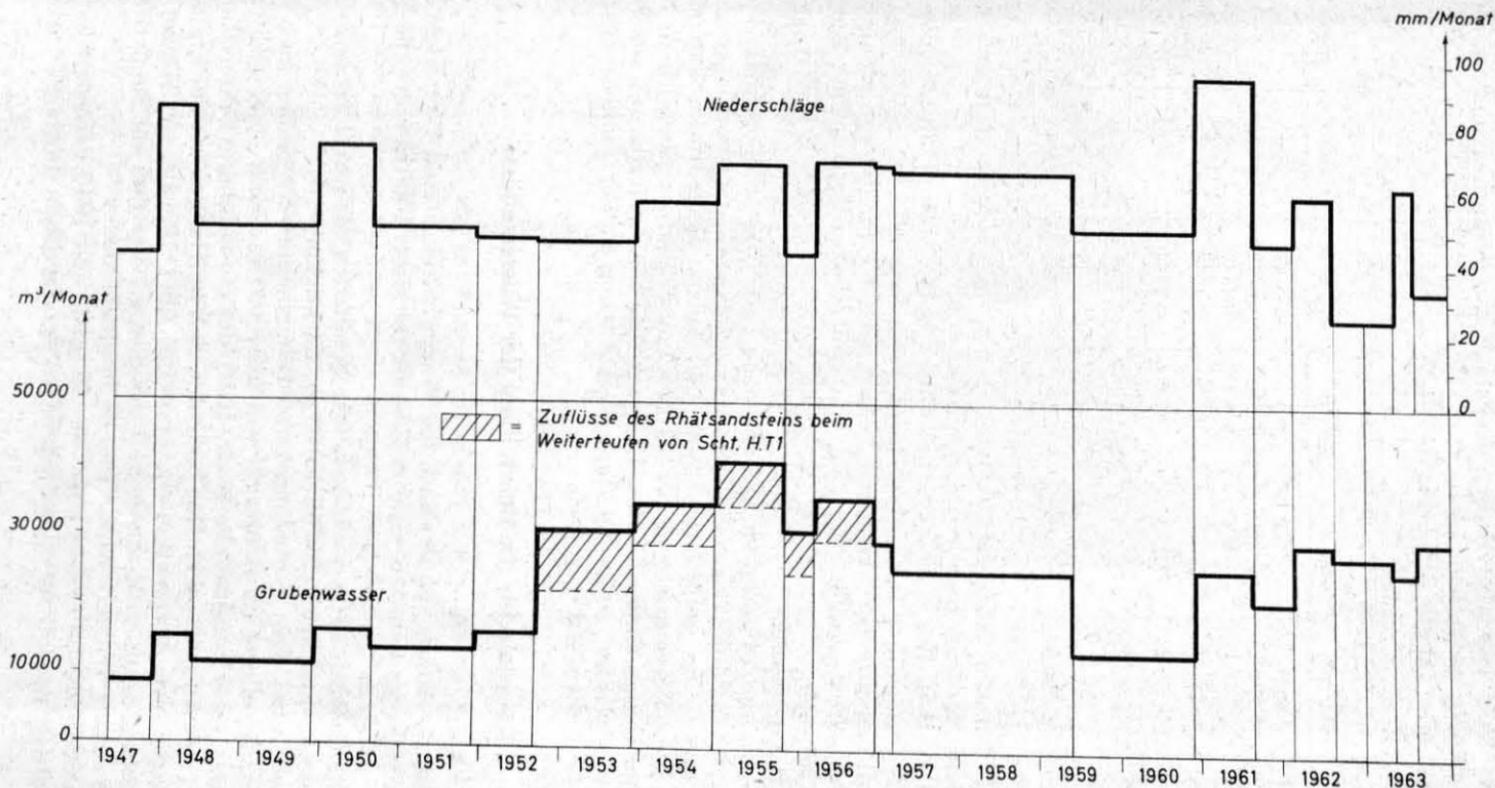
##### 1. Schacht Georg

Der von dieser Anlage, zu der auch die Wasserhaltungs- und Wetterschächte Johannes und Galbergs gehören, erfaßte Erzkolk reicht bis 1500 m unter die Erdoberfläche.

Gerade die tieferen Teile der Lagerstätte beinhalten das qualitativ beste Erz und ein geschlossenes Lager von über 100 m Mächtigkeit.

Leider liegt über dem synsedimentären Ringelheimer Erzgraben auch eine Mächtigungsanschwellung des Unterhalb von über 100 m. Darin eingeschaltet ist ein 10 bis 50 m starker Sandsteinhorizont (Hils), der ein nutzbares Porenvolumen von 19% hat (vgl. Abb. 10—11). Das bedeutet, daß im Hangenden der Erzlagerstätte bei Beginn des Abbaus ein Speicher mit über 70 Mio. m<sup>3</sup> Wasser angenommen werden muß. Auf das hohe geologische Alter und die analytischen Eigenschaften dieses Wassers wurde bereits hingewiesen.

Von den 38,8 Mio. m<sup>3</sup> Wasser, die der Bergbau seit 1940 gefördert hat, ist der größte Teil Hilswasser. An allen Stellen, wo der Sandstein durchörtert wurde,



Eisenerzbergwerk Hannoversche Treue  
 Abhängigkeit der Grubenwasser-  
 zuflußmengen von den Niederschlägen

Abb. 7

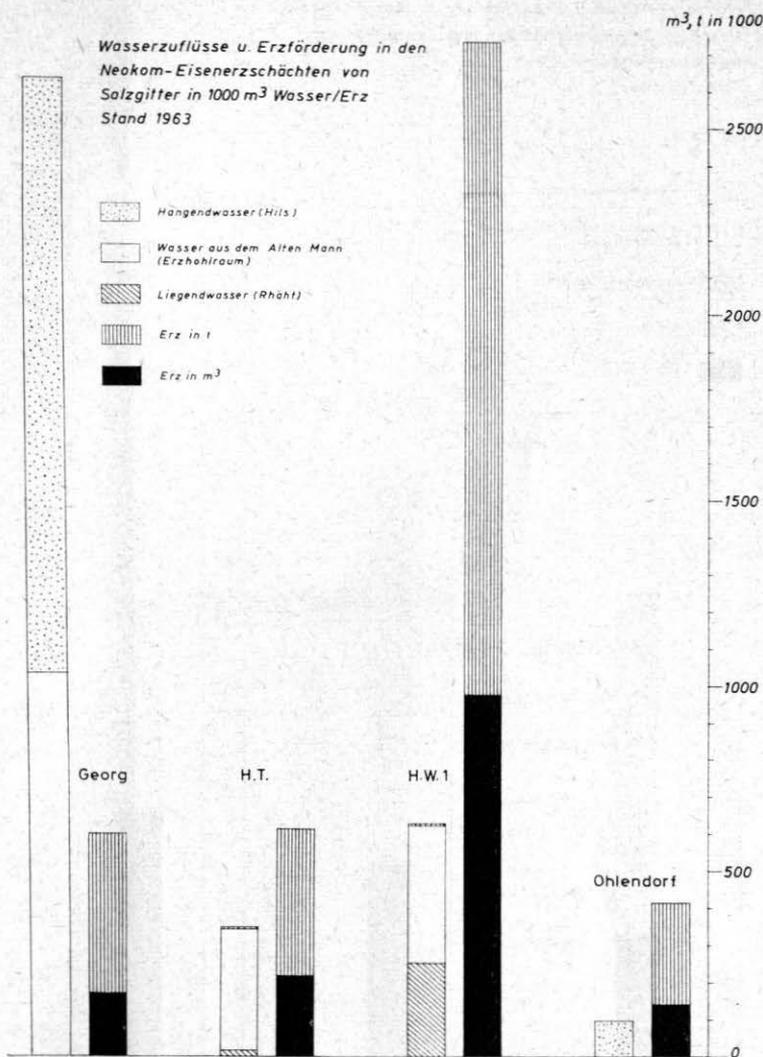


Abb. 8

kamen 1000 bis 1200 l/min Anfangszuflüsse. Durch die Überschneidung der Entwässerungstrichter wurden die Zuflüsse oberer Sohlen z. T. trockengelegt. Aber bei der Feinkörnigkeit des Materials sind die Flanken der Entwässerungstrichter ziemlich steil. Damit setzt eine breitflächigere Vorentwässerung nur ein, wenn ein größerer Bruch in der Nähe drainierender Störungen fällt (vgl. Abb. 12). Dann aber können erhebliche Wassermengen kommen. Bei dem noch immer hohen Anteil des fossilen Hilswassers ist es nicht verwunderlich, daß die in Georg gepumpten Wassermengen bisher keine rechte Parallelität zu den Niederschlägen zeigen.

Wasserzuflüsse u. Erzförderung in den  
Neokom-Eisenerzschächten von Salzgitter  
in  $1000\text{m}^3$  Wasser/Erz

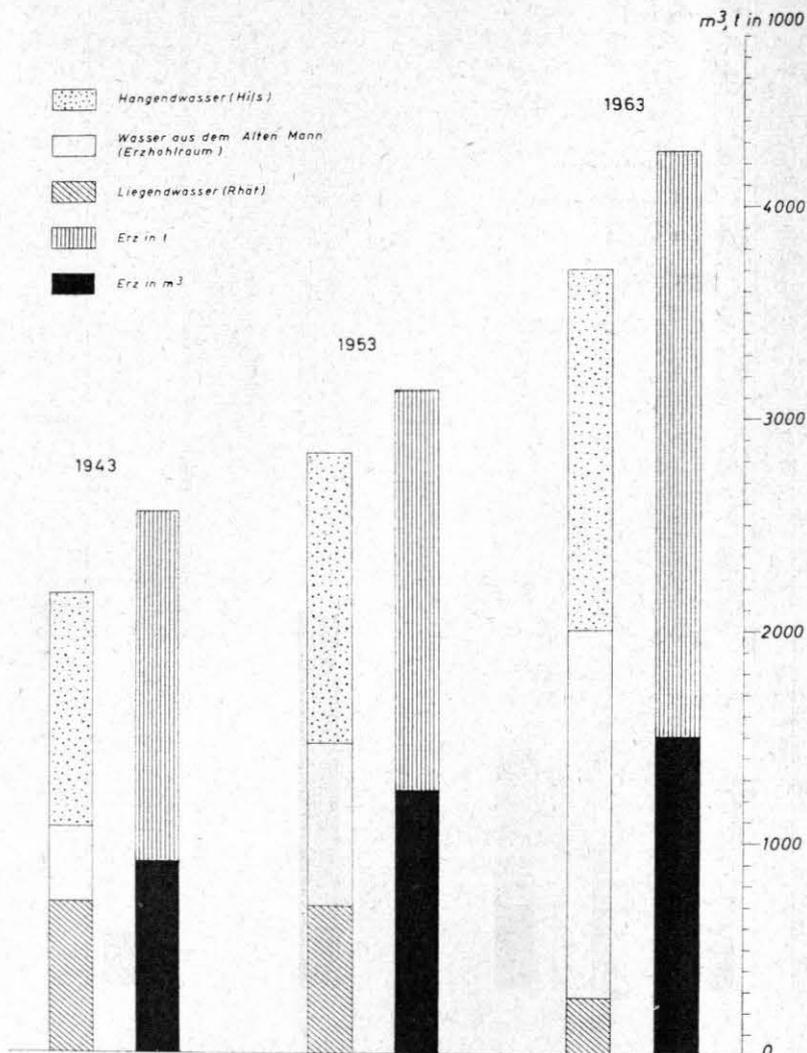
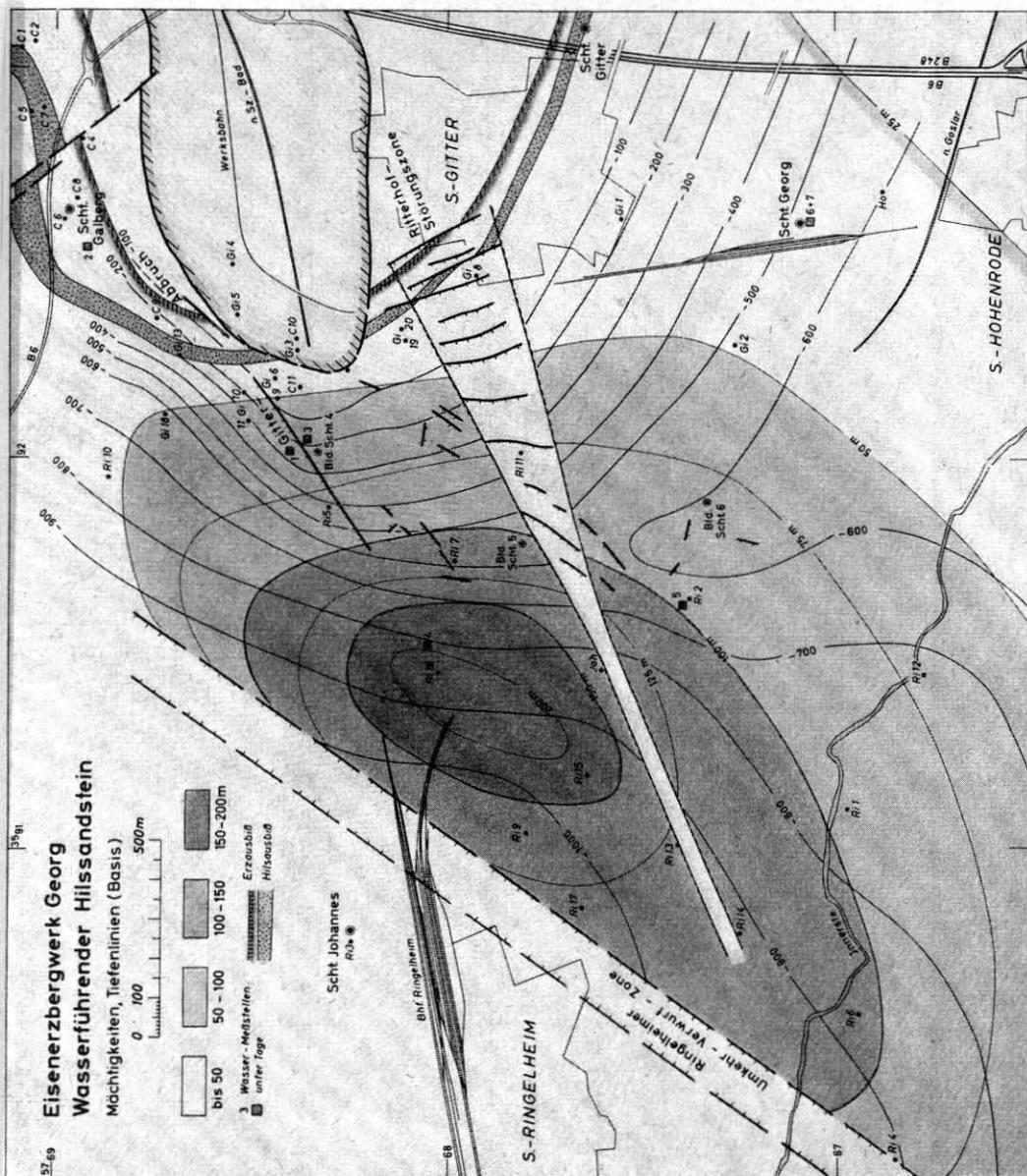


Abb. 9

Es gibt in Georg plötzliche Zuflußsteigerungen aus 4 Gründen:

1. Der Hilssandstein wird bei der Ausrichtung angeschnitten. Das geschah seit 1938 10mal.
2. Hilswasser wird durch weitgreifende Brüche gelöst. Hat diese Entwässerung des Hangenden auf breiter Front schon vorher auf höheren Sohlen bestanden, so können Anzeichen durch ein vorhergehendes Nachlassen der Zuflüsse höherer Niveaus vorhanden sein: 4 Fälle (Abb. 13).



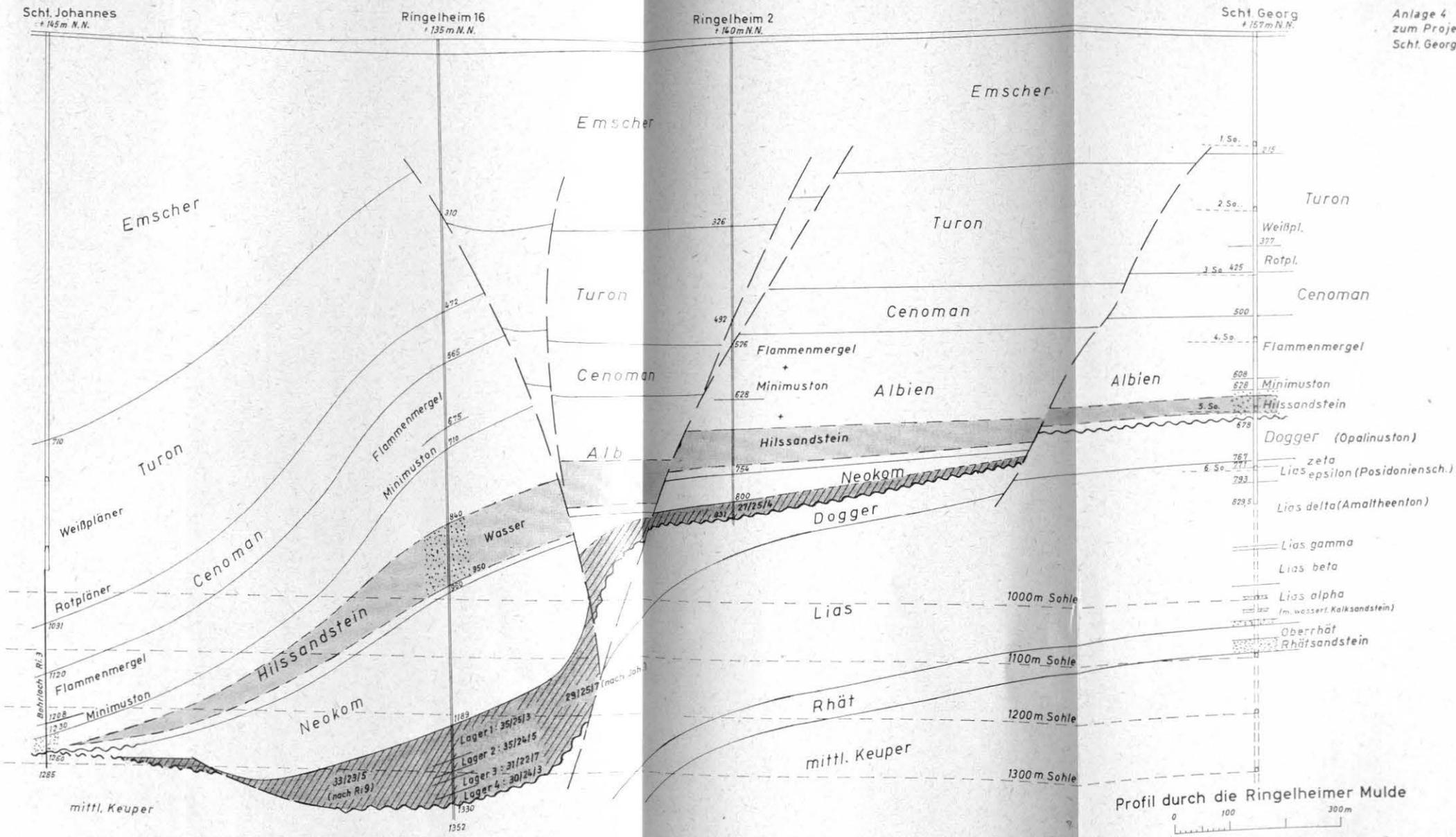


Abb. 11

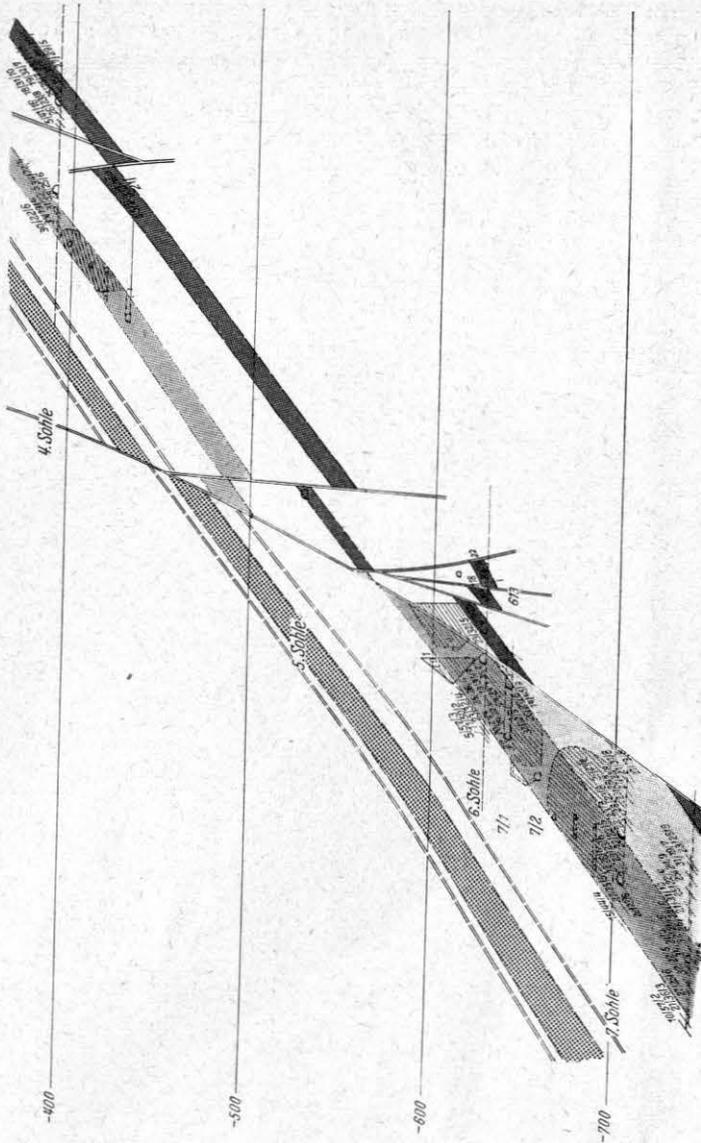


Abb. 12. Teilschnitt Georg: Hilswasserhorizont gerastert. Erzlager in Craufarben.

## 2. Hannoversche Treue (vgl. Abb. 14)

Die Wasserzuflüsse zeigen eine Parallelität zu den Niederschlägen. Dieses Bild wurde gestört durch die Einführung des Blockbruchbaues im Jahre 1962. Zum Teil liegt das an der starken Ausweitung der bergbaulichen Einwirkungsfläche und dem Abbau in einem vorher durch einen Sicherheitspfeiler blockierten zentralen Teil der Lagerstätte.

Ob die Erhöhung der hier schon immer ungewöhnlich hohen Cl-Gehalte nur durch die z. T. lange Verweildauer der Niederschlagswässer hervorgerufen ist,

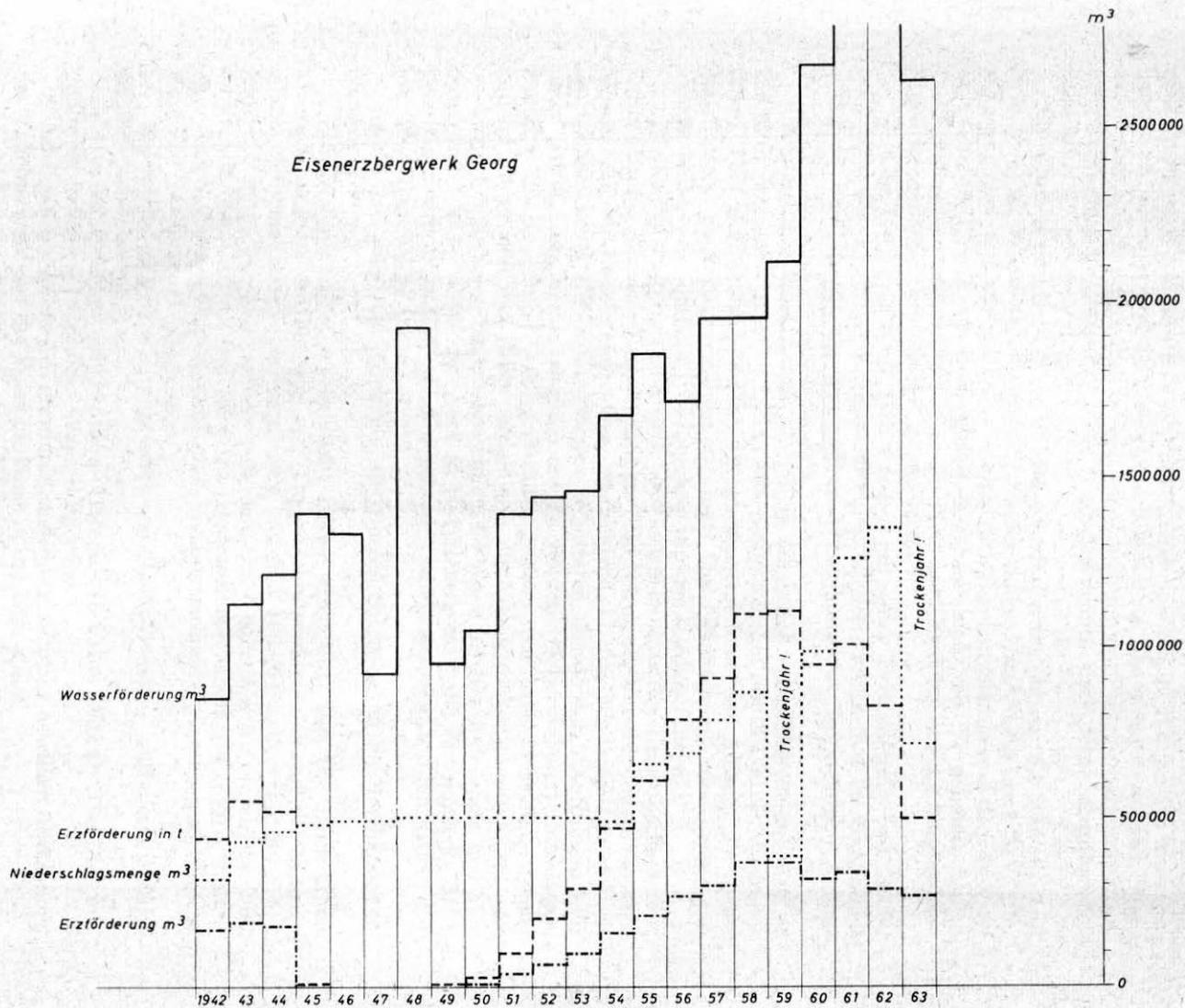


Abb. 13

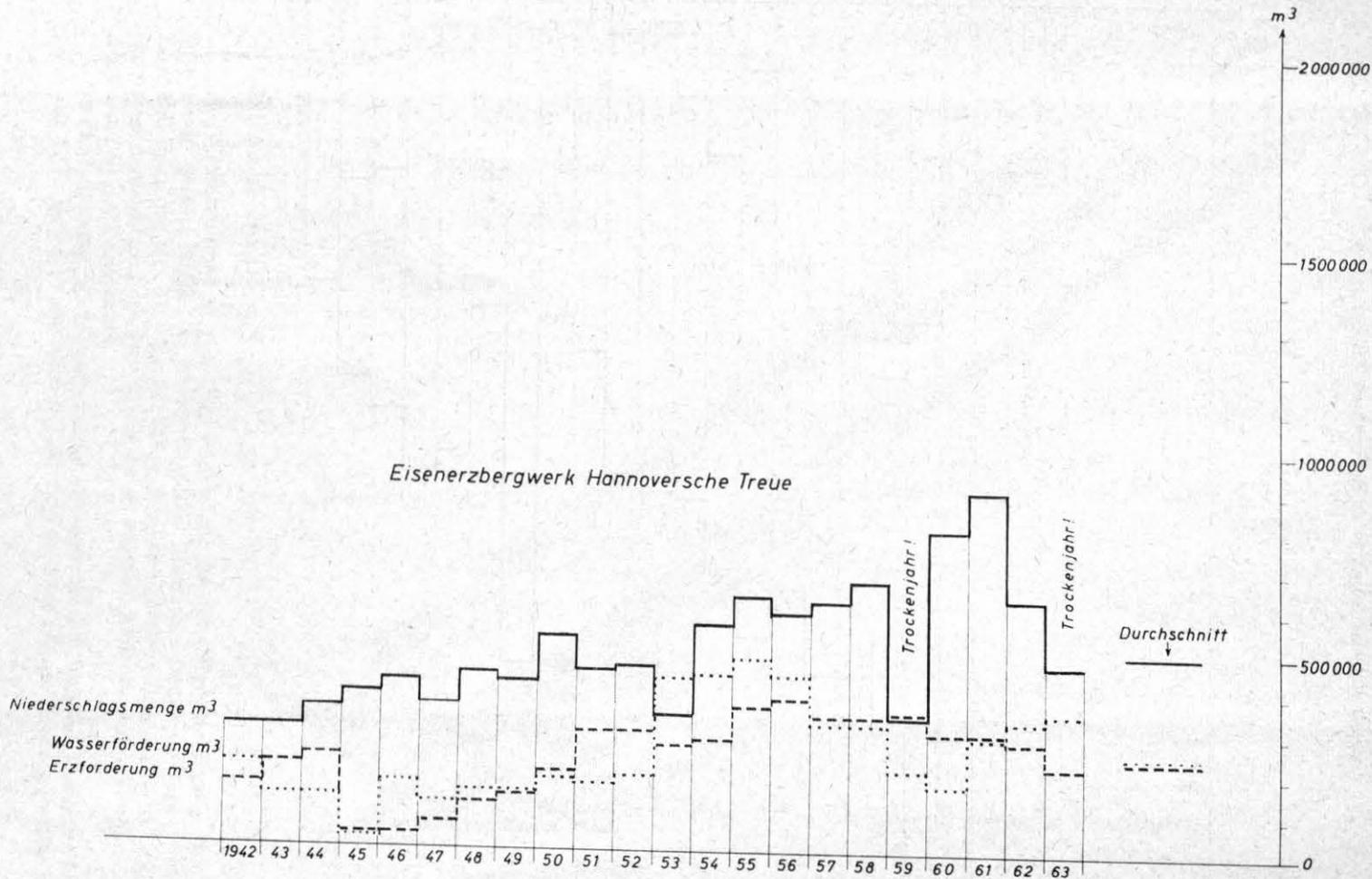


Abb. 14

ist noch nicht geklärt. Der Rhätsandstein im Liegenden führt auch in der Teufe noch Süßwasser. Ausgesprochene Wasserhorizonte sind im Hangenden nicht vorhanden. Aber eine stärkere Kluftwasserführung im Flammenmangel und Pläner ist möglich. Auch bestehen im Südosten der Grube noch wenig bekannte Strukturzusammenhänge zwischen dem Flachstöckheimer und dem Salzgitterschen Salzstock.

Im ganzen sind in H T bei 15 Mio. t Erzförderung (entspr. 5,5 Mio. m<sup>3</sup>) etwa ebensoviel m<sup>3</sup> Wasser gefördert. Die Niederschläge könnten bei etwa 30% Einsickerung (bei dem ausgedehnten ehemaligen Tagebaugelände und dem zu Tage anstehenden Pläner im Bruchgebiet denkbar!) mehr als  $\frac{2}{3}$  geliefert haben.  $\frac{1}{3}$  könnte von „fossilerem“ Wasser geliefert sein. Es fielen auf die bergbauliche Einwirkungsfläche 10,9 Mio. m<sup>3</sup> Regenwasser.

3. Die Grube Haverlahwiese mit einer Erzförderung von 12 000 bis 15 000 t/Tag, die größte Erzgrube der Bundesrepublik, hat im Hangenden auch nur verhältnismäßig bescheidene Wasserhorizonte. Im heutigen Abbaubereich ist der Hils tonig und trocken.

Wesentlicher sind die im Liegenden angeschnittenen Rhätwässer, die seit 1955 nur noch auf der 5. (— 375 m NN) Sohle konstant mit 20 000 m<sup>3</sup>/Monat anfallen. Das sind etwa 40% der Gesamtwasserzuflüsse der Anlage, die dieser 400 m tiefe Entwässerungstrichter bringt. Die Gesamtmenge der gepumpten Wässer zeigt eine deutliche Abhängigkeit von den Niederschlägen.

Niederschlagsspitzen sind auch 500 bis 600 m unter der Tagesoberfläche mit 3- bis 4tägiger Verschiebung erkennbar. 1954 betrug die Verschiebung i. D. einen Monat. Für Wassereinbrüche war entscheidend, ob die Niederschläge ein von der Schneeschmelze gebildetes Reservoir antrafen, das sie durch Auffüllung oder nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren (Heberwirkung) fortdrücken konnten. Dieser „Puffer“ ist heute durch gezielte technische Maßnahmen weitgehend abgezogen und daher wirken sich die Niederschläge unmittelbarer aus.

Mit den früheren Einbrüchen kamen Cl-Werte bis 40 g/l, die dann in 4 Monaten auf 8 g Cl/l absanken. Auch in Haverlahwiese ist die Zunahme des Salzgehaltes nicht erkennbar in den echten Grundwasserstockwerken (Rhät hat nur 32—78 mg Cl/l).

Auch hier liegt die Zunahme an höheren Salzgehalten im durchflossenen Gestein.

Die Zuflußmaxima im Frühjahr treten schlagartig auf, die herbstlichen Maxima pendeln sich langsam ein. Trockenjahre wirkten sich auf die Wasserzuflüsse günstig, nasse Jahre ungünstig aus. Seit 1953/54 haben sich die Frühjahrsspitzen mehr zum Sommer verschoben. Das niederschlagreiche Jahr 1959/60 wirkt sich erst 1960/61 aus. Niedrige Niederschläge wirken sich also unmittelbar aus; hohe zeigen insgesamt eine Phasenverschiebung, wenn auch direkte Einflüsse durchaus erkennbar sind.

Brunnenpegel gehen — abgesehen von Sommerregen — auffallend parallel zu den Zuflußmessungen.

Haverlahwiese hat bisher (nur im Tiefbau!) 46,8 Mio. t Erz (= 16,1 Mio. m<sup>3</sup>) gefördert bei etwa 18 Mio. m<sup>3</sup> Wasserförderung.

Sehr günstig wirkte sich die durch verkippten Abraum bewirkte Abdichtung der Tagebausohle auf die Wasserzuflüsse in der Grube aus.

4. Die an der Ostflanke des Flachstöckheimer Salzstocks gelegene Grube Wortlah-Ohlendorf (Abb. 8) hat nur verhältnismäßig kleine Zuflüsse (170 l/min). Sie entstammen den vom Salzstock geschleppten U-Alb-Schichten,

die im Süden des Grubenfeldes ein Hilssandstein-Paket einschließen. Das Wasser ist eine Natriumchloridsole mit 105—130 g Cl/l. Da kein leistungsfähiger Vorfluter vorhanden ist, wird das Wasser auf dem Top des Salzstocks 50 bis 60 m tief in ein ohnehin versalztes Kies-Grundwasserstockwerk eingeleitet. Schluckbrunnen, für die eine Auflage — Kontrolle der etwaigen Änderung der Salzwassergrenze — erteilt wurde, arbeiten seit 1952 ohne Beanstandung.

#### SCHEMA DER NASSAUFBEREITUNG

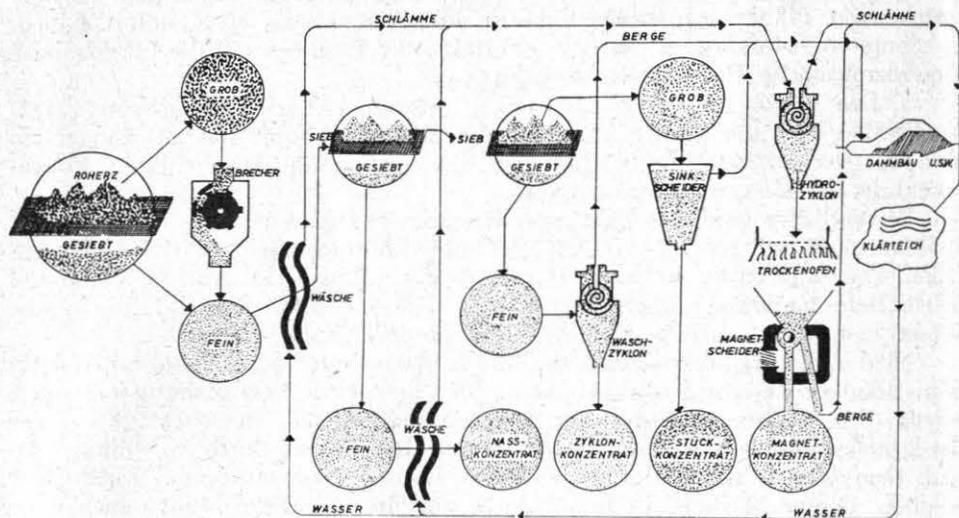


Abb. 15

### 5. Die Verwendung der Grubenwässer für die Erzaufbereitung

Das Erz (etwa 20 000 bis 25 000 t Roherz/Tag), das 28—29% Fe enthält, wird zentral zu einem Konzentrat von 36—37% Fe naßmechanisch verändert. Die Stückberge (über 8 mm) mit 10—12% Fe werden zum Bau von Klärteichdämmen verwendet. Dem Schlamm mit einer Korngröße von 0,2 bis 0,02 mm wird mit einem Hydrozyklon, durch Trocknung und einen Starkfeldnaßmagnetscheider das Korn über 0,06 mm entzogen und daraus das Erzkorn ebenfalls herausgezogen (Abb. 15).

So gehen die Schlämme mit nur 12% Fe in die Klärteiche.

Das Fe-Ausbringen liegt insgesamt bei 85%, das SiO<sub>2</sub>-Fortbringen bei 60%.

Diese Waschprozesse erfordern etwa 2 cbm Wasser pro Roherzdurchsatz, pro Tag also rd. 40 000 m<sup>3</sup> Washwasser.

Man nimmt dazu die gehobenen Grubenwässer der nahegelegenen Gruben und löst damit auch das Problem des Salzgehaltes dieser Wässer, für die über die Vorfluter z. T. gar keine Verdünnungs- bzw. Abflußmöglichkeit gegeben wäre.

Auf eine Rücknahme des Wassers nach der Klärung kann naturgemäß nicht verzichtet werden.

1 t Roherz erfordert  $0,25 \text{ m}^3$  Klärteichraum, bei 20 000 t/Tag Roherz also  $5000 \text{ m}^3/\text{Tag}$ . Das sind bei 10 m Tiefe  $500 \text{ m}^2$  Fläche/Tag.

Die Verluste durch die Schlammablagerung und Aufbereitung betragen i. D.  $2500 \text{ m}^3/\text{Tag}$ , durch Verdunstung usw. etwa  $1000 \text{ m}^3/\text{Tag}$ . In niederschlagsreichen Jahren ist diese Menge geringer. Die Steuerung der Ableitung erfolgt mit einem selbstschreibenden Leitfähigkeitsmesser, der in den Vorfluter eingebaut ist.

Auf die Probleme der Spülsandgewinnung für die Anlage Peine und Konrad und die ebenfalls von uns beratene Grundwasserabsenkung im Industriegelände kann im Rahmen dieses Vortrags nicht eingegangen werden.

### Schriften

- BRINKMANN, R.:  $\text{C}^{14}$ -Altersbestimmung von Grundwasser. — Die Naturwiss. 46. Jg., H. 1, S. 10 bis 12, 1959.
- BÜCKEN, K. H.: Besichtigung der Aufbereitungsanlagen in Salzgitter-Calbecht. — Erzmetall XV, H. 4, S. 228. Clausthal, April 1962.
- CLASSEN, H. J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse der Innerste-Mulde unter besonderer Berücksichtigung des Eisenerzbergbaus bei Ringelheim. Diss. Bonn 1957.
- DAHLGRÜN, F.: Hydrogeologie und Wasserversorgung. — Abh. RA. f. B., N. F., H. 209, 1. Bd., S. 9—17. Berlin 1944.
- DIENEMANN, W., & FRICKE, K.: Mineral- und Heilwässer, Peloide und Heilbäder in Niedersachsen. — Geologie und Lagerstätten Niedersachsens, V. Bd., 5 Abb. Chr. Hinck, Hannover 1962.
- GOLTZ, A.: Der Erzbergbau Salzgitter und seine Zukunft. — Stahl u. Eisen 84, Nr. 8, S. 476 bis 478, 1964.
- GOLTZ, A., & NEUMANN, K.: Die Erzaufbereitungsanlage Calbecht der Erzbergbau Salzgitter AG. — In: „Erzaufbereitungsanlage in Westdeutschland“, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.
- KÖLBEL, H.: Die tekton. u. palaeogeogr. Geschichte des Salzgitterer Gebietes. — Abh. RA. f. B., N. F., H. 207. Berlin 1944.
- KOLBE, H.: Einige Bemerkungen zu den geolog. Voraussetzungen der Wasserwerke Altwallmoden und Baddeckenstedt. — J. D. G. G., Bd. 113/1, S. 27—30. Hannover 1961.
- MARTINI, H. J.: Salzsättel und Deckgebirge. — J. d. D. G. G., Bd. 105, 4. Teil, S. 823—836. Hannover 1955.
- MEYER, H.: Der Eisenerzbergbau Salzgitter. — Unveröffentl. Vortragsmanuskripte, Febr. 1964.
- NEUMANN, K.: Gewinnung und Aufbereitung Salzgitterer Eisenerze. — Jahresvers. Westdtsch. Wasserwirtschaftsverband, S. 108—112. Essen 1952.
- Starkfeldmagnetscheidung von Eisenerzen. — Erzmetall Bd. XVII, S. 401 u. f. Clausthal, Aug. 1964.
- PRAUSE, H.: Erkenntnisse über den Einfluß von Abbauverfahren auf die Wirtschaftlichkeit von Erzbergwerken. — Erzmetall Bd. XVI, H. 12, S. 634—640. Clausthal, Dez. 1963.
- PREUL, F.: Unveröffentl. Entwurf über die Hydrogeologie. — Blatt Ringelheim. Hannover 1963.
- SCHLEIER, O.: Die Klärteichwirtschaft bei der Naßaufbereitung der Salzgitterer Erze. — Westdtsch. Wasserwirtschaftsverband 6/7, Okt. 1952. Vortragssammlung. Essen 1952.
- Untersuchungen über wasserwirtschaftliche Fragen im Betrieb der Erzbergbau Salzgitter AG. (unveröffentl. Manuskript).
- SCHREWE, H.: Die Wasservorkommen des Vorharzes und die Fernwasserversorgung. — Jahresversammlung der Westdtsch. Wasserwirtschaftsverbandes, S. 89—107. Essen 1952.
- SEITZ, O.: Das Ergebnis von 4 Tiefenbohrungen im Felde Bismarck bei Liebenburg über Goslar (Hils-Kalk). — Roemeriana I, Dahlgrün-Festschrift, S. 289—298. Clausthal 1954.
- ZOBEL, FR.: Quellen, Bäche, Teiche und Sümpfe im Landkreis Goslar. — Blätter für Volkstum und Heimat im Reg.-Bezirk Hildesheim, H. 4/5 u. 7, Verlag Lax, Hildesheim 1941.

Jacobshagen, V. & Münnich, K. O. (1964): C<sup>14</sup>-Altersbestimmung und andere Isotopen-Untersuchungen an Thermalsolen des Ruhr-Karbons – Kurzfassung. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 160.

## C<sup>14</sup>-Altersbestimmung und andere Isotopen-Untersuchungen an Thermalsolen des Ruhr-Karbons<sup>1)</sup>

Kurzfassung

Von V. JACOBSHAGEN \*), Marburg/L. und K. O. MÜNNICH \*), Heidelberg

Es wurde versucht, das C<sup>14</sup>-Alter thermaler Tiefen-Salzwässer von den Zechen Walsum, Auguste Victoria, Westerholt und Scholven zu bestimmen.

Der Methode liegt die auch theoretisch begründete Erfahrung zugrunde, daß Bikarbonat führende Grundwässer bezogen auf den Gesamtkohlenstoffgehalt etwa 85 % des C<sup>14</sup>-Gehaltes von rezentem Holz aufweisen. (BRINKMANN, MÜNNICH & VOGEL 1959, 1960). Wenn Grundwasser durch die Versickerung atmosphärischen und biosphärischen Einflüssen entzogen wird, sinkt der C<sup>14</sup>-Gehalt entsprechend dem radioaktiven Zerfall dieses Isotops, und darauf beruht die Altersbestimmung.

Von den 4 untersuchten Proben erwiesen sich 3 innerhalb des experimentellen Fehlers frei an C<sup>14</sup>; der geringe C<sup>14</sup>-Gehalt der vierten Probe geht auf eine geringe Tagewasser-Beimischung zurück, die sich auch durch Anwesenheit von Tritium verrät. Demnach wäre das Tiefenwasser der untersuchten Schachtanlagen älter als 30 000 Jahre. Erhöhter C<sup>13</sup>-Gehalt weist jedoch darauf hin, daß zwischen dem Tiefenwasser und magmatischer Kohlensäure ein Isotopenaustausch stattgefunden hat, bei dem auch der ursprüngliche C<sup>14</sup>-Gehalt verdünnt worden sein muß. Nach den Meßwerten ist unwahrscheinlich, daß mehr als die Hälfte des ursprünglichen Kohlenstoffs ausgetauscht wurde, so daß das Altersdatum allenfalls um eine C<sup>14</sup>-Halbzeit, also höchstens auf 24 000 Jahre, verringert werden müßte. Danach wären die untersuchten Wässer vor Beginn des Hauptwürm-Stadials in den Boden eingesickert. Es ist ferner nicht auszuschließen, daß auch Inkohlungskohlensäure zur Verdünnung des C<sup>14</sup>-Gehaltes beigetragen hat. Inkohlungskohlensäure enthält besonders wenig C<sup>13</sup>; es wäre denkbar, daß sich das dennoch nicht an der heutigen C<sup>13</sup>-Konzentration verrät, weil das zu erwartende C<sup>13</sup>-Defizit durch C<sup>13</sup>-reiche magmatische Kohlensäure ausgeglichen sein könnte. Immerhin bleibt festzustellen, daß die untersuchten Thermalsolen des Ruhrgebietes in Europa die einzigen bisher bekannten C<sup>14</sup>-freien Grundwässer sind und daher ein hohes Alter haben dürften. Die Gehalte an Deuterium und O<sup>18</sup> weisen zudem darauf hin, daß diese Wässer unter anderen (trockeneren) Klimabedingungen als heute der Erdoberfläche entzogen worden sind.

<sup>1)</sup> Dieser Vortrag erscheint ausführlich im Neuen Jahrbuch für Geologie und Paläontologie.

\*) Anschriften der Autoren: Dr. V. JACOBSHAGEN, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Marburg/L., Marburg/L., Deutschhausstraße 10, Dr. K. O. MÜNNICH, II. Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, Heidelberg, Philosophenweg 12.

Michel, G. (1964): Betrachtungen zur Hydrochemie des tiefen Grundwassers im Ruhrgebiet. - Z. dt. geol. Ges. 116(1): 161-166; 1 Abb.

## Betrachtungen zur Hydrochemie des tiefen Grundwassers im Ruhrgebiet<sup>1)</sup>

Mit 1 Abbildung

Von GERT MICHEL\*), Krefeld

### Zusammenfassung

Es wird die Verteilung der chemisch gelösten Hauptbestandteile des tiefen Grundwassers im Ruhrgebiet aus hydrogeologischer Sicht betrachtet.

Hydrogenkarbonat-Wasser ist überall in geringen Tiefen vorhanden. Sulfat-Wasser ist im Süden des Ruhrgebietes, wo das Deckgebirge fehlt, bis in Tiefen von etwa 500 m verbreitet. Chlorid-Wasser ist das eigentliche tiefe Grundwasser des Ruhrkarbons: Der Gesamtlösungsinhalt nimmt mit der Tiefe zu. Chlorid ist fast alleiniges Anion. Natrium dominiert bei den Kationen und nimmt mit der Tiefe quantitativ zu, prozentual jedoch ab. Calcium nimmt zur Tiefe hin absolut und prozentual zu. Magnesium nimmt in Richtung zur intakten Salzlagerstätte zu.

Über die mögliche Herkunft der gelösten Salze wird kein neuer Gesichtspunkt vertreten (vgl. MICHEL, Z. deutsch. geol. Ges., 115, im Druck).

### 1.

Auf den Schachtanlagen des Ruhrgebietes und des linken Niederrheins fallen nach neueren Angaben jährlich etwa 150 Mill. m<sup>3</sup> Grubenwässer an (vgl. auch SEMMLER 1960), welche je nach Teufe und regionaler Lage quantitativ ungleich verteilt sind und qualitativ eine unterschiedliche chemische Zusammensetzung haben.

Es erweist sich als äußerst schwierig, die hydrogeologischen und hydrochemischen Probleme dieses Gebietes klären zu wollen, weil die ursprünglichen hydrostatischen, -dynamischen und -chemischen Gleichgewichte bis ca. 1200 m Tiefe durch den jahrzehntelangen Steinkohlenabbau vollkommen verändert sind. Im Rahmen großregionaler Untersuchungen unter anderer Fragestellung (MICHEL 1963) wurde versucht, aus den zahlreichen, heterogenen, verstreut liegenden hydrochemischen Analysen und anderen Unterlagen einen Überblick über die hydrochemischen Verhältnisse des Ruhrgebietes zu gewinnen. Die jetzt vorliegenden Ergebnisse erheben noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dafür reichen die Unterlagen nicht aus und die Problematik ist zu diffizil und vielschichtig.

Andererseits spielt die chemische Zusammensetzung des tiefen Grundwassers bzw. Grubenwassers für die Praxis des Bergmanns eine so bedeutende Rolle, daß es sich lohnt, diesen Fragen Beachtung zu schenken.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten auf der Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Essen am 9. 5. 1964.

\*) Anschrift des Autors: Dr. GERT MICHEL, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, Westwall 124.

An dieser Stelle sei noch eine nomenklatorische Bemerkung erlaubt: Alle wässrigen Lösungen verschiedener Konzentrationen, die im Normalfall die Klüfte und Poren des tieferen Untergrundes füllen, sind Grundwasser. Dieses Grundwasser wurde als tiefes Grundwasser bezeichnet (MICHEL 1963). Andere Autoren bezeichnen es als Formationswasser, Schichtwasser, tieferes Grundwasser, Tiefenwasser, Tiefenstandsgrundwasser o. ä. Grubenwasser ist nicht definiert. Es setzt sich zusammen aus tiefem Grundwasser, Grubenstandwasser (Wasser in abgeworfenen Abbauen) und Sickerwasser.

## 2.

Methodisch wurde wie folgt verfahren: Die zahlreichen, bereits vorliegenden Analysen, in verschiedenen Laboratorien für die verschiedensten Belange angefertigt und in unterschiedlichen Maßeinheiten vorliegend, wurden in die Ionen-Form umgerechnet und in Milligramm/Liter (mg/l), Milligrammäquivalenten (mval) und Äquivalentprozenten (mval<sup>0</sup>/o) angegeben.

Die Äquivalentprozente ermöglichen eine Einteilung in Grundwasser-Typen. Für die Kennzeichnung eines Typs werden alle Ionen herangezogen, deren Gehalt 10 mval<sup>0</sup>/o überschreitet. Die in der Balneologie gebräuchliche Typen-Einteilung berücksichtigt nur Ionen-Gehalte von über 20 mval<sup>0</sup>/o. Dieses Prinzip mußte durchbrochen werden, weil im Ruhrgebiet im tiefen Grundwasser in den meisten Fällen Natrium- und Chlorid-Ionen dominieren und daher nur die mval<sup>0</sup>/o-Anteile zwischen 10 und 20 (im Text in Klammern gesetzt) eine nähere hydrochemische Typisierung des Grundwassers ermöglichen.

## 3.

Die Typen-Einteilung des Grundwassers erfolgt somit nach chemischen Gesichtspunkten.

Nach dem jeweils vorherrschenden Anion können 3 Gruppen von Grundwasser-Typen unterschieden werden, nämlich

Hydrogenkarbonat-Wässer  
Sulfat-Wässer  
Chlorid-Wässer.

Die räumliche Verbreitung dieser Wässer im Ruhrgebiet und am Niederrhein ist in einem Profil schematisch dargestellt (Abb. 1).

Die Hydrogenkarbonat-Wässer, vom

Ca-(Na)-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-(Cl)-Typ,  
Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Typ  
und/oder Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Typ  
und/oder Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>-Typ,

sind überall in geringen Tiefen anzutreffen. Ihr Gesamtlösungsinhalt liegt meist unter 1000 mg/l. Sie repräsentieren das oberflächennahe, meteorisch stark beeinflusste Grundwasser und sollen hier nicht besonders betrachtet werden.

Die Sulfat-Wässer, vom

Na-Ca-SO<sub>4</sub>-Cl-Typ  
und/oder Na-Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Cl-Typ,

treten vorwiegend im südlichen Verbreitungsgebiet des Oberkarbons, wo das Deckgebirge fehlt und das Niederschlagswasser leicht einsickern kann, bis in Tiefen von etwa 500 m unter NN auf, meist unterhalb einer geringmächtigen

Zone von Hydrogen-Karbonat-Wasser. Sie fehlen anscheinend in ihrer charakteristischen Form (mit über 50 mval<sup>0</sup>/<sub>0</sub> SO<sub>4</sub>'') am Niederrhein. Ihr Gesamtlösungsinhalt ist relativ gering (maximal einige 1000 mg/l).

Der Sulfat-Gehalt dürfte sekundär sein. Die in den oberkarbonischen Schichten z. T. reichlich enthaltenen Eisensulfide oxydieren unter Sauerstoffzutritt zu Sulfat. Abbaueinwirkungen und großräumige Grundwasserabsenkungen sowie Schwankungen der Grundwasseroberfläche begünstigen und beschleunigen diese Vorgänge.

Bei einem Teil der Sulfat-Wässer wird es sich sicherlich auch um Grubenstandwasser (SEMMLER 1960) handeln.

Die Chlorid-Wässer, vom

Na-Cl-Typ  
und Na-(Ca)-Cl-Typ  
sowie Na-(Mg)-Cl-Typ (bisher nur  
am Niederrhein bekannt),

sind im Norden des Ruhrgebietes in dem z. T. von sehr mächtigem Deckgebirge überlagerten Oberkarbon und den untersten Partien des Deckgebirges, im Süden des Ruhrgebietes im Liegenden der Sulfat-Wässer verbreitet.

#### 4.

Die Chlorid-Wässer können als die normale Kluft- und Porenfüllung bzw. als das eigentliche tiefe Grundwasser des Ruhrkarbons angesehen werden.

Die Konzentration schwankt zwischen einigen 1000 mg/l und über 200 000 mg/l. Sie nimmt in der Regel mit zunehmender Tiefe zu.

Die Hauptbestandteile verteilen sich etwa wie folgt (Durchschnittswerte):

Cl'	96—100	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
SO <sub>4</sub> ''	0	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
HCO <sub>3</sub> '	meist unter 0,5	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Na'	80—87	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Ca''	10—12	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Mg''	3—6	mval <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Bei den Anionen überwiegt bei weitem das Chlorid-Ion. Es ist neben Natrium Restprodukt der Grundwasser-Diagenese und/oder Migrationsprodukt subrodierter Salzlager.

Sulfate fehlen oder sind nur in geringen Mengen vorhanden. Dies ist keine Besonderheit, wenn man bedenkt, daß das tiefe Grundwasser anderer Steinkohlengebiete und fast aller Erdöllagerstätten ebenfalls sulfatfrei oder -arm ist, die Folge einer erfolgten Sulfatreduktion (H. SCHOELLER 1956, u. a.). Diese Reduktion der Sulfate fand wahrscheinlich hauptsächlich schon in einem frühen

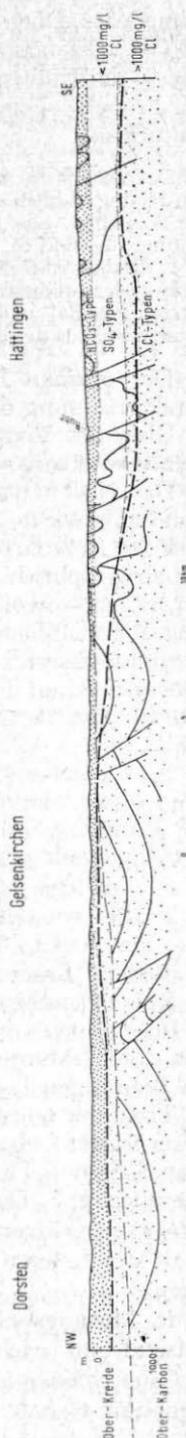


Abb. 1. Die Verteilung der hydrochemischen Grundwassertypen, dargestellt in einem schematischen Profil durch das Ruhrgebiet.

Stadium der Diagenese unter Mitwirkung von sulfatreduzierenden Bakterien statt (W. v. ENGELHARDT 1961) und hält noch heute an. Dafür sprechen die Ergebnisse der Untersuchungen von H. PUCHELT, welcher in vielen von ihm bearbeiteten Proben lebende sulfatreduzierende Bakterien auffand, z. B. *Desulfovibrio desulfuricans*.

Das Fehlen des Sulfats ist eine Voraussetzung, daß in dem tiefen Grundwasser Barium-Ionen relativ reichlich vertreten sind. Ba<sup>++</sup>-Gehalte von 1000—3000 mg/l (0,1—1,7 mval%) sind keine Seltenheit. Die Herkunft des Bariums und des mit ihm teilweise vergesellschafteten Strontiums (es sind Sr<sup>++</sup>-Gehalte von über 1000 mg/l bekannt) ist umstritten. Beide sollen für eine hydrothermale Zufuhr aus erzfreien Restlösungen („juveniles Wasser“) in das tiefe Grundwasser sprechen (K. PATTEISKY 1954, u. a.). H. PUCHELT (1963) konnte zeigen, daß das Auftreten von Ba<sup>++</sup> und Sr<sup>++</sup> im tiefen Grundwasser von Kohlengebieten auf Grund des reduzierenden Milieus der grundwasserführenden Gesteine ohne juvenile Zufuhren zu erklären ist.

Der geringe Hydrogenkarbonat-Anteil besitzt für eine spezielle Charakterisierung des tiefen Grundwassers keine Bedeutung.

Über die Verteilung der Kationen Natrium, Calcium und Magnesium ist folgendes bekannt:

Das Natrium überwiegt in den meisten Wässern mit über 75 mval<sup>0/0</sup>. Es nimmt gewichtsanteilig mit größerer Tiefe zu, prozentual (mval<sup>0/0</sup>) jedoch ab.

Der Calcium-Gehalt, welcher im oberflächennäheren Grundwasser aus der petrographischen Zusammensetzung der Grundwasserleiter erklärt werden kann, nimmt sowohl absolut (mg/l) als auch prozentual von etwa 5 mval<sup>0/0</sup> bis 20 mval<sup>0/0</sup> unabhängig von der petrographischen und stratigraphischen Stellung der grundwasserführenden Gesteine mit zunehmender Tiefe zu (MICHEL 1963). So liegen z. B. auf den Schachtanlagen der HOAG, Oberhausen, die Durchschnittswerte für mval<sup>0/0</sup> Ca auf der — 280 m-Sohle bei 8,6, auf der — 730 m-Sohle bei 11,5.

P. D. TORREY (1934), der bei seinen chemischen Untersuchungen des tiefen Grundwassers der Appalachen zu dem gleichen Ergebnis kam, erklärte die Calcium-Zunahme mit Basenaustausch-Vorgängen ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 2 \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{CaCl}_2$ ) und einer bei erhöhten Temperaturen eintretenden Hydrolyse des gelösten Magnesiumchlorids ( $\text{Mg}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}[\text{OH}]_2 + 2 \text{HCl}$ ). Die hierbei entstehende Salzsäure löst vorhandenes Calcium-Karbonat, und es bildet sich  $\text{CaCl}_2$ . W. v. ENGELHARDT (1961) führt die Erhöhung des Calcium-Gehaltes auf Basenaustauschvorgänge an Tonen zurück.

Keine Zunahme des Calcium-Gehaltes mit zunehmender Tiefe ist außerhalb des Ruhrgebietes bisher über der niederrheinischen Salzlagerstätte, die durch einen „Sole“-Mantel vor einer schnellen Auflösung geschützt ist, nachzuweisen (vgl. Bohrungen Isselburg 1 u. 2; Analysen bei MICHEL 1963, S. 100).

Trotz der leichten Löslichkeit der Chloride und Sulfate des Magnesiums im Wasser ist der Gehalt an Magnesium geringer (im Durchschnitt 3—6 mval<sup>0/0</sup>) als an Calcium. Durch Bindung des Magnesiums in diagenetisch neugebildete Mineralien, z. B. Dolomit und Chlorit, ist das tiefe Grundwasser in der Regel an Magnesium verarmt. Bemerkenswert ist deshalb ein relativ hoher Magnesium-Gehalt des tiefen Grundwassers in der Nähe des niederrheinischen Zechsteinbeckens.

In Mutungsbohrungen im Gebiet von Wesel (vor 1902) wurde aus dem Buntsandstein (nach MIDDELSCHULTE 1902; von G. MICHEL, 1963, als aufsteigendes Grundwasser aus dem Zechstein gedeutet) tiefes Grundwasser mit einem Magnesium-Gehalt von 9000 mg/l, entsprechend 54 mval<sup>0/0</sup>, bekannt. Aus einer

Hochbohrung auf einer Schachanlage am Niederrhein wurde in einer Teufe von — 338 m aus Grundwasser aus dem Zechstein I ein Magnesium-Gehalt von 950 mg/l, entsprechend 17,2 mval<sup>0</sup>‰, ermittelt. In beiden Fällen lag der Sulfat-Gehalt zwischen 2000 und 3000 mg/l. Auf Grund weiterer Analysenbefunde, die ebenfalls ein tiefes Grundwasser mit Mg<sup>++</sup>- und SO<sub>4</sub><sup>''</sup>-Gehalten zwischen 10 und 20 mval<sup>0</sup>‰ ergaben, konnte am Niederrhein in den untersten Partien des Zechsteins und dem Grenzbereich zwischen Oberkarbon und Zechstein Grundwasser vom Na-(Mg)-Cl-(SO<sub>4</sub>)-Typ ausgedehnt werden (MICHEL 1963, S. 40).

Nachdem nun auch auf einer Schachanlage nördlich Duisburg im Oberkarbon tiefes Grundwasser mit relativ hohen Magnesium-Gehalten (über 6000 mg/l, entsprechend 28 bis 46 mval<sup>0</sup>‰) bekannt ist, kann als wahrscheinlich angenommen werden, daß die Zunahme des Magnesium-Gehaltes auf die Nähe des Zechstein-Salinars zurückzuführen ist (vgl. MICHEL 1963, S. 60).

## 5.

Die allgemeine Lehrmeinung besagt, daß das versalzene Grundwasser des Ruhrgebietes und des Münsterlandes von den Salzlagerstätten im Zechstein, Röt und Malm herzuleiten ist, die nordöstlich, nördlich und nordwestlich dieses Raumes ausgebildet sind. Es wird eine stetige Subrosion der Salze und Migration der Salzlösungen auf großen Klüftzonen angenommen.

Neuere Untersuchungen (W. v. ENGELHARDT, H. PUCHELT) mineralogisch-hydrogeochemischer Art führten jedoch zu dem Ergebnis, daß die Herleitung des größten Teiles des tiefen Grundwassers aus ausgepreßten Porenlösungen des Oberkarbons ohne Schwierigkeiten möglich ist.

Im Gegensatz hierzu stehen die neuesten palynologischen Untersuchungsbefunde von H. J. DOMBROWSKI (Vortrag am 9. 5. 1964 in Essen): er fand in Grubenwässern des Ruhrgebietes an 4 Stellen Sporen des Zechsteins.

Betrachtet man jedoch die Mineralisation des tiefen Grundwassers im Ruhrgebiet und seiner Randgebiete ebenso wie den heutigen geologischen Bau als das Ergebnis der wechselvollen erdgeschichtlichen Entwicklung dieses Gebietes, so gelangt man zu einer Synthese, in der versucht wird, alle Fakten und Vermutungen als Ganzheit zu betrachten (vgl. MICHEL, Z. deutsch. geol. Ges., 115, im Druck).

Der Nordteil der Rheinischen Masse, das heutige Münstersche Becken und als Teil davon das Ruhrgebiet, war vom Zechstein bis Tertiär fast ununterbrochen Halbinsel und das Meerwasser konnte von 3 Seiten eindringen, sich dort anreichern und verändern sowie mit dem bereits vorhandenen Porenwasser vermischen. Hierzu kam ein Teil des Porenwassers, welches bei der Diagenese der Oberkreide-Mergel anfiel und mit dem bereits vorhandenen Wasser in chemische Wechselbeziehungen trat.

Biogenen Ursprungs werden bestimmte Anteile des tiefen Grundwassers stets sein, wie die Anreicherung biophiler Spurenelemente zeigt (hier nach PUCHELT hohe Lithium-Gehalte; relativ hoher Bor-Gehalt einer Wasserprobe aus der Bohrung Karl Mahne 2).

Erst mit Beginn saxonischer Bewegungen traten Salzlösungen aus den Salzlagerstätten hinzu und fanden bereits ein hochkonzentriertes Wasser vor.

Über eindeutige juvenile Anteile ist nichts bekannt.

Das Produkt dieser wechselvollen Genese ist „connate water“ im weitesten Sinne:

In seiner primären Substanz bei der Sedimentation eingeschlossenes salziges, brackisches oder süßes Wasser, welches im Laufe geologischer Zeiträume im allgemeinen eine chemische Diagenese durch Einwirkungen von Lebewesen und organischen Substanzen, durch Osmose, Adsorption, Ionenaustausch, Sulfatreduktion, petrographische Zusammensetzung der Grundwasserleiter, Verdünnung durch meteorisches Wasser sowie Versalzung durch rezentes Meerwasser und Ablaugungsolen erfahren hat.

Die Frage nach der Herkunft des Salzgehaltes des tiefen Grundwassers wird noch lange Gesprächsstoff der Geologen, Mineralogen, Geochemiker und Bergleute bleiben.

In den seltensten Fällen wird es gelingen, die Herkunft des tiefen Grundwassers eindeutig anzugeben. Es darf nicht vergessen werden, daß wir mit unseren Kenntnissen der Hydrogeologie des tiefen Grundwassers noch am Anfang stehen und viele ungelöste Probleme noch zu klären sind.

### Schriften

- ENGELHARDT, W. v.: Der Porenraum der Sedimente. — 207 S., 83 Abb., Berlin-Göttingen-Heidelberg (Springer) 1960. — Mineralogie und Petrographie in Einzeldarstellungen 2.
- Zum Chemismus der Porenlösung der Sedimente. — The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala XL, S. 189—204, 7 Abb., Uppsala 1961.
- FRICKE, K.: Tiefenwasser, Solquellen und Solewanderung im Münsterschen Becken. — Z. deutsch. geol. Ges., **113**, S. 37—41, 4 Abb., Hannover 1961.
- MIDDELSCHULTE, A.: Über die Deckgebirgsschichten des Ruhrkohlenbeckens und deren Wasserführung. — Z. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen, **50**, S. 320—345, Berlin 1902.
- MICHEL, G.: Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Forsch. Ber. Land Nordrhein-Westfalen Nr. 1239, 131 S., 12 Abb., 8 Anlagen, Köln/Opladen 1963.
- Über die mögliche Herkunft des mineralisierten Grundwassers im Münsterschen Becken. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, 4 Abb., 1 Tab., im Druck.
- PATTEISKY, K.: Die thermalen Solen des Ruhrgebietes und ihre juvenilen Quellgase. — Glückauf, **90**, S. 1334—1348 und 1508—1519, 15 Abb., 15 Tab., Essen 1954.
- PUCHELT, H.: Zur Hydrochemie des Bariums. — Vortragsmanuskript eines am 6. 9. 1963 in Wien auf der Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft gehaltenen Vortrages; im Druck.
- Zur Geochemie des Grubenwassers im Ruhrgebiet. — Vortragsmanuskript eines am 7. 5. 1964 in Essen auf der Tagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft gehaltenen Vortrages; im Druck.
- SCHOELLER, H.: Géochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de pétrole. — 213 S., 48 Abb., Paris 1956 (Zusammendruck aus Rev. Inst. Franc. Pétrole et Ann. Comb. Liquides, **10**, Paris 1955).
- SEMLER, W.: Die Grubenwasserzuffüsse im Ruhrbergbau und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen. — Bergbau, **6**, S. 205—210, 10 Abb., 1955.
- Die Herkunft der Grubenwasserzuffüsse im Ruhrgebiet. — Glückauf, **96**, S. 502—511, 8 Abb., Essen 1960.
- Der Abbau von Steinkohle unter Berücksichtigung der zuzitenden Wässer im Ruhrbergbau. — Bergfreiheit, **25**, S. 143—149, 6 Abb., Essen 1960 (1960 a).
- TORREY, P. D.: Composition of Oilfield Waters of the Appalachian Region. — Problems of Petroleum Geology, Amer. Assoc. Petr. Geol., S. 841—854, 1 Abb., 6 Tab., London (Murby u. Co.) 1934.

## Zur Geochemie des Grubenwassers im Ruhrgebiet

Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität Tübingen  
(Direktor: Prof. Dr. WOLF VON ENGELHARDT)

Mit 12 Abbildungen, 1 Tabelle und einem Tabellenanhang

VON HARALD PUCHELT

### Abstract

Analytical investigations at 98 mine waters from the Ruhr district lead to the conclusion that the deep waters of this region may be considered as pore solutions, i.e. fossil sea water. This interpretation allows the unconstrained explanation of all observed phenomena according to the following sequence of development: syngenetic enclosion of sea water as pore solutions of the sediments; decrease of magnesium concentration and increase of calcium concentration by formation of dolomite from limestone; concentration of the pore solutions under the compaction of the sediments by the sieve action of the clay layers under simultaneous removing of the primary content in sulfate by bacteria activity; increase of strontium and barium concentration according to the decrease of sulfate content; diminuation of potassium content by adsorption on clay minerals; increase of iodine concentration by disintegrating organic matter; increase of lithium concentration by disintegrating plant material. The upward stream of pore solution being expelled from its original sediment by compaction brings with it a part of the heat which it has had at the position from which it derives. No juvenile water is necessary for the explanation of the heat transfer.

### Zusammenfassung

Analytische Untersuchungen an 98 Grubenwässern des Ruhrgebietes führen zu dem Schluß, daß die Tiefenwässer dieses Gebietes als Porenlösungen, d. h. diagenetisch verändertes fossiles Meerwasser, angesehen werden können. Diese Deutung gestattet die zwanglose Erklärung aller beobachteten Phänomene chemischer und physikalischer Art gemäß folgendem Entwicklungsablauf: syngenetischer Einschluß von Meerwasser als Porenlösung der Sedimente; Abnahme des Magnesiumgehaltes der Porenlösung und Ansteigen des Calciumgehaltes infolge Dolomitbildung aus Kalk; Konzentrierung der Porenlösung während der Kompaktion der Sedimente durch die Ionensieb-Wirkung der Tonlagen unter gleichzeitiger Entfernung des primären Sulfates durch Bakterientätigkeit; Ansteigen der Strontium- und Bariumkonzentration entsprechend der Abnahme des Sulfatgehaltes; Verringerung des Kaliumgehaltes durch Adsorption an Tonmineralen; Ansteigen des Jodgehaltes durch Zersetzung organischer Substanz; Ansteigen des Lithiumgehaltes durch Zersetzung von Pflanzenmaterial. Der stets aufwärts gerichtete Strom der ausgepreßten Porenlösung führt einen Teil der Wärme mit sich, die sie im tieferen Bereich gehabt hat. Für die Wärmezufuhr, die in den Gruben des Ruhrgebietes durch die Wässer erfolgt, ist eine zusätzliche Beteiligung von „juvenilen“ Wässern nicht notwendig.

### Einleitung

In den Zechen des Ruhrgebietes müssen jährlich etwa 165 Millionen m<sup>3</sup> Grubenwasser gehoben werden (SEMMLER, 1960), die zum geringen Teil — besonders im Bereich des austreichenden Karbons im Süden — als Wasser mit geringem Salzgehalt von der Erdoberfläche kommen, im wesentlichen aber in Form hochmineralisierter Wässer den Grubengebäuden aus dem Nebengestein oder durchörterten Klüften zufließen. Die Herkunft dieser Wässer wurde verschiedentlich diskutiert, wobei der auftretende hohe Salzgehalt durch Auslaugungen von Zechsteinsalzen im Norden (FRICKE, 1952, 1961; KUKUK, 1938; KUKUK und

HAHNE, 1962; SEMMLER, 1960) oder zumindest teilweise durch juvenile Zufuhren aus der Tiefe (PATTEISKY und HAHNE, 1952; PATTEISKY, 1954; SEMMLER, 1960) erklärt wurde. In einer Arbeit von MICHEL (1963) über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland werden die verschiedenen Deutungen der Herkunft einander gegenübergestellt und zusätzlich die Möglichkeit der Mitwirkung von Porenlösungen erwähnt.

Eine konsequente Diskussion der Herkunft der Wässer auf Grund einer geochemischen Bilanz war bislang nicht möglich, da die meisten vorhandenen chemi-

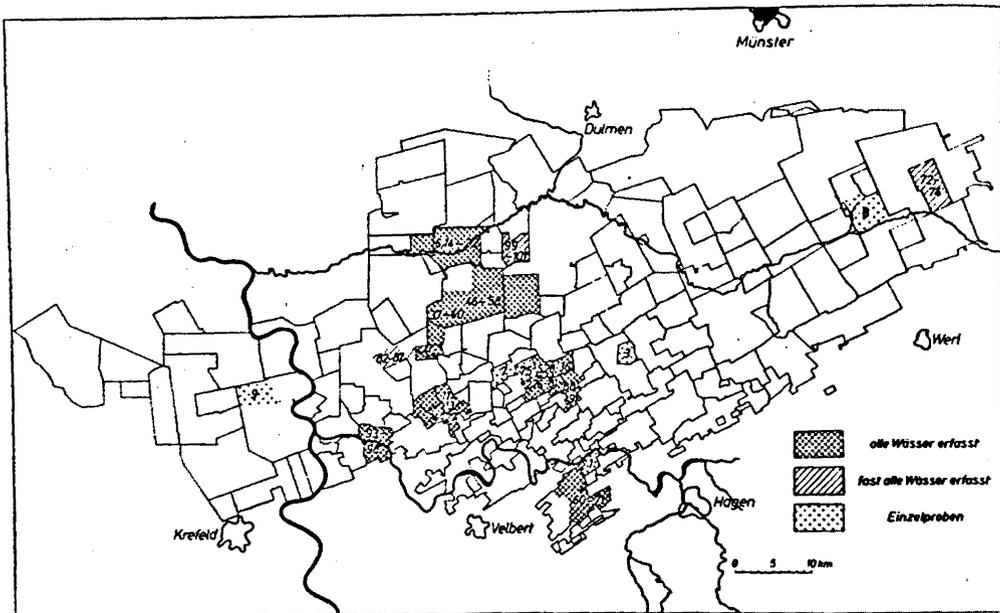


Abb. 1. Probenahmepunkte im Untersuchungsgebiet.

schen Analysen von Grubenwässern nur wenige Elemente erfaßten, „Alkalien“ oder „Erdalkalien“ zum Teil als Gruppen bestimmt wurden und oft der Rest als Differenz der bestimmten Elemente gegen den Abdampfrückstand rechnerisch ermittelt wurde. Auf Spurenelemente wurde nur in seltenen Fällen (BUSCHENDORF, RICHTER und WALTHER, 1957) analysiert. Mit der vorliegenden Arbeit soll daher versucht werden, durch geochemische Untersuchungen der in den Wässern enthaltenen Elemente — auch der sogenannten Spuren — Gesetzmäßigkeiten über die Stoffverteilung aufzufinden und nach Möglichkeit die Frage der Herkunft der gelösten Stoffe und damit des Wassers einer Klärung näherzubringen.

Zu diesem Zweck wurden eigene Analysen an 98 Grubenwässern ausgeführt, die im letzten Jahr — bis auf 9 Proben — selbst in einer Anzahl über das gesamte Ruhrgebiet verteilter Zechen entnommen wurden (Abb. 1). Die Probenahme erstreckte sich nach Möglichkeit auf alle in den einzelnen Gruben anfallenden Wässer, wobei auf die Erfassung der Zuflüsse auf den einzelnen Sohlen und damit aus verschiedenen stratigraphischen Horizonten besonderer Wert gelegt wurde.

### Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung der Wässer begann nach Möglichkeit am Ort der Entnahme mit der Bestimmung des spezifischen Gewichtes (Aräometermethode), der spezifischen Leitfähigkeit (WTW Taschenleitfähigkeitsmeßgerät Meßzellenkonstante 36,68), des pH-Wertes (WTW TaschenpH-Meter mit Einstabglaselektrode), der Entnahmetemperatur und mit dem Impfen einer Testampulle zum Nachweis von sulfatreduzierenden Bakterien<sup>1)</sup>. Die in den Gruben randvoll gefüllten 2- bzw. 5-Liter-Polyäthylflaschen wurden im Laboratorium sofort auf folgende Bestandteile untersucht:

$\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{OH}^-$ ;

außerdem wurde der Abdampfrückstand bei 105° C bestimmt.

Im allgemeinen wurden die Methoden der „Deutschen Einheitsverfahren der Wasseranalyse“ (1960) verwendet, Li, K und Sr wurden stets, Na bei den Wässern mit geringem Salzgehalt, flammenphotometrisch unter Verwendung des Standardzusatzverfahrens (PUCHELT, 1961) bestimmt. Für die Ca- und Mg-Analyse wurde ein komplexometrisches Titrationsverfahren von HEGEMANN und THOMANN (1961) verwendet. Die Bariumwerte wurden auf gravimetrischem Wege erhalten, wobei die Roh-BaSO<sub>4</sub>-Auswaagen nach flammenphotometrischer Bestimmung der in ihnen stets enthaltenen Strontium- und Calciummengen entsprechend korrigiert worden waren. Die Natriumwerte der hoch salzhaltigen Proben wurden berechnet durch Differenzbildung zwischen der Summe der Milliäquivalente Anionen und der Summe der bestimmbareren Kationen (ebenfalls in Milliäquivalenten). Der Abdampfrückstand läßt sich zur Ermittlung des Natriumgehaltes auf indirektem Wege nicht heranziehen, da verschiedene in der Lösung enthaltene Salze sich daraus als Hydrate abscheiden, die bei 105° C ihr Kristallwasser noch nicht verlieren.

### Untersuchungsergebnisse

Die Resultate der chemischen Analysen sind in den Tabellen des Anhanges zusammengefaßt und für die Diskussion in den Abb. 2—11 graphisch dargestellt. Dabei wurde der Gehalt an dem bestimmten Element als Funktion des Salzgehaltes der Lösung — ausgedrückt durch deren spezifisches Gewicht bei 20° C — aufgetragen. Wenn möglich wurden in die Abbildungen die Gehalte des rezenten Meerwassers (MASON, 1958) an dem betreffenden Element sowie die durch Verdünnen oder Konzentrieren ohne irgendwelche chemischen Reaktionen daraus zu erhaltenen Konzentrationen eingezeichnet. Zwischen dem spezifischen Gewicht und dem Abdampfrückstand besteht bei den Proben des Untersuchungsgebietes ein enger linearer Zusammenhang (Abb. 2). Diese Beziehung beruht darauf, daß die chemische Zusammensetzung der Wässer sich von den niedrigsten bis zu den höchsten Salzgehalten nur unbedeutend ändert.

Die geringe Änderung in den Konzentrationsverhältnissen der den Salzgehalt ausmachenden Elemente führt zu den in Abb. 3 dargestellten Beziehungen zwischen spezifischer Leitfähigkeit und Salzgehalt. Um zu vergleichbaren Zahlenwerten für die Leitfähigkeiten zu kommen, wurden jeweils die bei 20° C gewonnenen Werte eingetragen.

<sup>1)</sup> Diese Ampullen wurden von der bakteriologischen Abteilung der Farbwerke Hoechst, Frankfurt/Main (Dr. Wallhäuser) zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle herzlich gedankt wird.

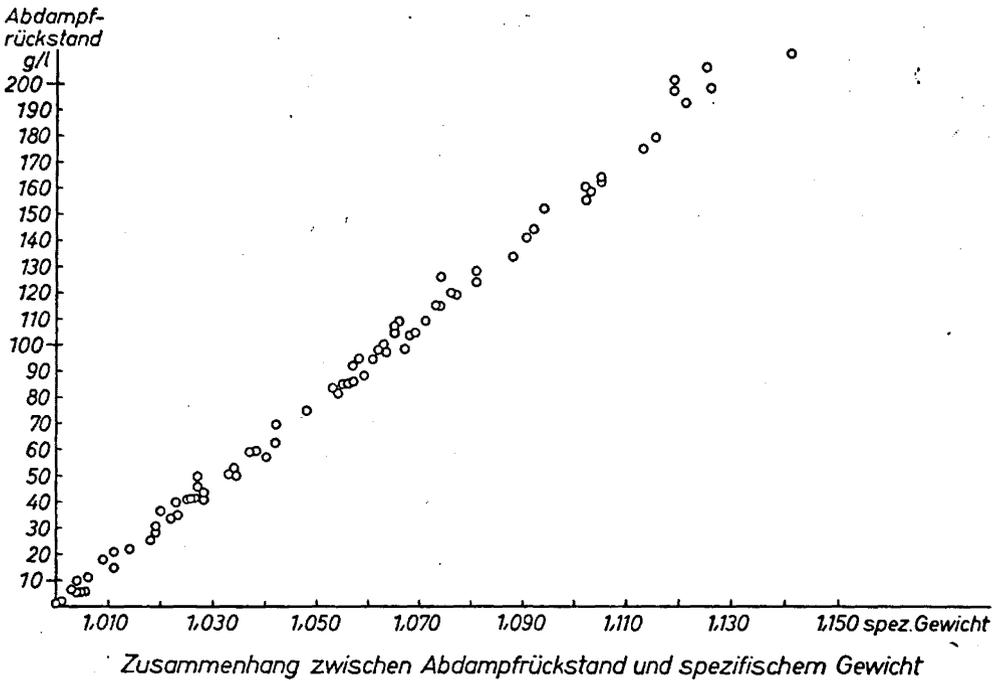


Abb. 2

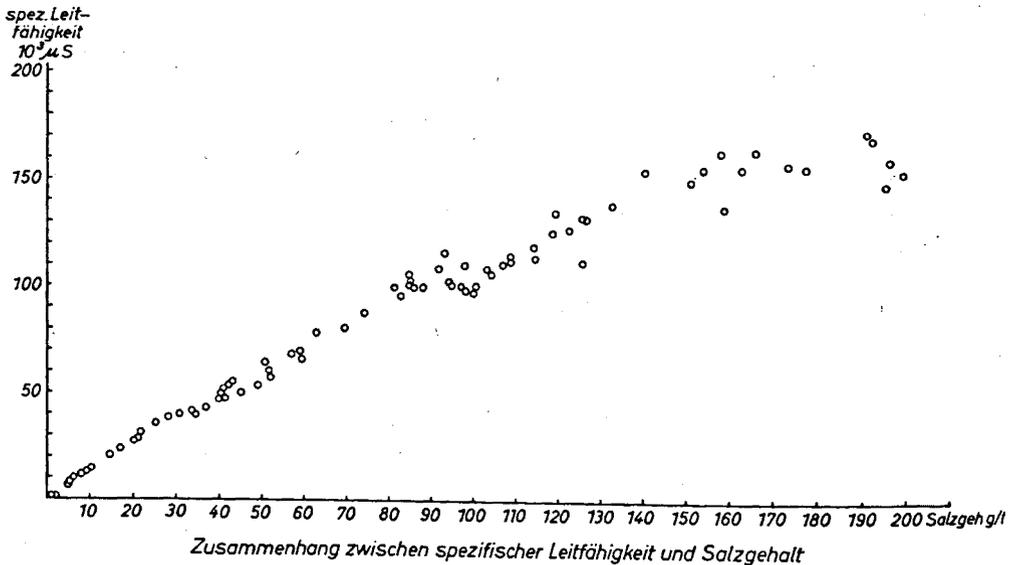


Abb. 3

Der in den Wässern hoher Salinität häufigste Bestandteil ist in jedem Falle das Chlorid, das stets mehr als 90% der Anionenäquivalente ausmacht. Der höchste Chloridgehalt wurde an einem Wasser von der 8. Sohle der Zeche Constantin der Große zu 128 300 mg/l bestimmt. Zwischen Chloridkonzentration und

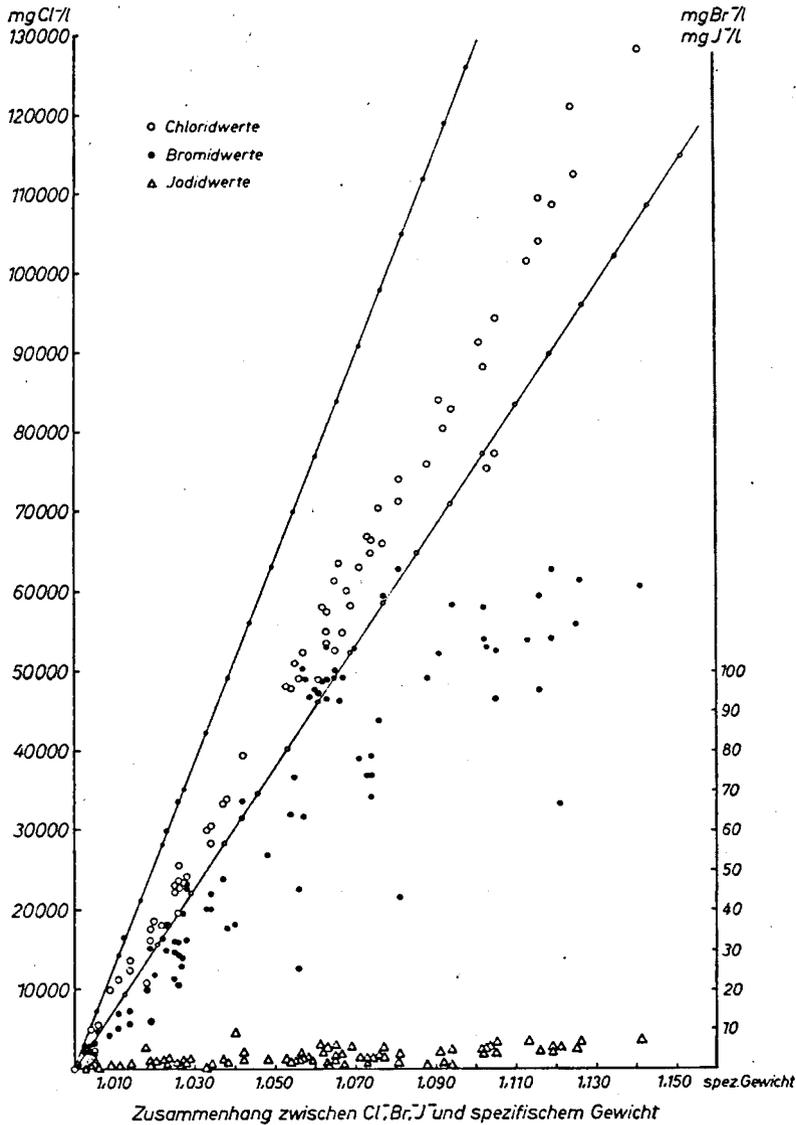


Abb. 4. In diese und die folgenden Abbildungen wurden als Geraden die Gehalte an den betreffenden Elementen eingezeichnet, die man durch Verdünnen bzw. Konzentrieren von rezentem Meerwasser erhalten würde.

Salzgehalt besteht ein linearer Zusammenhang, wenn die Gesamtsalzmenge größer als ca. 5000 mg/l ist. Die Oberflächenwässer mit geringerem Salzgehalt enthalten als Anionen vornehmlich Sulfat und Bikarbonat, das Chlorid tritt prozentual stark zurück. Die in Abb. 4 zusammengestellten Werte zeigen, daß der Chloridgehalt der verschiedenen Wässer etwas höher liegt als er sich durch einfache Konzentrierung des Meerwassers erklären läßt. (Die hypothetische Gerade für die Konzentrierung der einzelnen Elemente aus Meerwasser wurde erhalten, indem die rezenten Gehalte des Meerwassers von 19‰ Chlorinität bei einem

spezifischen Gewicht von 1,026 eingetragen und die Verbindung zwischen Koordinatenursprung und diesem Punkt zu höheren spezifischen Gewichten extrapoliert wurde.) Die Bromidwerte zeigen größere Schwankungen und liegen generell niedriger als bei Konzentrierung aus Meerwasser zu erwarten wäre. Der Jodidgehalt — nach GREENE (1959) 0,05 mg/l im rezenten Meerwasser — wurde

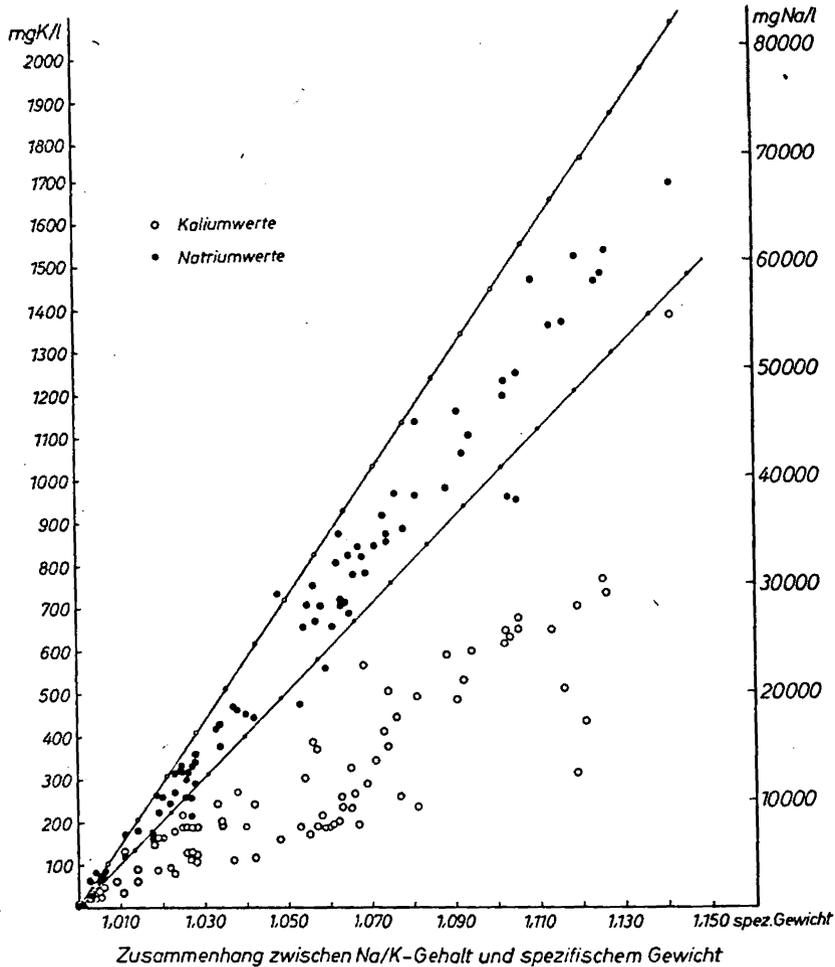


Abb. 5

bei den meisten Wässern deutlich höher gefunden, jedoch lag er nie höher als bei 10 mg/l. Das zweithäufigste Element ist das Natrium. Sein höchster Gehalt wurde zu 67 400 mg/l bestimmt. Zwischen Natriumkonzentration und Gesamtsalzgehalt besteht bei den Tiefenwässern Proportionalität. Die Gehalte der Grubenwässer liegen jedoch durchweg höher als es durch Meerwasserkonzentration zu erwarten wäre. Oberflächenwässer enthalten stets einen prozentual höheren Calcium- und Magnesiumanteil, während das Natrium entsprechend zurücktritt. Kalium ist in allen Tiefenwässern in bedeutend geringerer Menge vorhanden als der Kaliumwert für rezentes Meerwasser erwarten läßt. Bei größeren Abweichun-

gen von der linearen Proportionalität zwischen Kalium- und Gesamtsalzgehalt wurde der höchste Kaliumwert zu 1375 mg/l bestimmt.

Bedeutende Abweichungen von der Meerwasserzusammensetzung weist die graphische Darstellung der Calcium- und Magnesiumgehalte auf (Abb. 6). Das Verhältnis Mg:Ca — im Meerwasser 1330:410 mg/l — ist in allen Tiefenwäs-

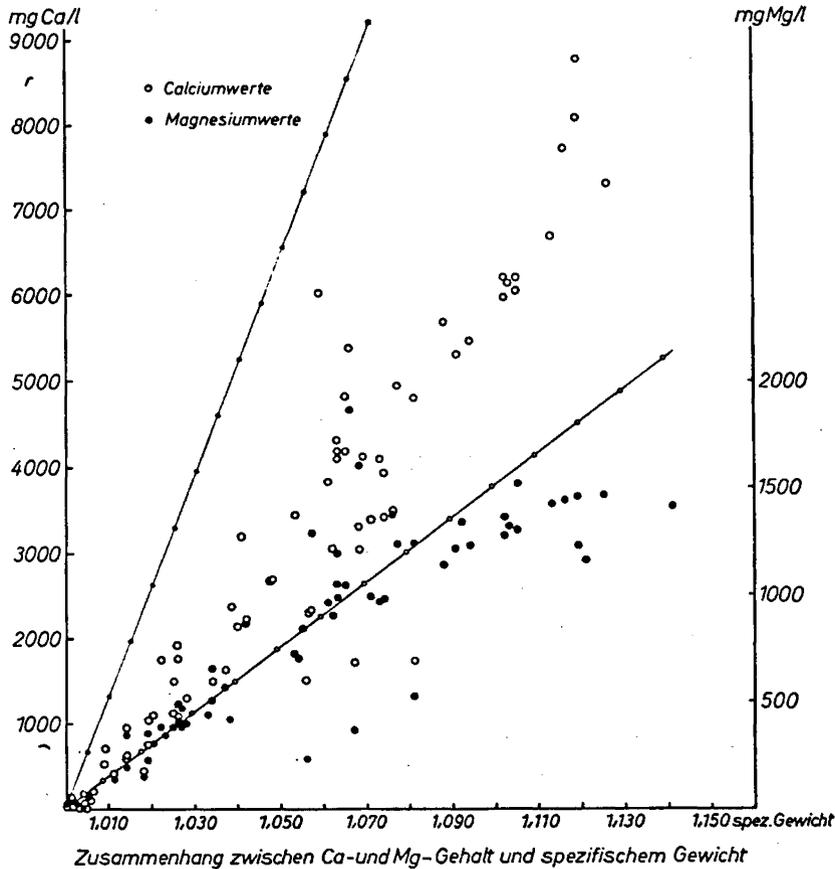


Abb. 6

sern umgekehrt. Ein linearer Zusammenhang zwischen dem Gehalt an diesen Elementen und dem Gesamtsalzgehalt besteht nicht mehr. Der höchste gefundene Calciumgehalt — 10180 mg/l — liegt um den Faktor 25 höher als der entsprechende Wert für rezentes Meerwasser, während der in der gleichen Probe bestimmte Magnesiumgehalt mit 1390 mg/l beim Gehalt des normalen Meerwassers liegt. In von der Oberfläche herkommenden Wässern (Zeche Alte Haase) liegen Ca und Mg oft in gleichen Äquivalentkonzentrationen vor und liefern gemeinsam mehr als die Hälfte der Kationen.

Lithium kommt in den Wässern des Ruhrgebietes in deutlichen Mengen vor (Abb. 7). Sein Gehalt wächst meist proportional dem Gesamtsalzgehalt und

erreicht seinen Höchstwert mit 58,3 mg/l. Diese Lithiumgehalte lassen sich nicht durch Konzentrierung von Meerwasser erklären.

Für Strontium, Barium und Sulfat ergeben die Analysen keinen einfachen Zusammenhang zwischen dem Gesamtsalzgehalt und der Konzentration an diesen Elementen. Die im rezenten Meerwasser 2700 mg/l betragende Sulfatkonzentration nimmt bei höheren Salzgehalten, von wenigen Ausnahmen abgesehen, ab; bei Proben mit Salzgehalten über 130 g/l wurde in keinem Fall Sulfat nachgewiesen. Die Resultate der  $\text{SO}_4$ -Bestimmungen schwanken allgemein stark.

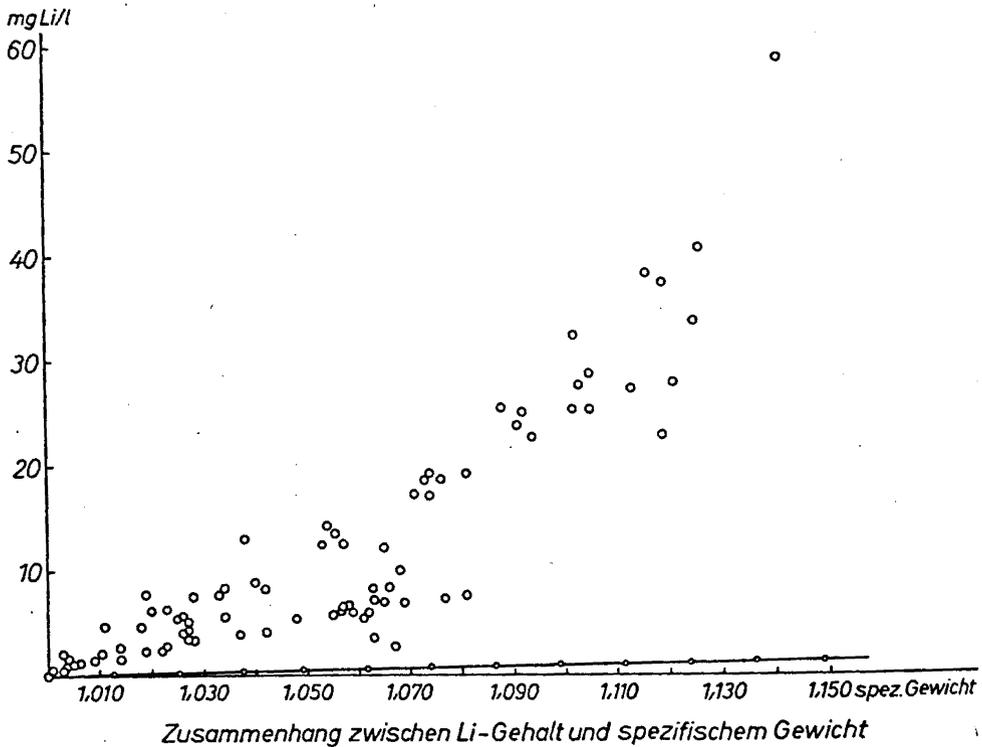


Abb. 7

Die Strontiumgehalte der Wässer liegen bei Sulfatanwesenheit bei maximal etwa 300 mg/l, können in sulfatfreien Proben jedoch bedeutend höher ansteigen (1200 mg/l). Mit dem Verschwinden des Sulfatanions tritt in allen untersuchten Wässern Barium in verschiedener Konzentration auf. In fast allen sulfatfreien Proben liegen die Bariumwerte höher als die zugehörigen Strontiumgehalte. Zwischen Gesamtsalzgehalt und der Konzentration an diesen besteht nirgends ein einfacher Zusammenhang.

Karbonat- und Bikarbonatgehalte stehen in umgekehrt proportionalem Verhältnis zum spezifischen Gewicht: Hier finden sich die höchsten Werte bei geringem Salzgehalt. Diese Befunde sind durch Zumischung von Oberflächenwasser zu den Grubenwässern niedrigen Salzgehaltes zu erklären. Mit zunehmender Konzentrierung sinkt auch der Bikarbonatgehalt der Wässer. Die zwei herausfallenden Bikarbonatwerte sind keine reinen Karbonwässer, sondern entstammen

dem Turon (Westfalen, Schacht 5 mit 1035 mg  $\text{HCO}_3/\text{l}$ ) und der Kohlebohrung Nateln (1643 mg  $\text{HCO}_3/\text{l}$ ), die artesisches Wasser liefert.

Die Ergebnisse der an einer Anzahl von Proben durchgeführten Tests auf sulfatreduzierende Bakterien sind in den Tabellen des Anhangs vermerkt.

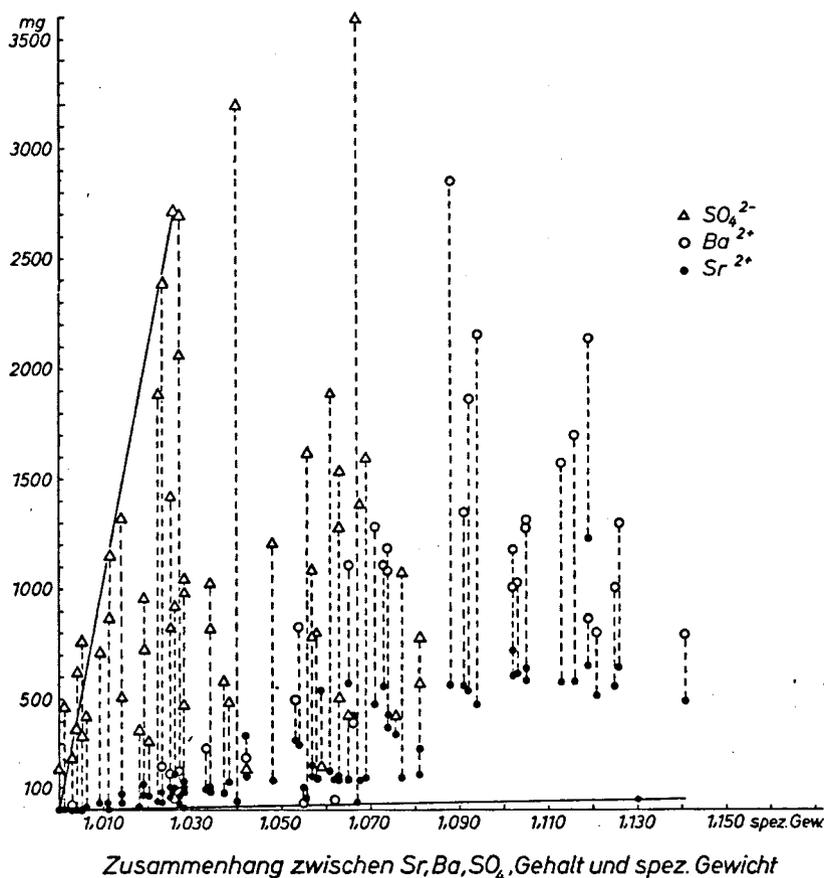


Abb. 8

### Auswertung und Deutung

Die Analysenergebnisse zeigen für einige Elemente einen auffallenden proportionalen Zusammenhang zwischen Konzentration und Gesamtsalzgehalt (Na, Cl), während ein solcher für andere Bestandteile weniger deutlich (Br, J, Ca, Mg, K, Li) oder gar nicht besteht (Sr, Ba,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ). Die folgenden Überlegungen sollen jedoch zeigen, daß alle diese scheinbar widersprüchlichen Befunde aus einem einzigen Entwicklungsablauf erklärbar sind:

Bei der Ablagerung von Sedimenten ist je nach der stofflichen Zusammensetzung mit einem Porenraum bis zu 80% zu rechnen (v. ENGELHARDT, 1960). Erfolgt die Sedimentation im Wasser, so erfüllt dieses den Porenraum. Im Laufe der Absenkung des Sediments erfolgt eine Verdichtung und eine diagenetische Veränderung, die auch das eingeschlossene Wasser, die Porenlösung, erfaßt. Han-

delt es sich bei dem Sediment um eine marine Bildung, so besteht die eingeschlossene Porenlösung aus Meerwasser. Unter Zugrundelegung der chemischen Zusammensetzung des heutigen Meeres erleidet das Porenwasser nach seiner Einschließung folgende Umsetzungen (DE SITTER, 1947; CHAVE, 1960; v. ENGELHARDT, 1960, 1961): Bereits mit beginnender Diagenese tritt ein Verlust an Mg durch Dolomitbildung entweder durch Eintausch gegen Ca aus Kalk oder durch Dolomitabscheidung unter anderen Bedingungen als sie im Meerwasser herrschen ein. Dieser Vorgang hält über den gesamten Zeitraum der Diagenese an

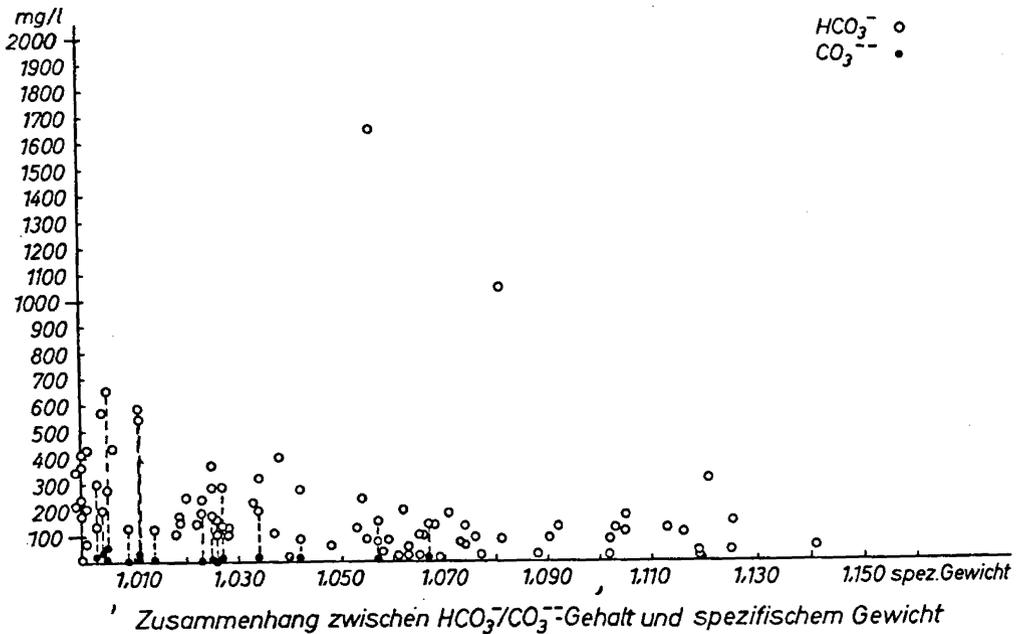


Abb. 9

und führt gleichzeitig zu einer Umkehrung des Ca:Mg-Verhältnisses, wie es im Ausgangsmeerwasser herrschte. Möglicherweise beeinflusst auch die bakterielle  $\text{CO}_2$ -Entwicklung die Verschiebung der Elementverhältnisse im Porenraum (v. ENGELHARDT, 1961). Für die Abnahme der  $\text{CO}_3^{--}$ - und  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration im Porenraum ist in jedem Falle eine Abscheidung von Karbonaten verantwortlich zu machen. Die allmähliche Entfernung des Sulfats aus den eingeschlossenen Lösungen erfolgt weniger durch Abscheidung von Sulfaten als vielmehr durch die Tätigkeit von sulfatreduzierenden Bakterien (Genus *Desulfovibrio*). Diese unter anaeroben Bedingungen lebenden Bakterien (W. SCHWARTZ, 1958) sind hinsichtlich Temperatur und Salzgehalt sehr anpassungsfähig. Sie vermögen  $80^\circ\text{C}$  zu ertragen, halten Salzkonzentrationen bis zu 200 g/l aus und können vorübergehend auch im aeroben Milieu existieren. Ihre Tätigkeit wird durch Anwesenheit organischer Substanz erhöht, der Stoffumsatz geschieht rascher. Sie sind in den oberen Schichten der Erdrinde allgemein verbreitet und entfalten ihre Tätigkeit bis zu Tiefen von mehreren tausend Metern unter den zugehörigen hydrostatischen Drucken.

Mit abnehmendem Sulfatgehalt in den Porenlösungen kommen wachsende Gehalte der schwerlöslichen Erdalkalisulfate in Lösung, sofern sich diese in dem einschließenden Sediment befinden. Nach vollständiger Sulfatentfernung wird für die Erdalkalien das viel höhere Löslichkeitsprodukt der Karbonate bzw. der Chloride wirksam, und ihre Konzentration in den Porenlösungen erhöht sich sprunghaft.

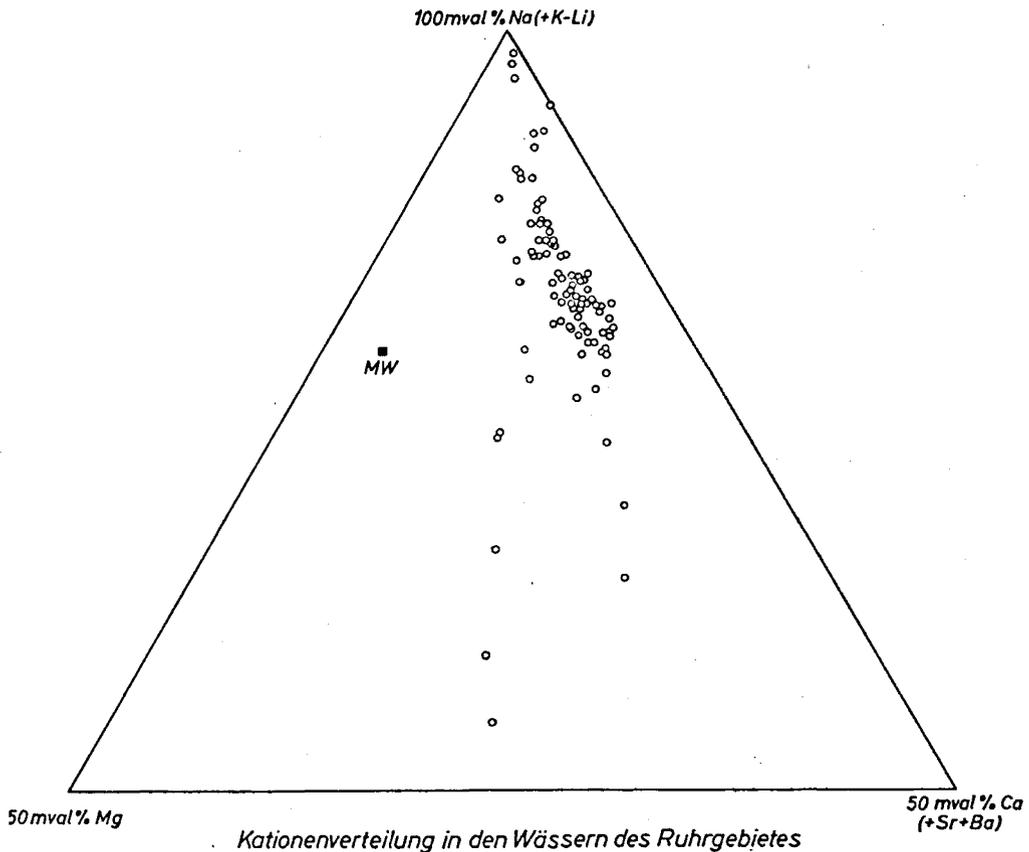


Abb. 10

Die Verminderung des Kaliumgehaltes erfolgt durch Adsorption dieses Elementes an Tonmineralien und durch Mineralneubildung (CHAVE l. c.). Die in den Sedimenten enthaltene organische Materie zersetzt sich im Verlauf der Zeit und liefert einen Teil des Brom- und vor allen Dingen Jod-Gehaltes der Porenlösungen (CHAVE l. c.), (VINOGRADOV, 1953). Nach V. M. GOLDSCHMIDT (1951) ist Lithium in Pflanzen angereichert, aus denen es bei der Zersetzung ins Porenwasser gelangen kann. Die in vielen Fällen (v. ENGELHARDT, 1960) beobachtete Konzentrierung von Porenlösungen im Verlauf der Diagenese wurde durch Überlegungen von DE SITTER (l. c.) und experimentelle Arbeiten von v. ENGELHARDT (1961) und v. ENGELHARDT und GAIDA (1964) geklärt als „Ionensiebeffekt“ der Tone, bei dem diese als „semipermeable Membranen“ das bei der Sedimentkompaktion ausgepreßte Wasser auf seinem Weg nach oben passieren lassen,

die Salzionen aber zurückhalten. Das aufsteigende, ausgetriebene Wasser ist gleichzeitig Transportmedium für einen Wärmetransfer, der eine Aufheizung des von ihm durchströmten Gesteins über die der geothermischen Tiefenstufe entsprechende Temperatur hinaus bewirkt.

Im zu diskutierenden Falle der Grubenwässer des Ruhrgebietes werden die diagenetischen Veränderungen an den Hauptlösungskomponenten am sinnfällig-

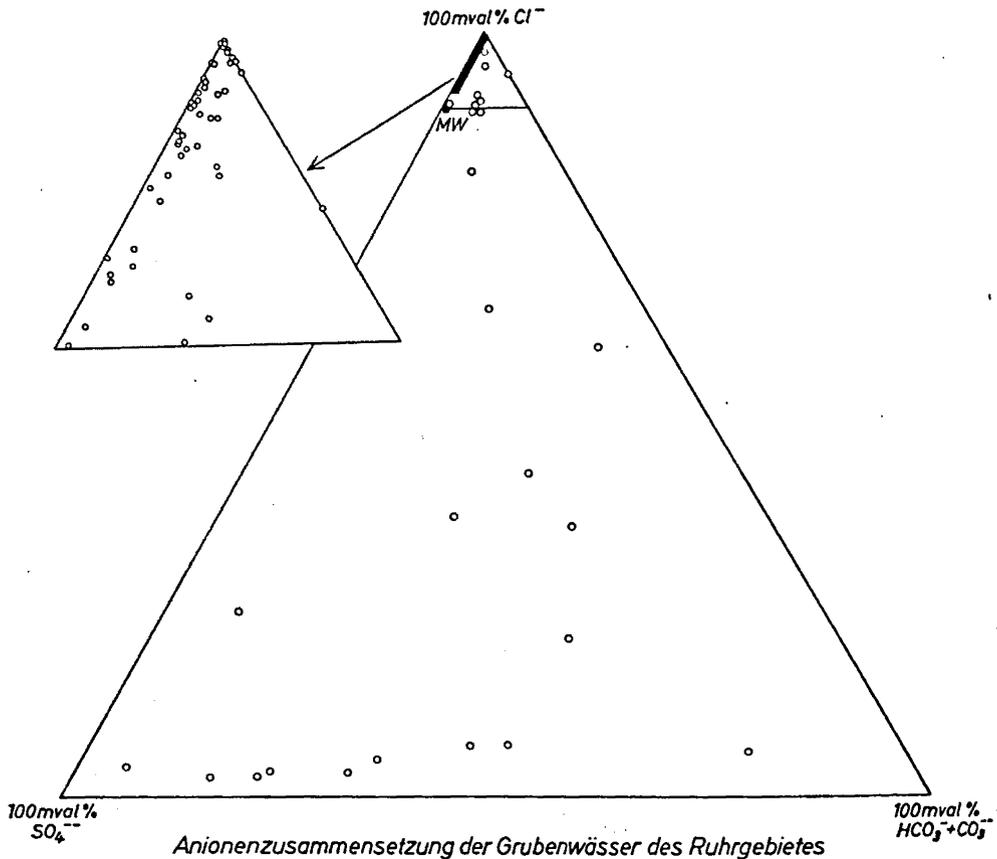


Abb. 11

sten in der Dreiecksdarstellung der Anionen und Kationen gezeigt. Vom rezenten Meerwasser ausgehend (Punkt MW in Abb. 10) hat der Hauptteil der Wässer eine Umwandlung im Sinne einer relativen Magnesiumabnahme und einer relativen und absoluten Calciumzunahme durchgemacht. Die Wässer mit prozentual hohem Gehalt an Calcium und Magnesium sind stets Oberflächenzuflüsse mit geringem Salzgehalt. Im Anionendreieck (Abb. 11) ist erkennbar, daß alle Tiefenwässer des Untersuchungsraumes mehr als 90 Äquivalentprozent Chlorid enthalten, zum Teil vollständig sulfatfrei sind und dann auch nur minimale  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalte aufweisen. Infolge der Entfernung von  $\text{SO}_4^{2-}$  erhöht sich der Äquivalentanteil des Chlorid auf Werte, die über dem des Meerwassers liegen. Auch bei den Anionen zeigen die Oberflächenwässer abweichende Zusammensetzung: geringer Chloridgehalt und hohe relative  $\text{SO}_4^{2-}$ - und  $\text{HCO}_3^-$ -Anteile. Die Wässer

mit hohem Salzgehalt stimmen in ihrer Zusammensetzung mit Formationswässern überein, wie sie v. ENGELHARDT (1960, 1961) für Deutschland und MEENTS, BELL, REES und TILBURY (1952) für nordamerikanische Formationswässer zusammengestellt haben. Zunehmenden Calciumgehalt mit größerer Teufe (gleich höherer Salzgehalt) und Abnahme der Calcium- und Magnesiumkonzentration beobachtete auch MICHEL (l. c.) bei den Wässern des Ruhrgebiets.

Die Herkunft der Strontiumgehalte der Porenlösungen läßt sich durch Auflösung von im Sediment enthaltenen Coelestin erklären. Er kann in dieses primär

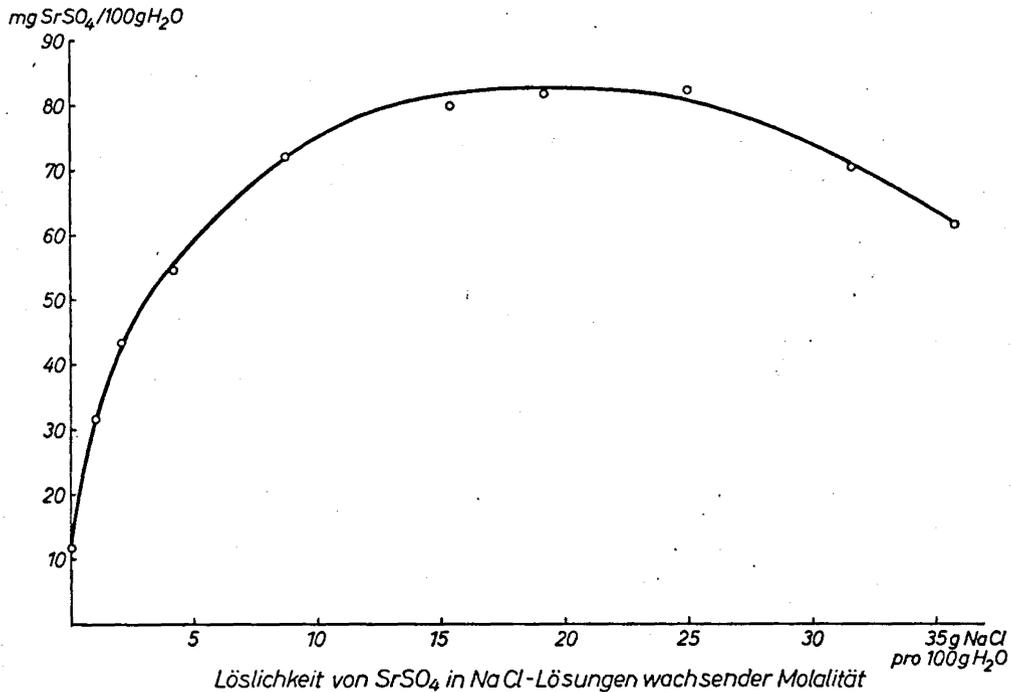


Abb. 12

syngenetisch gelangt sein als frühe Bildung eines beginnenden Salinarzyklus (GERMAN MÜLLER und PUCHELT, 1961) oder er kann entstanden sein aus primär an Tonen adsorbiertem Strontium und dem Sulfat der Porenlösung. Auf einem derartigen Bildungsmechanismus dürften die Coelestinvorkommen in den Sedimenten Schwedens zurückzuführen sein (HADDING und PALMQVIST, 1938). Zur Beurteilung der Löslichkeit von Strontiumsulfat in Porenlösungen wurde das System NaCl-H<sub>2</sub>O-SrSO<sub>4</sub> unter Verwendung von Strontium-85 als radioaktivem Indikator untersucht. Die für 25° C erhaltenen Werte sind in Abb. 12 eingetragen. Die graphische Darstellung läßt erkennen, daß die in einer bestimmten Menge Wasser lösliche Menge Strontiumsulfat sich in Gegenwart von Natriumchlorid maximal um den Faktor 7 erhöhen läßt. Um höhere Gehalte in Porenlösungen zu erreichen, muß in jedem Falle das Sulfat aus der Lösung entfernt werden.

Barium ist in einem Teil der Grubenwässer des Ruhrgebietes in beträchtlichen Mengen vorhanden. Diese hohen Gehalte lassen sich nicht durch eine Auflösung

von Bariumsulfat in Natriumchloridlösungen erklären, da diese maximal 30 mg  $\text{BaSO}_4/\text{l}$  enthalten können. Vielmehr ist die Abwesenheit von Sulfat Voraussetzung für das Auftreten größerer Mengen von Barium in den Wässern.

Die Entfernung des ursprünglich vorhandenen Sulfates wird durch sulfat-reduzierende Bakterien bewirkt. Die bakterielle Reduktion von  $\text{SO}_4^{--}$  erstreckt sich außerdem auch auf die im Sediment vorhandenen Sulfatminerale. In Laborversuchen konnten HARRISON und THODE (1958) die bakterielle Reduktion von Gips-Sulfat und Baryt-Sulfat durchführen. Die Frage des Vorkommens von Baryt in Sedimenten konnte durch Untersuchungen der Bariumsulfatabscheidung im marinen Milieu geklärt werden (PUCHELT, 1963). Nach diesen Untersuchungen beträgt die Löslichkeit von  $\text{BaSO}_4$  in normalem Meerwasser von 35‰ Salinität 0,11 mg/l. Eine minimale Löslichkeit von 0,10 mg  $\text{BaSO}_4/\text{l}$  wurde bei einem Meerwasser bestimmt, dessen Salinität bei gleicher prozentualer Zusammensetzung 7‰ beträgt. Die Voraussetzungen für eine Barytausscheidung im Meer ist also dort gegeben, wo größere Zufuhren von Barium stattfinden. Das ist nach Untersuchungen von DURUM, HEIDEL und TISON (1960) der Fall bei einigen der großen nordamerikanischen Flüsse, wo die Bariumgehalte höher sind als dem Löslichkeitsprodukt im marinen Bereich entspricht. So muß sich in den Mündungsgebieten der Flüsse Mississippi, Atchafalaya, Yukon, Mobile, Colorado und MacKenzie<sup>1)</sup> entsprechend den Löslichkeitsversuchen Baryt abscheiden, der damit syngenetisch ins Sediment kommt. Die feine Verteilung dieses Baryts ermöglicht schnelle Umlagerungen zu größeren Aggregaten bzw. raschen Angriff während der bakteriellen Sulfatreduktion.

Das Auftreten von Barium in Formationswässern ist ein weltweit verbreitetes Phänomen. Aus dem North-East Coalfield Englands beschreibt ANDERSON (1945) Karbonwässer, die durchschnittlich etwa 900 mg Barium pro Liter enthalten. GIBSON teilte 1963 Gehalte von englischen Kohlengruben um Wallsend und Backworth mit, die zwischen 1600 und 8140 mg Barium pro Kilo liegen. Die jährlich von diesen Grubenwässern geförderte Menge Barium beträgt etwa 1300 t. Aus dem Oberkarbon Belgiens (Charleroi) liegt eine Analyse von CAMERMAN (1951) vor, die bei einem Gesamtsalzgehalt von 106 800 mg/l 347 mg Barium/l enthält. In Deutschland wurden in Erdölwässern des Dogger  $\beta$ -Bariumgehalte bis 35,3 mg/l gefunden (PUCHELT, 1963). In den Formationswässern der Apalachen (Silur-Devon-Mississippian-Pennsylvanian) bestimmte HECK (1940) bis zu 3000 mg Ba/l. In Formationswässern von Western Pennsylvania konnte POTH (1962) Barium bis zu Gehalten von 1380 mg/l nachweisen. Auch in der UdSSR wurden bariumhaltige Formationswässer gefunden: Bei Tuymaza (Ural-Wolga-Gebiet) enthält eine Sole aus dem Devon 42—57 mg Ba/kg; bei Saratow enthält das Vereja-Horizontes um 10 mg Ba/kg. (Literatur bei PUCHELT, 1963.) Perm- und Triasschichten der Emba-Region führen bis zu 800 mg Ba/kg (VIKTOROVA und KOROVA, 1961). Bei Balakhany-Sabunchi-Ramaninsk wurden Solen mit 5,2 bis 461 mg Ba/kg erhalten (ACHUNDOW und SAPPO, 1960). Eine Zufuhr dieses Elementes durch Hydrothermen ist in den meisten Fällen eindeutig auszuschließen. In den zitierten Arbeiten findet sich lediglich bei HECK (1940) der Hinweis, daß das Barium der von ihm untersuchten Formationswässer aus primären syngenetischen Barytabscheidungen stammen könnte.

Schließlich sollen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen mit der Theorie der Herkunft der Grubenwässer des Ruhrgebietes aus Auslaugungszonen des Zechsteinsalzes im Norden gegenübergestellt werden. Dazu kann besonders

<sup>1)</sup> (DURUM, HEIDEL und TISON, 1960.)

Tabelle 1.

Int. Proben-Nr.	Zeche	Zufluß l/min	Jährliche Förderung in kg					
			Li	Sr	Ba	Br	J	
11	Emil Emscher	300	3 940	114 000	160 000	18 300	656	
13	Emil Emscher	300	94,6	391	—	647	66,7	
14	Fürst Leopold Baldur	30	107	2 320	—	1 670	79,3	
15	Fürst Leopold Baldur	300	1 070	21 600	—	15 800	520	
16	Fürst Leopold Baldur	200	862	16 300	—	9 760	534	
24	Amalie	2 500	1 430	6 180	—	4 990	2 210	
25	Amalie	1 500	5 860	102 000	—	25 400	481	
37	Zweckel	10	132	3 380	6 710	553	35,6	
38	Zweckel	600	8 520	185 000	495 000	34 100	2 140	
44	Möller-Rheinbaben	300	867	16 100	—	6 940	159	
45	Möller-Rheinbaben	20	4,3	162	—	60,2	2,9	
46	Schlägel und Eisen	2	12,6	602	1 160	103	2,6	
50	Schlägel und Eisen	500	1 070	42 700	19 800	8 360	378	
56	Bergmannsglück	20	131	2 130	—	668	26,7	
66	Alte Haase	1 000	18,9	226	—	—	—	
68	Alte Haase	500	—	357	—	—	—	
69	Alte Haase	300	6,0	25,2	—	—	—	
70	Alte Haase	700	13,6	143	—	—	—	
71	Alte Haase	500	5,3	129	—	—	—	
72	Westfalen	12	120	1 780	—	272	8,2	
73	Westfalen	7,5	109	2 070	3 180	263	22,4	
76	Hannover	1 000	620	7 840	—	4 960	168	
78	Hannover	700	625	5 680	—	2 010	170	
79	Hannibal	1 500	4 020	80 300	—	17 900	670	
80	Hannibal	1	7,6	156	440	33,6	0,9	
83	Franz Haniel	60	70,9	3 810	—	952	42,9	
84	Franz Haniel	150	213	2 450	—	2 860	102	
85	Franz Haniel	200	349	3 940	—	2 690	223	
87	Franz Haniel	50	15,0	2 740	—	1 930	48,9	
88	Constantin der Große	400	1 280	104 000	168 000	25 500	1 530	
89	Constantin der Große	1 000	3 270	35 800	—	12 500	668	
90	Constantin der Große	1 000	849	2 840	—	2 310	168	
91	Constantin der Große	1 000	6 830	68 800	—	18 600	668	
92	Constantin der Große	500	61,0	749	—	980	28,9	
93	Alstaden	70	207	2 700	—	1 450	28,0	
95	Alstaden	300	820	10 500	28 000	4 400	190	
97	Alstaden	50	201	2 580	7 360	1 060	11,3	
99	Auguste Viktoria	1 300	27 700	444 000	890 000	8 400	463	
100	Auguste Viktoria	30	139	756	—	572	140	
			18 912,5	71 650,8	1 297 236,2	1 779 650	236 993,8	12 643,3

die Arbeit von HERRMANN (1961) herangezogen werden, der im Zechstein des Südharz, Unstrut-Saale- sowie Magdeburg-Halberstädter Lagerstättenbezirks den Chemismus der auftretenden Solelösungen bestimmte. Dabei fällt auf, daß nur an einzelnen Stellen (Bischofferode im Südharzbezirk) sowie im Zirkelschacht des Unstrut-Saale-Bezirks Lösungen mit einem Chemismus auftraten, der dem der Ruhrgrubenwässer ähnlich ist. Auch bei diesen Wässern jedoch ist eine deutliche Abweichung im Ca : Mg-Verhältnis gegenüber den Ruhrgrubenwässern festzustellen. Zieht man außerdem in Betracht, daß die Wässer des Ruhrgebietes alle hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der in ihnen gelösten Salze sehr ähnlich sind und, wie Vergleiche mit älteren Analysen zeigen, sich dieser

Stoffbestand seit Jahren nicht geändert hat, muß der Salzgehalt einem riesigen, stets gleichbleibenden Reservoir entnommen werden. Unter Berücksichtigung der von HERRMANN gefundenen großen Verschiedenheiten im Zechsteingebiet des Unstrut-Saale-Bezirks und der Tatsache, daß jährlich nach SEMMLER (1960) etwa 4 Millionen t Salz mit den Grubenwässern gehoben werden, dürfte das Zechsteinsalinar Nordwestdeutschlands nicht für den Salzbestand der Ruhrgrubenwässer verantwortlich gemacht werden können. Nach Ansicht des Verfassers sind lediglich die Formationswässer des Steinkohlengebirges und eventuell ein „Kompaktionsstrom“, wie er bei der Diagenese der Sedimente ausgepreßt wird, in der Lage, einen solchen Wasserzufluß konstanter chemischer Zusammensetzung zu liefern.

Zum Schluß soll für einige Wasserzuflüsse, für die die Zuflußmenge bekannt ist, ein Überblick der jährlich gelieferten Mengen an einigen „seltenen“ Elementen gegeben werden (Tabelle 1). Wo die Angaben über die Zuflüsse eine obere und untere Grenze enthalten, wurde stets der niedrigere Wert den Berechnungen zugrunde gelegt. Die erfaßten Grubenwässer stellen mit 9,94 Millionen m<sup>3</sup> etwa 6,2% des gesamten jährlichen Grubenwasserzuflusses im Ruhrgebiet dar. Die jährlich mit ihnen gehobenen Mengen betragen für

Lithium	71,65 t	Brom	237 t
Strontium	1297 t	Jod	12,6 t
Barium	1780 t		

### Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Der Chemismus der untersuchten tieferen Grubenwässer läßt auf einen einheitlichen Ursprung schließen.
2. Als Quelle der Mineralisation wird der Stoffbestand des fossilen Meerwassers angenommen. Die ursprüngliche Zusammensetzung wurde durch frühdiagenetische Reaktionen verändert, indem Ca und Mg möglicherweise als Karbonat gefällt wurden und später ein zusätzlicher Eintausch von Mg der Lösung gegen bereits abgeschiedenes Ca stattfand.
3. Die Abwesenheit von Sulfat in den hochkonzentrierten Wässern wird durch die Tätigkeit sulfatreduzierender Bakterien erklärt, die in einer Anzahl der bearbeiteten Wässer nachgewiesen werden konnten. Die Sulfatfreiheit ist nach v. ENGELHARDT (1960) bei Porenlösungen aus gewissen Teufen vorherrschend (vgl. auch MICHEL, 1963).
4. Die Konzentrierung des Grubenwassers über den Salzgehalt des Meeres hinaus ist in Anlehnung an die Untersuchungen von v. ENGELHARDT und GAIDA (1964) durch eine „Ionensiebwirkung“ der in den Sedimenten enthaltenen Tone zu erklären.
5. Das Auftreten von deutlichen Mengen Sr in den Grubenwässern läßt sich durch Auflösung von vielleicht in kleinen Bereichen als erste Phase eines nicht zu Ende geführten Salinarzyklus abgeschiedenen Coelestins deuten (GERMAN MÜLLER und PUCHELT, 1961), wobei die Löslichkeit des SrSO<sub>4</sub> stets das Maximum des Sr-Gehaltes bestimmt, solange SO<sub>4</sub> in der Lösung vorhanden ist. Bei Abwesenheit von Sulfat wird der Sr-Gehalt im Wasser nur durch das viel höhere Löslichkeitsprodukt des SrCO<sub>3</sub> bzw. des SrCl<sub>2</sub> in Salzlösungen kontrolliert.

6. Der Ba-Gehalt des sulfatfreien Grubenwassers dürfte durch Auflösen von in den Karbonsedimenten fein verteiltem  $\text{BaSO}_4$  durch bakterielle Sulfat-reduktion entstanden sein. Die Unterschiede in der ursprünglich ausgefallten Barytmenge bedingen somit auch die heutigen Unterschiede des Ba-Gehaltes der Wässer. Das Wieder-in-Lösung-bringen von im Baryt gebundenem Barium durch bakterielle Tätigkeit von *Desulfovibrio* — im Laboratorium von HARRISON und THODE (1958) verifiziert — kann im geologischen Bereich als „bakteriell bewirkte Lateralsekretion“ angesprochen werden. Dieser Mechanismus dürfte allgemein für das Auftreten von Barium und auch Strontium in Formationswässern verantwortlich zu machen sein.
7. Der hohe Lithiumgehalt der Grubenwässer ist nicht allein durch Konzentrierung von Meerwasser erklärbar, wenn dessen heutige Zusammensetzung auch für das Karbonmeer als zutreffend angesehen wird. Eine Deutungsmöglichkeit zeigte jedoch bereits V. M. GOLDSCHMIDT (1954) auf, indem er deutliche Anreicherung von Lithium in Pflanzen feststellte. Nach diesem Befund kann der Lithiumgehalt der Grubenwässer möglicherweise mit der Kohle in Verbindung gebracht werden.
8. Während die Jodgehalte der Wässer aus Zersetzung tierischer Substanz erklärt werden können, kann mit den heutigen Kenntnissen die relative Abnahme des Bromgehaltes noch nicht gedeutet werden.
9. Die Herleitung des größten Teils des Grubenwassers von ausgepreßten Porenlösungen bereitet der Vorstellung keine Schwierigkeiten, wenn man annimmt, daß der primär mit Meerwasser gefüllte Porenraum nach v. ENGELHARDT (1960) etwa 30% für Sandsteine und ca. 80% bei tonigen Sedimenten einnimmt.  
Bei einer angenommenen Erstreckung des Einzugsgebietes der Ruhrwässer von ca. 3000 km<sup>2</sup> und einer angenommenen Tiefe von 4 km wäre gegenwärtig in 12000 km<sup>3</sup> frischen Sediments 4000 km<sup>3</sup> (für sandige Sedimente) bzw. ca. 9600 km<sup>3</sup> (für tonige Sedimente) Porenwasser vorhanden. Von dieser Porenlösung ist bis heute ein großer Teil während der Diagenese ausgepreßt worden. Nimmt man für eine veranschaulichende Berechnung an, daß die Sedimente des Untersuchungsgebietes heute nur noch 1% Porenraum enthalten, so entspricht das einer Menge von 120 km<sup>3</sup> Porenlösung, von der pro Jahr vom Bergbau gegenwärtig nur 0,165 km<sup>3</sup> entzogen werden.
10. Die hohen Temperaturen der tiefen Grubenwässer lassen sich erklären, wenn man annimmt, daß die ausgepreßten Porenlösungen mit einer größeren Geschwindigkeit aufsteigen als sie für die Einstellung des jeweiligen Wärmegleichgewichtes zwischen Lösung und Gestein erforderlich ist. Sie führen also den Grubenbauen einen Teil des Wärmeinhalts zu, den sie in tieferem Milieu besessen haben.
11. Die für 39 Grubenwässer aufgestellte Jahresbilanz der abgeführten Stoffmengen verdeutlicht, daß beispielsweise die Bariumgehalte sehr wohl einen bedeutenden Beitrag zur Bildung der Schwespatgänge des Ruhrkarbons geleistet haben können. Sie wären dann in einem neuen Sinne „lateralsekretionär“. Inwieweit eine Beziehung zwischen den Strontiumgehalten der Grubenwässer und den Strontianitgängen des Münsterlandes (HARDER, 1964) besteht, soll durch weitere Untersuchungen, besonders im Ostteil des Ruhrgebietes, geklärt werden.

Zum Schluß möchte ich auch an dieser Stelle allen danken, die die Anfertigung dieser Arbeit auf vielfältige Weise unterstützt haben: Herrn Professor Dr. W. SEMMLER und Herrn Dr. ROLF SCHMIDT von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse für wertvolle Hinweise, Anregungen und Diskussionen, den Zechenverwaltungen und deren Markscheidereien für Genehmigung und Hilfe bei der Probenahme, Herrn Professor von ENGELHARDT für rege Anteilnahme an den Untersuchungen und wertvolle Ratschläge, dem Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung für Gewährung finanzieller Unterstützung.

### Schriften

- ACHUNDOW, A. R., & SAPPO, P. W. (1960): Zur Frage der Verteilung einer Reihe von Mikroelementen in den Schichtwässern des Produktionsgebietes von Balachan-Sabuntschi-Ramaninski. — *Azerbaidzhan Neft Khoz.*, 39, No. 8, S. 9—11.
- ANDERSON, W. (1945): On the chloride waters of Great Britain. — *Geol. Mag.* 82, S. 267—273.
- BUSCHENDORF, F., RICHTER, M., WALTHER, H. W. (1957): Die Blei-Zink-Erz-Vorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung. — *C. Der Erzgang Christian Levin.* — *Beih. Geol. Jb.*, 28, 163 S.
- CAMERAN, C. (1951): Composition d'une eau a forte salure du bassin houiller de Charleroi. — *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 60, S. 361—364.
- CHAVE, K. E. (1960): Evidence on history of sea water from chemistry of deeper subsurface waters of ancient basins. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 44, No. 3, S. 357—370.
- DE SITTER, L. U. (1947): Diagenesis of oil-field brines. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 31, No. 11, S. 2030—2040.
- DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN DER WASSERUNTERSUCHUNG, 3. Aufl., Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr., 1960.
- DURUM, W. H., HEIDEL, S. G., TISON, L. J. (1960): World-wide runoff of dissolved solids. — *Internat. Assoc. of Scient. Hydrol. Gen. Assembly of Helsinki, 1960, Commission of Surface Waters Publication No. 51.*
- v. ENGELHARDT, W. (1960): Der Porenraum der Sedimente. — *Mineralogie und Petrographie in Einzeldarstellungen*; Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960, 207 S.
- (1961): Zum Chemismus der Porenlösung der Sedimente. — *Bull. of the Geol. Inst. of the Univ. Uppsala*, Vol. XL, S. 189—204.
- v. ENGELHARDT, W., & GAIDA, K. H. (1963): Concentration changes of pore solutions during the compaction of clay sediments. — *Journ. Sediment. Petrology*, Vol. 33, No. 4, S. 919—930.
- FRICKE, K. (1952): Herkunft des Salz- und Kohlensäuregehaltes der Mineralwässer im weiteren Ruhrgebiet. — *Bergbau-Rundschau*, 4, S. 147—152.
- (1953): Der Schwermineralgehalt der Mineralquellen. — *Z. Erzbergbau und Metallhüttenwesen*, 6, S. 257—266.
- GIBSON, J. (1963): Briefliche Mitteilung.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1954): *Geochemistry.* — At the Clarendon Press, Oxford, 730 S.
- GREEN, J. (1959): Geochemical table of the elements for 1959. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 70, S. 1127—1184.
- HADDING, A. (1938): Barytes and Celstite in the sedimentary rocks of Sweden. — *Kungl. Fysiografiska Sällskapets i Lund Förhandlingar*, Bd. 8, Nr. 8, S. 83—109.
- HARDER, H. (1964): Geochemische Untersuchungen zur Genese der Strontianitlagerstätten des Münsterlandes. — *Beitr. Mineral. u. Petrol.*, 10, S. 198—215.
- HARRISON, A. G., & THODE, H. G. (1958): Mechanism of the bacterial reduction of sulphate from isotope fractionation studies. — *Transact. Farad. Soc.*, Vol. 4, S. 84—92.
- HECK, E. T. (1940): Barium in Appalachian salt brines. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 24, S. 486—493.
- HEGEMANN, F., & THOMANN, H. (1961): Die Bestimmung von Kalzium und Magnesium in Silikaten mittels der photometrisch-komplexometrischen Titration. — *Ber. Dtsch. Keram. Ges.*, 38, H. 8, S. 345—350.
- HERRMANN, A. G. (1961): Über das Vorkommen einiger Spurenelemente in Salzlösungen aus dem deutschen Zechstein. — *Kali und Steinsalz 7/1961*, S. 209—220.
- KUKUK, P. (1938): *Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes.* — Springer-Verlag, Berlin, 706 S.
- MASON, B. (1958): *Principals of geochemistry.* — 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 310 S.
- MEENTS, W. F., BELL, A. H., REES, O. W., & TILBURY, W. G. (1952): Illinois oil-field brines. — *Ill. Petrol.*, No. 66, S. 5—38.

- MICHEL, G. (1963): Untersuchungen über die Tiefenlage der Grenze Süßwasser—Salzwasser im nördlichen Rheinland und anschließenden Teilen Westfalens, zugleich ein Beitrag zur Hydrogeologie und Chemie des tiefen Grundwassers. — Forsch. Ber. d. Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 1239, 131 S.
- MÜLLER, GERMAN, & PUCHELT, H. (1961): Die Bildung von Coelestin ( $\text{SrSO}_4$ ) aus Meerwasser. — Naturwissenschaften, 48, S. 301—302.
- PATTEISKY, K., & HAHNE, C. (1952): Die geologischen Grundlagen des Grubenklimas im Steinkohlenbergbau. — Glückauf, 88, S. 205—211.
- PATTEISKY, K. (1954): Die thermalen Solen des Ruhrgebietes und ihre juvenilen Quellgase. — Glückauf, 90, S. 1334—1348 u. 1508—1519.
- POTH, CH. W. (1962): The occurrence of brine in western Pennsylvania. — Pennsylv. Geol. Surv. Fourth Series, Bull. M 47, 53 S.
- PUCHELT, H. (1961): Das Barium-Strontium-Verhältnis in Schwerspäten der Lagerstätten Meggen/Lenne und Rammelsberg, zugleich ein Beitrag zur Klärung der genetischen Zusammenhänge exhalativ-sedimentärer Erzlager. — Diss. T. H. Hannover, 244 S.
- (1963): Zur Hydrogeochemie des Bariums. — Vortragsref. Fortschr. Min., 41, S. 183.
- SCHWARTZ, W. (1958): Die Bakterien des Schwefelkreislaufes und ihre Lebensbedingungen. — Freib. Forschungh., C 44, S. 1—13.
- VIKTOROVA, M. E., & KOROVA, A. V. (1961): The barium and strontium contents of the water in petroleum formations in the Emba region. — Trudy Inst. Nefti, Akad. Nauk. Kazakh. S.S.R., 4, S. 175—178.
- VINOGRADOV, A. P. (1953): The elementary chemical composition of marine organisms. — Transl. Sears Found. Marine Res. Yale Univ.
- SEMMER, W. (1960): Die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet. — Glückauf, 8, S. 502—511.

Zeche Herbeder Steinkohlen		Zeche Graf Schwerin I/II		Zeche Sachsen		
Int. Proben-Nr.	1	3		8		
Entnahmedatum						
Entnahmestelle	Querschlag, 5. Sohle	Querschlag, 1. östl. Abt. N, 8. Sohle, — 930 m NN, 1063 m Teufe		3. Sohle, Querschlag, Teufe 1015 m		
Probennehmer	Dr. R. Schmidt	Dr. R. Schmidt		Dr. R. Schmidt		
Zufluß						
Temperatur				47,5° C		
pH-Wert						
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$9,85 \cdot 10^3$	$146,8 \cdot 10^3$		$157,8 \cdot 10^3$		
Spez. Gew. (20° C)	1,003	1,119		1,119		
Abdampfr. (105° C)	6360 mg/l	195 300 mg/l		199 300 mg/l		
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	2,01	0,289	37	5,32	22,6	3,26
Na'	2 500	108,7	59 506	2 588	55 170	2 399
K'	34,9	0,892	700	17,91	315	8,055
Mg''	17,0	1,398	1 459	120,0	1 920	157,9
Ca'	20,3	1,014	8 110	405,5	8 800	440,0
Sr''	1,1	0,025	658	15,02	1 235	28,20
Ba''	0	0	892,1	12,98	2 040	29,72
Cl'	3 773	106,4	112 180	3 164	108 650	3 064
Br'	4,72	0,059	108,4	1,356	125,8	1,574
J'	0,12	0,001	4,07	0,032	5,17	0,041
HCO <sub>3</sub> '	302	4,95	34	0,567	20,1	0,33
CO <sub>3</sub> ''	25,8	0,87	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans						

## Pattberg Schächte

Int. Proben-Nr.	9
Entnahmedatum	Februar 1964
Entnahmestelle	Hochbohrung P 292 650 m-Sohle, Haupttrichterstrecke nach Osten
Probennehmer	Dr. R. Schmidt
Zufluß	
Temperatur	
pH-Wert	
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$10,27 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20°C)	1,067
Abdampfr. (105°C)	98 000 mg/l

	mg/l	mval/l
Li'	2,6	0,375
Na'	34 100	1 483
K'	195	4,985
Mg <sup>++</sup>	637,2	52,50
Ca <sup>++</sup>	1 717	85,68
Sr <sup>++</sup>	30,2	0,689
Ba <sup>++</sup>	0	0
Cl'	54 890	1 548
Br'	98,6	1,234
J'	0,87	0,0068
HCO <sub>3</sub> '	142	2,327
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	13,2	0,44
OH <sup>'</sup>	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	3 634	75,66
Desulfobivrio desulfuricans	negativ	

Zeche Consolidation		Thermalquelle Nateln		Zeche Pluto		
Int. Proben-Nr.	7	59	75			
Entnahmedatum	August 1963	7. 2. 1964	5. 3. 1964			
Entnahmestelle	9. Sohle, Primus- Störung	18.30—19.30 Uhr Kohlebohrung in der Gemeinde Nateln (art. Wasser mit CO <sub>2</sub> )	Solbad Wanne-Eickel			
Probennehmer	Dr. R. Schmidt	Puchelt	Puchelt			
Zufluß						
Temperatur						
pH-Wert						
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$146,8 \cdot 10^3$	$105 \cdot 10^3$	$49,5 \cdot 10^3$			
Spez. Gew. (20°C)	1,102	1,056	1,025			
Abdampfr. (105°C)	158 900 mg/l	84 700 mg/l	40 500 mg/l			
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	31,9	4,62	13,4	1,93	5,26	0,758
Na'	48 600	2 115	30 650	1 334	13 010	565,2
K'	643	16,46	389	9,950	186	4,75
Mg <sup>++</sup>	1 281	105,3	233,5	19,20	488	40,13
Ca <sup>++</sup>	6 240	312,0	1 507	75,30	1 113	55,65
Sr <sup>++</sup>	612	14,00	66,6	1,518	56,0	1,277
Ba <sup>++</sup>	1 181	17,21	0	0	0	0
Cl'	91 620	2 582	49 000	1 381	22 420	633,3
Br'	108,2	1,354	25,3	0,317	29,3	0,367
J'	3,90	0,031	3,81	0,030	0,85	0,007
HCO <sub>3</sub> '	92,3	1,514	1 643	26,93	283	4,649
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH <sup>'</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	0	0	1 616	33,62	1 421	29,60
Desulfobivrio desulfuricans			negativ			

Zeche Emil Emscher

187

Int. Proben-Nr.	11	12	13
Entnahmedatum	22. 10. 1963	22. 10. 1963	22. 10. 1963
Entnahmestelle	8. S., 865 m Teufe Querschl. NW 81 Zufluß im Viktoria- Mathias-Sprung	8. S., 865 m Teufe Querschl. NW 81 Nebestörg. ca. 250 bis 300 m vor Viktoria- Mathias-Sprung	5. S., 460 m Teufe östl. Richtstr. nach Schacht Karl
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 300 l/min		ca. 300—400 l/min
Temperatur	41° C	31° C	
pH-Wert	6,8	7,2	7,6
Spez. Leitf. $\mu$ S	153,9 · 10 <sup>3</sup>	148,5 · 10 <sup>3</sup>	7,70 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,102	1,094	1,004
Abdampfr. (105° C)	154 000 mg/l	151 200 mg/l	5 076 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	25	3,623	22,4	3,227	0,6	0,088
Na'	46 500	2 024	43 800	1 906,1	1 626,3	70,793
K'	614	15,705	598	15,297	27,120	0,693
Mg <sup>++</sup>	1 369	112,85	1 226	100,90	4,62	0,038
Ca'	6 047	301,70	5 481	273,5	66,934	3,340
Sr <sup>++</sup>	722	16,477	482	11,00	2,48	0,055
Ba <sup>++</sup>	1 016	14,455	2 162	31,485	0	0
Cl'	88 146	2 486,0	82 970	2 340,0	1 702	48,02
Br'	116,1	1,453	116,8	1,461	4,1	0,0513
J'	4,16	0,033	4,23	0,033	0,42	0,0033
HCO <sub>3</sub> '	83	1,36	n. b.	n. b.	778	12,745
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	31	1,034
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0	623,9	13,000
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Fürst Leopold Baldur

Int. Proben-Nr.	6	14	15
Entnahmedatum	Juli 1963	23. 10. 1963	23. 10. 1963
Entnahmestelle	2. S. (— 709 m NN) 133 m südl. Schacht 1	2. S. (— 710 m NN) Baldur Hauptquerschl. n. Süd., Einmünd. Richtstr. n. Fürst Leopold	2. S. (— 710 m NN) Baldur m 2500 Haupt- querschl. n. Süd., groß. Zufluß aus südwestl. Richtstrecke
Probennehmer	Dr. R. Schmidt	Puchelt	Puchelt
Zufluß		ca. 30 l/min	ca. 300 l/min
Temperatur		25° C	30° C
pH-Wert		6,1	6,1
Spez. Leitf. $\mu$ S	99,1 · 10 <sup>3</sup>	106 · 10 <sup>3</sup>	99 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,063	1,069	1,065
Abdampfr. (105° C)	97 400 mg/l	104 400 mg/l	100 400 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	7,16	1,04	6,8	0,980	6,8	0,979
Na'	31 023	1 349	31 250	1 359,2	27 470	1 194,7
K'	237	6,06	288	7,367	230	5,883
Mg <sup>++</sup>	989	81,3	1 377	113,500	1 045	85,94
Ca'	4 320	216	4 123	205,7	4 196	209,3
Sr <sup>++</sup>	137	3,1	147	3,354	137	3,126
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	57 500	1 622	53 290	1 654,6	52 770	1 488,3
Br'	106,4	1,332	105,7	1,323	100,2	1,254
J'	0,87	0,007	5,03	0,040	3,30	0,026
HCO <sub>3</sub> '	53	0,87	49	0,821	88	1,441
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	1 539	32,1	1 596	33,320	431,7	8,993
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Fürst Leopold Baldur

188

Int. Proben-Nr.	16	17	18
Entnahmedatum	23. 10. 1963	23. 10. 1963	23. 10. 1963
Entnahmestelle	2. S. (— 710 m NN) nördl. Hauptquerschl., Zuffüsse a. d. Nordfeld Baldur m 2640	3. S. (— 860 u. T. = — 830 m NN) 3. westl. Abt. W 3 n. Süd., m 2760, Tropfwasser i. d. Strecke	2. S. (— 704 m NN) 3. westl. Abt. m 2560 ca. 200 m v. Blindsch., südl. Blindsch. 107
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 200 l/min	Tropfwasser	Tropfwasser a. d. Firste
Temperatur	29° C	27° C	24° C
pH-Wert	6,4	6,8	5,3
Spez. Leitf. $\mu S$	97,2 · 10 <sup>3</sup>	124,8 · 10 <sup>3</sup>	102,7 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,063	1,077	1,061
Abdampf. (105° C)	99 300 mg/l	118 600 mg/l	94 300 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	8,2	1,181	7,2	1,037	5,4	0,780
Na <sup>+</sup>	28 260	1 232	35 400	1 539,6	26 380	1 145,5
K <sup>+</sup>	258	6,599	254	6,497	193	4,936
Mg <sup>++</sup>	1 053	86,600	1 138	93,58	967,9	79,530
Ca <sup>++</sup>	4 196	209,350	4 958	247,400	3 832	191,200
Sr <sup>++</sup>	155	3,613	149	3,391	173	3,956
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl <sup>-</sup>	53 540	1 510,0	66 170	1 866,3	49 070	1 384,0
Br <sup>-</sup>	92,8	1,161	119,3	1,493	94,4	1,181
J <sup>-</sup>	5,08	0,040	5,08	0,040	5,93	0,047
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	83	1,360	68	1,114	73	1,196
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH <sup>'</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	1 281	26,670	1 082	22,590	1 891	39,480
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Fürst Leopold Baldur

Int. Proben-Nr.	19	20	21
Entnahmedatum	23. 10. 1963	10. 3. 1964	10. 3. 1964
Entnahmestelle	2. S. (— 705 m NN) NW-Richtstrecke bei m 1510	1. S., SH 70 m südl. Blindsch. 96 (530 m südl. Sch. 2)	2. S., SH 15 m nördl. Blindsch. 118 (1140 m südl. Sch. 2)
Probennehmer	Puchelt	Markscheider	Markscheider
Zufluß	Tropfwasser		
Temperatur			
pH-Wert		6,9	6,4
Spez. Leitf. $\mu S$	115,6 · 10 <sup>3</sup>	95,5 · 10 <sup>3</sup>	101 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,063	1,057	1,058
Abdampf. (105° C)	93 000 mg/l	85 800 mg/l	94 700 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	3,4	0,490	6,27	0,903	6,54	0,942
Na <sup>+</sup>	28 675	1 247	26 660	1 160	28 130	1 223
K <sup>+</sup>	254	6,497	191	4,862	215	5,504
Mg <sup>++</sup>	1 194	98,200	968	79,620	1 000	82,24
Ca <sup>++</sup>	4 112	205,200	3 561,4	177,7	3 792,0	189,230
Sr <sup>++</sup>	139	3,176	153	3,483	150	3,416
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl <sup>-</sup>	54 950	1 550,0	49 620	1 400,70	52 700	1 486,3
Br <sup>-</sup>	n. b.	n. b.	100,7	1,360	87,9	1,100
J <sup>-</sup>	n. b.	n. b.	4,23	0,033	2,54	0,020
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	n. b.	n. b.	75	1,229	38	0,622
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH <sup>'</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	511,3	10,675	1 091,6	22,773	808,75	16,885
Desulfovibrio desulfuricans						

**Zeche Fürst Leopold Baldur**

189

Int. Proben-Nr.	22
Entnahmedatum	10. 3. 1964
Entnahmestelle	3. Sohle, SH Fl. Hagen, Sohlenstr., 200 m westl. d. Querschlages
Probennehmer	Markscheider
Zufluß	
Temperatur	
pH-Wert	
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$126,6 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,081
Abdampf. (105° C)	123 100 mg/l

	mg/l	mval/l
Li'	7,50	1,106
Na'	38 590	1 675
K'	237	6,067
Mg''	1 243	102,22
Ca''	4 808	239,9
Sr''	161	3,66
Ba''	0	0
Cl'	71 370	2 013,0
Br'	125,8	1,574
J'	3,81	0,030
HCO <sub>3</sub> '	83	1,36
CO <sub>3</sub> ''	0	0
OH'	0	0
SO <sub>4</sub> ''	574,5	11,96
Desulfovibrio desulfuricans		

**Zeche Amalie**

	24	25	26
Int. Proben-Nr.	24	25	26
Entnahmedatum	24. 10. 1963	24. 10. 1963	24. 10. 1963
Entnahmestelle	9. S. (— 921 m NN) Zufluß a. d. Baufeld Sälzer/Neuack, Füllort nach Süden	9. S., Hauptquerschl., Zuflüsse a. Grubenfeld Christian Levin u. Wolfsbank	9. S., 1. östl. Abt. Richtstr. n. O., Zufluß aus Schacht Barbara
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 2500 l/min	ca. 1500 l/min	zus. mit Probe 27 ca. 1500 l/min
Temperatur	23° C	24—25° C	27° C
pH-Wert	8,2	7,4	6,9
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$85,2 \cdot 10^2$	$55,1 \cdot 10^3$	$139,4 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,005	1,028	1,088
Abdampf. (105° C)	5611 mg/l	43 400 mg/l	132 900 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	1,09	0,157	7,43	1,098	25,2	3,682
Na'	845,1	36,760	13 645	593,5	39 170	1 703,0
K'	40,08	1,025	189	4,847	589	15,059
Mg''	3,89	0,319	396,4	32,6	1 136	93,430
Ca''	8,62	0,430	1 308	65,27	5 705	284,700
Sr''	4,70	0,107	129	2,944	565	12,890
Ba''	0	0	0	0	2 806	40,860
Cl'	484,6	13,666	24 253	683,90	76 160	2 143
Br'	3,8	0,048	32,2	0,403	98,5	1,232
J'	1,68	0,013	0,61	0,005	0,87	0,007
HCO <sub>3</sub> '	994	16,285	361	5,914	93	1,523
CO <sub>3</sub> ''	50,5	1,684	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	339,9	7,099	479,4	10,010	0	0
Desulfovibrio desulfuricans		positiv				

## Zeche Amalie

Int. Proben-Nr.	27
Entnahmedatum	24. 10. 1963
Entnahmestelle	9. S., 1. östl. Abt. Querschlag n. Süden, Zufluß aus Baufeld Amalie östl. Abt./Helene
Probennehmer	Puchelt
Zufluß	zus. mit Probe 26 ca. 1500 l/min
Temperatur	29° C
pH-Wert	7,2
Spez. Leitf. $\mu$ S	35,9 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,018
Abdampfr. (105° C)	25 200 mg/l

	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	4,48	0,646
Na <sup>+</sup>	6 430	279,2
K <sup>+</sup>	149	3,783
Mg <sup>++</sup>	155,7	12,805
Ca <sup>++</sup>	424,8	21,200
Sr <sup>++</sup>	17,9	0,408
Ba <sup>++</sup>	0	0
Cl <sup>-</sup>	10 779	303,7
Br <sup>-</sup>	20,8	0,260
J <sup>-</sup>	0,85	0,007
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	391	6,406
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0	0
OH <sup>-</sup>	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	368,7	7,687
Desulfovibrio desulfuricans		

## Zeche Shamrock I/II

	28	29	31
Int. Proben-Nr.	28	29	31
Entnahmedatum	3. 2. 1964	3. 2. 1964	3. 2. 1964
Entnahmestelle	8. Sohle, Pumpenkammer I, Westfeld	8. Sohle, Pumpensumpf I, südl. Hauptquerschlag, Zufluß aus Pumpe	8. Sohle, Blindschicht 175, Wasseraustritt aus der Sohle
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur		23° C	40° C
pH-Wert		6,0	5,5—6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	111,1 · 10 <sup>3</sup>	63,8 · 10 <sup>3</sup>	113,7 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,074	1,034	1,071
Abdampfr. (105° C)	125 700 mg/l	50 800 mg/l	108 600 mg/l

	mg/l		mval/l		mg/l		mval/l	
Li <sup>+</sup>	19,2	2,767	8,23	1,186	17,2	2,478		
Na <sup>+</sup>	34 940	1 519	16 380	712,7	33 850	1 472		
K <sup>+</sup>	504	12,89	198	5,053	344	8,801		
Mg <sup>++</sup>	938,8	77,21	505,9	41,60	997,1	81,99		
Ca <sup>++</sup>	3 956	197,4	1 530	76,34	3 810	190,1		
Sr <sup>++</sup>	376	8,586	83,1	1,897	486	11,10		
Ba <sup>++</sup>	1 087	15,83	0	0	1 286	18,73		
Cl <sup>-</sup>	64 920	1 831	28 790	811,9	63 140	1 781		
Br <sup>-</sup>	73,6	0,921	39,9	0,499	77,8	0,973		
J <sup>-</sup>	2,54	0,020	1,27	0,010	3,04	0,024		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	137	2,245	320	5,242	180	2,949		
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0	0	0	0	0	0		
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0		
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0	0	1 012	21,10	0	0		
Desulfovibrio desulfuricans			positiv					

Zeche Shamrock I/II

191

Int. Proben-Nr.	5	30	32
Entnahmedatum	Oktober 1963	3. 2. 1964	3. 2. 1964
Entnahmestelle	8. Sohle, westl. Richtstr., — 880 NN (970 m Teufe), Julia Constan- tin Sprung	8. Sohle, westl. Richtstr., — 880 NN (970 m Teufe), Julia Constan- tin Sprung	8. Sohle, östl. Richtstr., zwischen Blindschacht 179 und 180 bei m 4200
Probennehmer	Dr. Rolf Schmidt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur	43° C	43° C	22° C
pH-Wert		5,5—6,0	5,5—6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	113,0 · 10 <sup>3</sup>	118,5 · 10 <sup>3</sup>	154,4 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,073	1,074	1,116
Abdampf. (105° C)	114 600 mg/l	114 400 mg/l	177 400 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	18,7	2,695	17,0	2,449	37,8	5,448
Na'	36 140	1 571	35 480	1 542,9	54 560	2 372
K'	412	10,53	378	9,670	510	13,05
Mg <sup>++</sup>	971	79,9	987,4	81,21	1 450	119,2
Ca <sup>++</sup>	4 100	200,8	4 330	216,1	7 770	387,7
Sr <sup>++</sup>	561	12,82	432	9,860	584	13,33
Ba <sup>++</sup>	1 110	16,16	1 181	17,19	1 702	24,79
Cl'	67 030	1 892	66 520	1 876	104 000	2 933
Br'	74,3	0,930	73,8	0,923	119,0	1,489
J'	1,56	0,012	2,54	0,020	4,40	0,035
HCO <sub>3</sub> '	72	1,18	149	2,441	105	1,72
CO <sub>3</sub> "	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> "	0	0	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans					negativ	

Zeche Shamrock I/II

Int. Proben-Nr.	34	35	36
Entnahmedatum	3. 2. 1964	3. 2. 1964	3. 2. 1964
Entnahmestelle	8. Sohle, östl. Richtstr., Tropfwasser bei m 4390	8. Sohle, östl. Richtstr., Querschlag Blindsch. 179, aus der Wasser- seige	8. Sohle, gesamter Zu- fluß von der 7. Sohle
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur	25° C	20° C	
pH-Wert	5,5		6,5—7,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	143 · 10 <sup>3</sup>	168 · 10 <sup>3</sup>	20,61 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,092	1,125	1,011
Abdampf. (105° C)	140 300 mg/l	194 050 mg/l	14 600 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	24,3	3,502	33,2	4,784	2,18	0,314
Na'	42 290	1 839	59 090	2 570	5 195	226,2
K'	530	13,56	764	19,55	37,48	0,958
Mg <sup>++</sup>	1 347	113,7	1 469	120,73	194,1	15,96
Ca <sup>++</sup>	5 584	278,6	8 659	432,1	249,7	12,46
Sr <sup>++</sup>	544	12,42	564	12,88	9,60	0,219
Ba <sup>++</sup>	1 865	27,0	1 006	14,65	0	0
Cl'	81 030	2 286	112 500	3 173	7 890	222,4
Br'	n. b.	n. b.	112,0	1,402	10,0	0,125
J'	n. b.	n. b.	5,08	0,040	0,36	0,003
HCO <sub>3</sub> '	129	2,113	39	0,639	549	8,995
CO <sub>3</sub> "	0	0	0	0	15	0,56
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> "	0	0	0	0	1 156	24,12
Desulfovibrio desulfuricans			negativ			

Zeche Zweckel

192	Int. Proben-Nr. 37		38		39	
	Entnahmedatum	3. 2. 1964		3. 2. 1964		3. 2. 1964
Entnahmestelle	2. Abt. Querschl. n. Süden, am Damm 24		5. Sohle, Wasserscheide südl. Richtstr., Zweckeler Hauptsprung		5. Sohle, 5. Abt. nördl. Richtstr., Damm 56 (alle Zuflüsse bis Flöz Q)	
Probennehmer	Puchelt		Puchelt		Puchelt	
Zufluß	ca. 10 l/min		ca. 600 l/min		ca. 85 l/min	
Temperatur	33° C		45° C			
pH-Wert	6,0		5,5—6,0		5,5	
Spez. Leitf. $\mu$ S	153 · 10 <sup>3</sup>		156 · 10 <sup>3</sup>		78,1 · 10 <sup>3</sup>	
Spez. Gew. (20° C)	1,105		1,113		1,042	
Abdampfr. (105° C)	162 800 mg/l		173 500 mg/l		62 700 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	25,1	3,627	27,0	3,890	4,09	0,589
Na <sup>+</sup>	49 919	2 171,2	54 210	2 357	20 320	884,1
K <sup>+</sup>	674	17,25	646	16,53	119,7	3,061
Mg <sup>++</sup>	1 527	126,4	1 430	117,6	729,6	60,01
Ca <sup>++</sup>	6 240	311,4	6 740	336,3	2 236	111,6
Sr <sup>++</sup>	643,2	14,680	585	13,31	158	3,611
Ba <sup>++</sup>	1 276	18,58	1 568	22,83	0	0
Cl <sup>-</sup>	94 270	2 659	101 570	2 864	37 360	1 054
Br <sup>-</sup>	105,2	1,317	108	1,352	67,2	0,841
J <sup>-</sup>	6,77	0,053	6,80	0,054	3,84	0,030
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	171	2,808	121	1,982	274	4,490
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH <sup>'</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	171,2	3,564
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Zweckel

Int. Proben-Nr. 40	
Entnahmedatum	3. 2. 1964
Entnahmestelle	5. Sohle 3. Abt., Damm 6, Zuflüsse bis Flöz Hagen
Probennehmer	Puchelt
Zufluß	
Temperatur	28° C
pH-Wert	6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	109,3 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,062
Abdampfr. (105° C)	97 900 mg/l
	mg/l
Li <sup>+</sup>	5,92
Na <sup>+</sup>	32 210
K <sup>+</sup>	204,0
Mg <sup>++</sup>	904,7
Ca <sup>++</sup>	3 054
Sr <sup>++</sup>	143
Ba <sup>++</sup>	46
Cl <sup>-</sup>	58 040
Br <sup>-</sup>	97,4
J <sup>-</sup>	4,22
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	196
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0
OH <sup>'</sup>	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	0
Desulfovibrio desulfuricans	

Zeche Möller-Rheinbaben

Int. Proben-Nr.	41	42	43
Entnahmedatum	5. 2. 1964	5. 2. 1964	5. 2. 1964
Entnahmestelle	3. S., 1. westl. Abt. n. Norden, Zufluß v. d. 2. Sohle	3. S., Abt.-Endpunkt d. östl. Abt. n. Norden (m 1600), Zuflüsse a. d. 2. Sohle	5. S., 7. östl. Abt. n. Nord., bei P.M. 2330, Probe a. Wasserseige, Zufluß a. d. 3. Sohle durch Flöz M
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur	27,5° C	25° C	25° C
pH-Wert	6,5	6,0	6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	49,9 · 10 <sup>3</sup>	52,8 · 10 <sup>3</sup>	53,9 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,027	1,028	1,028
Abdampf. (105° C)	45 500 mg/l	41 200 mg/l	42 200 mg/l

193

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	3,28	0,472	3,31	0,477	3,57	0,514
Na'	12 925	562,2	13 970	607,8	14 300	621,8
K'	131,80	3,371	109,12	2,79	116,8	2,988
Mg <sup>++</sup>	510,7	42,003	496,1	40,80	466,9	38,40
Ca <sup>++</sup>	2 062,5	102,9	1 668,9	82,23	1 626,5	81,13
Sr <sup>++</sup>	65,0	1,483	101,7	2,487	89,6	2,044
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	23 540	663,9	25 250	712,0	25 600	723,6
Br'	39,0	0,488	46,0	0,576	45,3	0,567
J'	2,20	0,017	1,86	0,015	1,69	0,013
HCO <sub>3</sub> '	282,2	4,630	129,9	2,130	137,8	2,261
CO <sub>3</sub> '	10,2	0,340	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> '	2 062,6	43,050	1 047,8	21,885	985,2	20,475
Desulfovibrio desulfuricans	positiv		negativ			

Zeche Möller-Rheinbaben

Int. Proben-Nr.	44	45	4
Entnahmedatum	5. 2. 1964	5. 2. 1964	Mai 1963
Entnahmestelle	5. S., Richtstr. bei m 1390 (Wasserscheide), Zuflüsse aus Rheinbaben	5. S. — 738 m, Richtstr. Möller, bei m 1395, Zufluß aus höheren Sohlen durch Bohrleitung	3. S., Flöz 4 (Graf Moltke Sprung?)
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Dr. R. Schmidt
Zufluß	ca. 300 l/min	ca. 20 l/min	
Temperatur	25° C	22° C	
pH-Wert	6,5	6,5	
Spez. Leitf. $\mu$ S	64,9 · 10 <sup>3</sup>	86,2 · 10 <sup>3</sup>	47,7 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,034	1,003	1,026
Abdampf. (105° C)	52 100 mg/l	5 750 mg/l	41 500 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	5,50	0,79	0,41	0,059	3,76	0,542
Na'	17 150	745,8	1 696	73,77	12 730	553,38
K'	204,1	5,21	25,6	0,654	127	3,248
Mg <sup>++</sup>	661,5	54,39	77,82	6,40	496	40,79
Ca <sup>++</sup>	1 500,6	74,88	285,4	14,225	1 767	88,17
Sr <sup>++</sup>	102	2,32	15,4	0,351	104	2,374
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	30 560	861,89	3 106	87,60	23 660	667,3
Br'	44,0	0,551	5,73	0,072	21,20	0,265
J'	1,01	0,008	0,28	0,002	1,11	0,009
HCO <sub>3</sub> '	196	3,21	139	2,281	103	1,688
CO <sub>3</sub> '	16,8	0,56	19,2	0,640	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> '	820,6	17,08	233,7	4,865	924,2	19,24
Desulfovibrio desulfuricans	positiv					

Zeche Schlägel und Eisen

194	Int. Proben-Nr.	46	47	48			
	Entnahmedatum	6. 2. 1964	6. 2. 1964	6. 2. 1964			
	Entnahmestelle	Schacht 8, 5. Sohle, westl. Umtrieb, Sammelbecken für Tropfwasser	Schacht 2, 6. Sohle, Pumpensumpf (Trafo-raum)	östl. Richtstr., 560, östl. Zuleitung von Schacht 8, 5. Sohle			
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt			
	Zufluß	ca. 2 l/min					
	Temperatur	18° C	21° C	26° C			
	pH-Wert	5,5—6,0	5,5—6,0	6,0—6,5			
	Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	110 · 10 <sup>3</sup>	112 · 10 <sup>3</sup>	80,4 · 10 <sup>3</sup>			
	Spez. Gew. (20° C)	1,065	1,066	1,042			
	Abdampf. (105° C)	106 900 mg/l	107 900 mg/l	69 400 mg/l			
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
	Li <sup>+</sup>	12,0	1,729	8,3	1,199	8,14	1,173
	Na <sup>+</sup>	32 920	1 432	31 170	1 356	17 865	777,2
	K <sup>+</sup>	328,2	8,395	276,8	7,081	245	6,266
	Mg <sup>++</sup>	1 284,1	105,6	1 867	150,1	875,5	71,96
	Ca <sup>++</sup>	4 850	242,0	5 411	270	3 107	159,5
	Sr <sup>++</sup>	573	13,07	430	9,761	343	7,828
	Ba <sup>++</sup>	1 108	16,13	399	5,81	236	3,436
	Cl <sup>-</sup>	61 390	1 816	63 710	1 797	39 340	1 025
	Br <sup>-</sup>	98,0	1,227	92,5	1,158	63,0	0,788
	J <sup>-</sup>	2,43	0,019	3,30	0,026	2,12	0,017
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	98,8	1,582	101,8	1,668	87	1,425
	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	0	0	0	0	12	0,400
	OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	0	0	0	0	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans	positiv					

Zeche Schlägel und Eisen

	Int. Proben-Nr.	49	50		
	Entnahmedatum	6. 2. 1964	6. 2. 1964		
	Entnahmestelle	5. Sohle, östl. Richtstr. 560, westl. Zuleitung (von Schacht 5.6)	5. Sohle, Schacht 3, Zufluß aus dem Westen		
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt		
	Zufluß		ca. 500 l/min		
	Temperatur	26° C	20° C		
	pH-Wert	6,0—6,5	5,5—6,0		
	Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	31 · 10 <sup>3</sup>	52,5 · 10 <sup>3</sup>		
	Spez. Gew. (20° C)	1,014	1,026		
	Abdampf. (105° C)	21 800 mg/l	41 700 mg/l		
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
	Li <sup>+</sup>	2,6	0,384	4,1	0,588
	Na <sup>+</sup>	7 352	319,7	13 160	572,4
	K <sup>+</sup>	92,0	2,354	126,3	3,23
	Mg <sup>++</sup>	345,3	28,4	549,6	45,2
	Ca <sup>++</sup>	952,3	47,52	1 918	95,6
	Sr <sup>++</sup>	73,2	1,667	162,3	3,704
	Ba <sup>++</sup>	0	0	75,3	1,097
	Cl <sup>-</sup>	13 680	385,9	25 510	719,4
	Br <sup>-</sup>	14,3	0,179	31,8	0,398
	J <sup>-</sup>	1,27	0,010	1,44	0,011
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126	2,065	106,7	1,768
	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	7,2	0,240	7,2	0,24
	OH <sup>-</sup>	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	511,5	11,67	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans	negativ			

Zeche Bergmannsglück

195

Int. Proben-Nr.	51	52	53
Entnahmedatum	7. 2. 1964	7. 2. 1964	7. 2. 1964
Entnahmestelle	3. Sohle (— 520 m), 1. Abt. N., Wasserseige Blindsch. 311	3. Sohle (—520 m), Blindsch. 128, gesamtes aus Polsum zufließendes Wasser	Sumpf 3. Sohle (— 520 m), Zusammenfluß aller Wässer der 3. Sohle
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur	20° C		15° C
pH-Wert			5,5—6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	87,4 · 10 <sup>3</sup>	28 · 10 <sup>3</sup>	23,5 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,048	1,014	1,009
Abdampfr. (105° C)	74 900 mg/l	21 300 mg/l	17 900 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	5,2	0,749	1,38	0,199	— 1,38	0,199
Na'	24 750	1 076,1	7 591	329,7	5 588	243,3
K'	152	3,886	61,6	1,57	61,6	1,575
Mg <sup>++</sup>	895	73,62	199,4	16,4	282,1	23,2
Ca <sup>++</sup>	2 695	134,5	610,4	30,46	527,9	26,35
Sr <sup>++</sup>	135	3,086	32,3	0,74	32,3	0,736
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	44 890	1 265	12 410	349,4	9 860	278,0
Br'	53,7	0,672	11,1	0,139	8,43	0,106
J'	2,37	0,019	1,59	0,013	0,53	0,004
HCO <sub>3</sub> '	63,4	1,028	122,0	1,999	133	2,179
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	3,6	0,120
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	1 208	25,23	1 322	27,53	718,5	14,96
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Bergmannsglück

Int. Proben-Nr.	54	55	56
Entnahmedatum	7. 2. 1964	7. 2. 1964	7. 2. 1964
Entnahmestelle	4. Sohle, Zuflüsse aus Westerholt (Richtstr. Westerholt)	4. Sohle, Richtstr. Westerholt, Wasser aus Flöz Dickebank, östl. Querschlag	4. Sohle, westl. Querschl., Zufluß aus Dickebank und Wasserfall, Stapel 412
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			ca. 20 l/min
Temperatur	30° C	30,5° C	
pH-Wert	5,5—6,0	5,5—6,0	5,5—6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	162 · 10 <sup>3</sup>	153 · 10 <sup>3</sup>	108 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,103	1,091	1,057
Abdampfr. (105° C)	157 600 mg/l	140 100 mg/l	91 600 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	27,3	3,935	23,6	3,415	12,4	1,791
Na'	38 260	1 664	45 160	1 963,6	28 940	1 259
K'	655	16,76	484	12,38	372	9,526
Mg <sup>++</sup>	1 328	109,2	1 216	100	1 294	106,4
Ca <sup>++</sup>	6 180	308,4	5 330	265,9	2 304	114,9
Sr <sup>++</sup>	612	13,97	566	12,92	203	4,635
Ba <sup>++</sup>	1 030	15,00	1 356	19,75	0	0
Cl'	75 480	2 128	84 100	2 372	52 330	1 476
Br'	106,7	1,336	104,7	1,310	63,5	0,795
J'	5,49	0,043	4,23	0,033	2,54	0,020
HCO <sub>3</sub> '	126,9	2,079	89	1,458	153	2,506
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	8,4	0,280
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0	786,5	16,38
Desulfovibrio desulfuricans		negativ				

## Zeche Bergmannsglück

Int. Proben-Nr.	57	58
Entnahmedatum	7. 2. 1964	7. 2. 1964
Entnahmestelle	4. Sohle, Querschlag westlich von Stapel 411	4. Sohle, Pumpensumpf, Zuflüsse aus dem Osten
Probennehmer	Puchelt	Puchelt
Zufluß		
Temperatur		30° C
pH-Wert		
Spez. Leitf. $\mu$ S	134 · 10 <sup>3</sup>	162 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,076	1,105
Abdampfr. (105° C)	119 100 mg/l	160 700 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	18,6	2,679	28,4	4,093
Na <sup>+</sup>	38 860	1 690	37 920	1 649,7
K <sup>+</sup>	444	11,37	648	16,59
Mg <sup>2+</sup>	1 377	113,2	1 308	107,6
Ca <sup>2+</sup>	3 475	173,5	6 080	303,4
Sr <sup>2+</sup>	347	7,92	593	13,53
Ba <sup>2+</sup>	0	0	1 312	19,10
Cl <sup>-</sup>	70 560	1 987	74 860	2 111
Br <sup>-</sup>	87,5	1,095	93,1	1,165
I <sup>-</sup>	3,03	0,024	3,81	0,030
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	88	1,442	112,1	1,837
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	422	8,80	0	0
Desulfovibrio desulfuricans	positiv			

## Zeche Alte Haase

Int. Proben-Nr.	60	61	62
Entnahmedatum	2. 3. 1964	2. 3. 1964	2. 3. 1964
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
pH-Wert	7,2	7,3	6,3
Spez. Leitf. $\mu$ S	643	614	228
Spez. Gew. (20° C)	1,000	1,001	1,000
Abdampfr. (105° C)	464 mg/l	480 mg/l	172 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	0,018	0,003	0,026	0,004	< 0,005	< 0,001
Na <sup>+</sup>	47,1	2,049	23,03	1,219	9,33	0,406
K <sup>+</sup>	10,7	0,273	8,02	0,205	0,414	0,011
Mg <sup>2+</sup>	34,8	2,862	35,25	2,899	8,27	0,687
Ca <sup>2+</sup>	64,8	3,234	70,5	3,518	22,4	1,115
Sr <sup>2+</sup>	0,24	0,005	0,35	0,008	1,00	0,036
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl <sup>-</sup>	19,2	0,54	17,8	0,502	18,1	0,51
Br <sup>-</sup>	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
I <sup>-</sup>	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	238	3,899	202	3,311	10	0,164
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	172	3,587	177	3,683	67	1,395
Desulfovibrio desulfuricans						

## Zeche Alte Haase

Int. Proben-Nr.	63		64		65	
Entnahmedatum	2. 3. 1964		3. 3. 1964		3. 3. 1964	
Probennehmer	Puchelt		Puchelt		Puchelt	
pH-Wert	6,4—6,5		7,3 Temp.: 15° C		7,9 Temp.: 15,5° C	
Spez. Leitf. $\mu$ S	1 690		378		992	
Spez. Gew. (20° C)	1,001		0,999		1,000	
Abdampfr. (105° C)	1 700 mg/l		238 mg/l		588 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	0,103	0,015	0,014	0,002	0,062	0,009
Na'	73,2	3,18	86,4	3,758	261,13	11,36
K'	12,2	0,312	6,72	0,172	8,62	0,221
Mg <sup>++</sup>	131,8	10,84	9,24	0,76	18,23	1,500
Ca <sup>++</sup>	210,4	10,48	13,6	0,679	34,4	1,716
Sr <sup>++</sup>	0,90	0,020	0,16	0,004	2,08	0,047
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	22,0	0,620	9,95	0,280	217,5	6,135
Br'	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J'	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> '	71	1,163	216	3,541	219	3,590
CO <sub>3</sub> "	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> "	890	18,53	35,8	0,745	40,2	0,837
Desulfovibrio desulfuricans			negativ			

## Zeche Alte Haase

Int. Proben-Nr.	66		67		68	
Entnahmedatum	3. 3. 1964		3. 3. 1964		3. 3. 1964	
Probennehmer	Puchelt		Puchelt		Puchelt	
Zufluß	1000 l/min		6000—7000 l/min		500—800 l/min	
Temperatur	15° C		18° C		15° C	
pH-Wert	7,5		7,0		7,2	
Spez. Leitf. $\mu$ S	139		209		165	
Spez. Gew. (20° C)	1,000		1,000—0,999		1,000	
Abdampfr. (105° C)	1160 mg/l		1900 mg/l		119 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	0,036	0,005	< 0,01	< 0,002	< 0,01	< 0,002
Na'	253,5	11,05	459,0	19,95	368,6	16,04
K'	14,04	0,359	18,60	0,475	14,58	0,373
Mg <sup>++</sup>	61,0	5,016	92,7	7,624	55,2	4,436
Ca <sup>++</sup>	88,9	4,436	134,3	6,702	81,7	4,077
Sr <sup>++</sup>	0,43	0,098	0	0	1,36	0,031
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	20,6	0,581	26,3	0,742	20,95	0,591
Br'	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J'	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> '	252	4,130	364	5,972	359	5,884
CO <sub>3</sub> "	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> "	616	12,82	1 030	21,45	579	12,05
Desulfovibrio desulfuricans	negativ		negativ			

## Zeche Alte Haase

Int. Proben-Nr.	69	70	71
Entnahmedatum	3. 3. 1964	3. 3. 1964	3. 3. 1964
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 300 l/min	700—1000 l/min	500—1000 l/min
Temperatur	20° C	15° C	15° C
pH-Wert	7,8	7,1	7,5
Spez. Leitf. $\mu$ S	106	121	136
Spez. Gew. (20° C)	0,999	1,000	1,000
Abdampfr. (105° C)	712 mg/l	806 mg/l	1290 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	0,038	0,005	0,037	0,005	0,020	0,003
Na'	338	14,70	367	15,95	96,3	4,189
K'	9,11	0,233	11,47	0,293	13,32	0,34
Mg''	10,7	0,88	32,8	2,697	94,6	7,78
Ca''	26,8	1,337	55,2	2,754	144,8	7,24
Sr''	0,16	0,004	0,39	0,009	0,49	0,011
Ba''	0	0	0	0	0	0
Cl'	86,6	2,425	20,95	0,591	15,96	0,450
Br'	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J'	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> '	349	5,720	251	4,114	177	2,903
CO <sub>3</sub> ''	12,6	0,420	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	151	3,144	353	7,349	722	15,02
Desulfovibrio desulfuricans	negativ		positiv			

## Zeche Westfalen

Int. Proben-Nr.	72	73	74
Entnahmedatum	4. 3. 1964	4. 3. 1964	4. 3. 1964
Entnahmestelle	Schacht 5, 722 m v. Hangenden, Bühne i. Schacht, Bohrloch 70, 25 m tief, Turonwasser	Schacht 5, 1035 m Sohle, ca. 100 m westl. Schacht 5, Karbonwasser	Schacht 2, 1200 m-Sohle. Schachtsumpf
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 12 l/min	ca. 7,5 l/min	
Temperatur	33° C	41° C	
pH-Wert			
Spez. Leitf. $\mu$ S	132 · 10 <sup>3</sup>	171 · 10 <sup>3</sup>	95,5 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,081	1,121	1,053
Abdampfr. (105° C)	126 400 mg/l	190 900 mg/l	82 700 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	19,03	2,742	27,7	3,992	12,43	1,791
Na'	45 320	1 972,7	64 050	2 785,9	25 640	1 115
K'	491	12,56	434	11,11	182	4,65
Mg''	525	43,24	1 160	95,41	727	59,69
Ca''	1 736	86,52	3 590	179,15	3 302	164,4
Sr''	281,6	6,43	524	11,960	322	7,352
Ba''	0	0	806	11,736	500	7,233
Cl'	74 110	2 090,5	109 620	3 091,6	48 140	1 357,8
Br'	43,2	0,541	66,9	0,837	45,0	0,563
J'	1,30	0,010	5,67	0,045	2,00	0,016
HCO <sub>3</sub> '	1 035	16,955	307	5,081	127	2,070
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	781,1	16,22	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Hannover

199

Int. Proben-Nr.	76	77	78
Entnahmedatum	6. 3. 1964	6. 3. 1964	6. 3. 1964
Entnahmestelle	750 m-S., Verbind.- Quersch. n. Königsgr.; alle Zuflüsse aus Kö- nigsgr. aus Stroße	950 m-S., Unter- suchungsstrecke im Primussprung	Westl. d. Unters.-Str. i. Primus, 950 m-S., Zufl. a.: 1) 4. westl. Abt., 2) 4. westl. Abt. Unter- werksbau, 3) Schacht 6
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 1000 l/min		ca. 700 l/min
Temperatur	18° C	37° C	17—18° C
pH-Wert	6,0	7,4	7,5
Spez. Leitf. $\mu$ S	14,5 · 10 <sup>3</sup>	27,1 · 10 <sup>3</sup>	12,8 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,006	1,011	1,004
Abdampfr. (105° C)	10 100 mg/l	20 300 mg/l	9100 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	1,18	0,170	4,56	0,657	1,7	0,245
Na'	3 434	149,4	7 105	309,04	3 286	142,9
K'	49,6	1,268	134,80	3,448	53,2	1,360
Mg <sup>++</sup>	155,6	12,795	145,8	11,99	82,7	6,801
Ca <sup>++</sup>	220,8	11,042	404,0	20,16	185,2	9,241
Sr <sup>++</sup>	14,9	0,34	36,5	0,832	15,4	0,35
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	5 632	158,85	11 248	317,0	4 983	143,8
Br'	9,43	0,118	13,9	0,174	5,47	0,068
J'	0,32	0,003	0,43	0,003	0,38	0,003
HCO <sub>3</sub> '	431	7,065	589	9,65	572	9,376
CO <sub>3</sub> ''	0	0	30	1,000	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	429,7	8,945	879,0	18,295	368,3	7,666
Desulfovibrio desulfuricans	positiv		positiv			

Zeche Hannibal

Int. Proben-Nr.	79	80	81
Entnahmedatum	6. 3. 1964	6. 3. 1964	6. 3. 1964
Entnahmestelle	950 m-S., Verbindungs- quersch. n. Constantin, alle Zuflüsse aus Constantin	950 m-Sohle, Tropf- wasser aus Ewald- Sprung	950 m-S., Kurve zur westl. Richtstr., Zu- flüsse von 750 m-Sohle
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	1500—2000 l/min	ca. 1 l/min	
Temperatur	25° C	31° C	11° C
pH-Wert	6,8	6,5	7,4
Spez. Leitf. $\mu$ S	49,6 · 10 <sup>3</sup>	99,1 · 10 <sup>3</sup>	224 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,025	1,054	1,001
Abdampfr. (105° C)	40 700 mg/l	81 400 mg/l	1650 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	5,1	0,735	14,4	2,085	0,42	0,06
Na'	12 810	557,1	26 210	1 140,2	381,4	16,59
K'	216	5,536	303	7,766	19,9	0,507
Mg <sup>++</sup>	382	31,42	705	57,98	38,9	3,199
Ca <sup>++</sup>	1 493	74,45	2 518	125,67	133,1	6,64
Sr <sup>++</sup>	102	2,326	296	6,756	3,11	0,070
Ba <sup>++</sup>	0	0	838	14,200	0	0
Cl'	22 980	648,2	47 860	1 350,0	350,9	9,868
Br'	22,7	0,284	63,9	0,800	0,53	0,007
J'	0,85	0,007	1,64	0,013	n. b.	n. b.
HCO <sub>3</sub> '	369	6,048	235	3,852	424	6,95
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	15	0,50
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	821,4	17,09	0	0	468	9,741
Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Franz Haniel

200	Int. Proben-Nr.	82	83	84			
	Entnahmedatum	9. 3. 1964	9. 3. 1964	9. 3. 1964			
	Entnahmestelle	2. Sohle, südl. Richtstr. n. Osten, Wasser a. Störungskluft vor Ort	2. Sohle, südl. Richtstr. n. Osten, Wasser aus Bohrloch ins Hangende	3. Sohle, 1. westl. Abt.-Querschl. n. Nord., Vorort, Großbohrloch ins Hangende			
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt			
	Zufluß		ca. 60—100 l/min	ca. 150 l/min			
	Temperatur	22° C	21° C	20° C			
	pH-Wert	7,2	7,2	7,1			
	Spez. Leitf. $\mu$ S	41,6 · 10 <sup>3</sup>	38,6 · 10 <sup>3</sup>	41,1 · 10 <sup>3</sup>			
	Spez. Gew. (20° C)	1,022	1,019	1,023			
	Abdampf. (105° C)	33 500 mg/l	28 300 mg/l	34 240 mg/l			
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
	Li'	2,34	0,333	2,25	0,316	2,67	0,38
	Na'	9 880	429,9	8 960	390,17	10 900	474,1
	K'	91,6	2,343	87,1	2,178	76,8	1,965
	Mg <sup>..</sup>	384	31,58	352,6	28,95	359,9	29,60
	Ca <sup>..</sup>	1 762	85,62	1 063	53,04	1 196	59,68
	Sr <sup>..</sup>	38,7	0,844	121	2,755	31,1	0,710
	Ba <sup>..</sup>	0	0	0	0	0	0
	Cl'	18 036	508,5	16 282	459,2	18 247	513,3
	Br'	32,7	0,409	30,2	0,378	36,0	0,451
	J'	1,86	0,015	1,36	0,011	1,30	0,010
	HCO <sub>3</sub> '	143	2,343	167	2,738	189	3,098
	CO <sub>3</sub> <sup>..</sup>	0	0	0	0	0	0
	OH'	0	0	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>..</sup>	1 892	39,380	723	15,05	2 382	49,58
	Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Franz Haniel

200	Int. Proben-Nr.	85	86	87			
	Entnahmedatum	9. 3. 1964	9. 3. 1964	9. 3. 1964			
	Entnahmestelle	3. Sohle, 1. westl. Abt.-Querschl. n. Norden, Vorort Bandstr. Fl. Iduna II, n. W. Bohrl. i. Deckgeb.	3. Sohle, 1. westl. Abt. Richtstr. n. Nord., Wasser a. d. Sandstein ü. Fl. Q 1	3. Sohle, 1. westl. Abt.-Querschl. n. Norden, stabiles Tropfwasser, Hangendes von Flöz Q 1			
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt			
	Zufluß	ca. 200—300 l/min		ca. 50 l/min			
	Temperatur	22,5° C	14° C	22° C			
	pH-Wert	6,0	7,2	6,6			
	Spez. Leitf. $\mu$ S	53,9 · 10 <sup>3</sup>	69,9 · 10 <sup>3</sup>	101 · 10 <sup>3</sup>			
	Spez. Gew. (20° C)	1,027	1,037	1,055			
	Abdampf. (105° C)	49 400 mg/l	58 800 mg/l	84 960 mg/l			
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
	Li'	3,32	0,478	3,79	0,545	5,70	0,821
	Na'	10 580	460,3	18 860	820,5	28 490	1 239,0
	K'	111	2,839	110	2,814	172	4,399
	Mg <sup>..</sup>	471,8	38,81	569,1	46,810	744,2	61,217
	Ca <sup>..</sup>	1 710	85,33	1 653	82,47	2 033	101,68
	Sr <sup>..</sup>	37,5	0,851	76,5	1,746	104,4	2,383
	Ba <sup>..</sup>	0	0	0	0	nachgewiesen	
	Cl'	23 650	529,80	33 340	940,20	50 950	1 407,3
	Br'	25,6	0,320	47,5	0,594	73,3	0,917
	J'	2,12	0,017	1,95	0,015	1,86	0,015
	HCO <sub>3</sub> '	142	2,327	110	1,803	82	1,283
	CO <sub>3</sub> <sup>..</sup>	0	0	0	0	0	0
	OH'	0	0	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>..</sup>	2 696	56,10	589	12,226	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans						

Zeche Constantin der Große

Int. Proben-Nr.	88	89	90
Entnahmedatum	9. 3. 1964	9. 3. 1964	9. 3. 1964
Entnahmestelle	Const. 6/7, 8. S., I. östl. Abt. Richtstr. B, Gesenk 42 a ca. — 920 m NN	Const. 6/7, 8. S., I. östl. Abt. Richtstr. B, nördl. Stoß b. m 1208 Waaser a. d. Seige v. d. Zuf. d. Gesenkwassers	Const. 6/7, 8. S., Quersch. a. Dreieck, Zuflüsse aus Süden, Hauptabteilung
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	ca. 400 l/min	ca. 1000—1500 l/min	ca. 1000—1500 l/min
Temperatur	37° C	23° C	21° C
pH-Wert	6,5	7,0	7,6
Spez. Leitf. $\mu$ S	180 · 10 <sup>3</sup>	42,2 · 10 <sup>3</sup>	115,5 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,141	1,020	1,005
Abdampf. (105° C)	208 900 mg/l	37 000 mg/l	8 090 mg/l

201

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	58,3	8,405	6,22	0,896	1,616	0,231
Na'	67 420	2 931,6	10 680	464,7	3 151	137,0
K'	1 375	35,17	116	2,967	26,96	0,689
Mg <sup>++</sup>	1 389	114,23	306,4	25,2	75,4	6,202
Ca <sup>++</sup>	10 180	507,1	1 083	53,99	149,9	7,48
Sr <sup>++</sup>	496	11,320	68,1	1,466	5,4	0,123
Ba <sup>++</sup>	797	11,608	0	0	0	0
Cl'	128 300	3 617	18 670	536,3	4 211	124,38
Br'	121,5	1,521	23,7	0,297	4,40	0,055
J'	7,19	0,057	1,27	0,010	0,32	0,003
HCO <sub>3</sub> '	52	0,852	345	5,655	655	10,715
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	12	0,4
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	0	0	313,6	6,525	777,8	16,21
Desulfovibrio desulfuricans	negativ					

Zechen Constantin der Große und Hannover

Int. Proben-Nr.	91	92	2
Entnahmedatum	9. 3. 1964	9. 3. 1964	März 1963
Entnahmestelle	Const. 6/7, 8. S., Bau-feld 2 a, 3. westl. Abt., Stapel 35 (am Pumpen-sumpf a. d. Stroße)	Const. 6/7, 6. Sohle (600 m-S.) an Tafel „n. Sch. 2 u. Wettersch. 1“ v. Bau-feld 3 (im Süden)	Hannover 950 m-Sohle, Primus-Sprung
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Dr. R. Schmidt
Zufluß	ca. 1000—1500 l/min	ca. 500—700 l/min	
Temperatur	25,5° C	26,5° C	
pH-Wert	6,8	7,3	
Spez. Leitf. $\mu$ S	66,1 · 10 <sup>3</sup>	161 · 10 <sup>3</sup>	39,6 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,038	1,000	1,019
Abdampf. (105° C)	59 100 mg/l	1260 mg/l	30 600 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	13,0	1,873	0,23	0,035	7,8	1,13
Na'	18 620	809,7	368,4	16,030	10 490	456,3
K'	268,9	6,879	10,6	0,269	165	4,22
Mg <sup>++</sup>	416	34,205	9,73	0,800	228,5	18,80
Ca <sup>++</sup>	2 393,2	119,4	62,9	3,139	762,0	38,0
Sr <sup>++</sup>	131	2,987	2,85	0,065	69,8	1,593
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	33 970	957,9	304,9	8,6	17 630	497,3
Br'	35,3	0,442	3,73	0,047	11,8	0,148
J'	1,27	0,010	0,11	0,001	0,519	0,004
HCO <sub>3</sub> '	397,9	6,523	414,9	6,800	152	2,49
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	490,6	10,21	235,8	4,890	964,1	20,0
Desulfovibrio desulfuricans	positiv					

Zeche Alstaden

202	Int. Proben-Nr.	93	94	95			
	Entnahmedatum	10. 3. 1964	10. 3. 1964	10. 3. 1964			
	Entnahmestelle	5. Sohle, Hauptquerschl. n. Süden, Blindschacht 12, Ort 4	5. Sohle, östl. Richtstr. i. Fl. Geitling I, 3. S. O. Abt.-Querschl. a. d. Abmauerung (Damm) a. d. Stroße	6. Sohle, 4. N. O. Abt.-Querschl. n. Süden, a. Aufhauen z. 5. Sohle (Flöz Sarnsbänksge)			
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt			
	Zufluß	70—100 l/min		ca. 300—400 l/min			
	Temperatur		24° C	27° C			
	pH-Wert		7,3	7,2			
	Spez. Leitf. $\mu$ S	47,6 · 10 <sup>3</sup>	47,6 · 10 <sup>3</sup>	50,4 · 10 <sup>3</sup>			
	Spez. Gew. (20° C)	1,026	1,023	1,027			
	Abdampf. (105° C)	40 200 mg/l	39 550 mg/l	40 700 mg/l			
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
	Li'	5,6	0,804	6,3	0,901	5,2	0,749
	Na'	12 760	555,4	13 070	568,5	13 390	582,2
	K'	188	4,82	180	4,594	182,5	4,669
	Mg <sup>..</sup>	408,6	33,605	350,2	28,800	384,3	31,61
	Ca	1 088,6	54,3	1 073,3	53,54	1 012	50,38
	Sr <sup>..</sup>	73,4	1,675	76,4	1,744	66,90	1,527
	Ba <sup>..</sup>	0	0	200,1	2,92	177,8	2,587
	Cl'	22 905	645,9	23 189	654,0	23 756	670,2
	Br'	28,5	0,357	29,6	0,370	27,9	0,349
	J'	0,76	0,006	0,87	0,007	1,27	0,010
	HCO <sub>3</sub> '	166,0	2,721	234,3	3,84	173,3	2,808
	CO <sub>3</sub> <sup>..</sup>	9,6	0,320	8,4	2,8	9,6	0,32
	OH'	0	0	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>..</sup>	60,9	1,268	0	0	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans			negativ		positiv	

Zeche Alstaden

	Int. Proben-Nr.	96	97	98			
	Entnahmedatum	10. 3. 1964	10. 3. 1964	10. 3. 1964			
	Entnahmestelle	6. Sohle, 4. N. O. Abt.-Querschl. n. Süden, zusammengef. Wasser zw. Blindsch. 64 + 68 aus Wasserrohr	6. Sohle, Hauptquerschl. n. Süd., Pumpe a. Viergespann (geplanter Stapel) Zufl. a. d. Weststoß	6. Sohle, Hauptquerschl. n. Süden, Fl. Kreftenscheer II, Bandstr. n. O., 100 m östl. Hauptqu., Tropfwasser a. d. Stoß			
	Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt			
	Zufluß		ca. 50 l/min	0,3 l in 3 Stunden			
	Temperatur	26—27° C	30° C				
	pH-Wert	7,3	7,0	7,2			
	Spez. Leitf. $\mu$ S	47,6 · 10 <sup>3</sup>	60,6 · 10 <sup>3</sup>	108 · 10 <sup>3</sup>			
	Spez. Gew. (20° C)	1,025	1,033	1,068			
	Abdampf. (105° C)	40 700 mg/l	51 900 mg/l	103 100 mg/l			
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
	Li'	5,3	0,773	7,6	1,099	9,9	1,42
	Na'	13 390	582,4	16 870	734,9	31 960	1 390,1
	K'	184	4,71	245	6,266	568	14,53
	Mg <sup>..</sup>	384,3	31,61	440,2	36,140	1 605	132,00
	Ca	1 000	49,9	1 348	67,28	3 032	151,25
	Sr <sup>..</sup>	70,6	1,612	98,0	2,238	136,2	3,11
	Ba <sup>..</sup>	176,5	2,570	280	4,077	0	0
	Cl'	23 756	669,9	30 068	847,808	60 277	1 661,3
	Br'	31,8	0,398	40,3	0,504	n. b.	n. b.
	J'	1,30	0,010	0,43	0,003	n. b.	n. b.
	HCO <sub>3</sub> '	175,7	2,88	226,4	3,711	134,2	2,20
	CO <sub>3</sub> <sup>..</sup>	12,0	0,400	0	0	0	0
	OH'	0	0	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> <sup>..</sup>	0	0	0	0	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans					1 388,1	28,90

## Zeche Auguste Viktoria

Int. Proben-Nr.	99	100	101
Entnahmedatum	6. 5. 1964	6. 5. 1964	6. 5. 1964
Entnahmestelle	5 a-Sohle, Wasser- gesenk, 1033 m Sohle, Baufeld 415, Blumen- thaler Sprung	5 a-Sohle, 1033 m Sohle, Zufluß v. d. 4. Sohle	3. Sohle, Sumpfanlage, Zufluß aus Schacht
Probennehmer	Puchelt	Puchelt	Puchelt
Zufluß	1300 l/min	ca. 30 l/min	
Temperatur	50—53° C		
pH-Wert	6,0—6,5	5,5	
Spez. Leitf. $\mu$ S	158 · 10 <sup>3</sup>	68 · 10 <sup>3</sup>	98 · 10 <sup>3</sup>
Spez. Gew. (20° C)	1,126	1,040	1,059
Abdampf. (105° C)	196 400 mg/l	57 100 mg/l	88 500 mg/l

	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	40,6	5,84	8,81	1,27	6,12	0,882
Na'	61 070	2 655,7	18 090	786,8	22 440	975,9
K'	736	18,8	190	4,871	189	4,84
Mg <sup>++</sup>	1 472	121,1	733,9	60,35	1 599	131,5
Ca <sup>++</sup>	7 330	365,8	2 140	106,8	6 055	302,1
Sr <sup>++</sup>	650	14,83	47,9	1,093	544	12,41
Ba <sup>++</sup>	1 303	18,96	0	0	0	0
Cl'	113 350	3 197	31 680	893,6	50 380	1 421
Br'	123,3	1,543	36,25	0,454	93,4	1,168
J'	6,77	0,053	8,88	0,070	2,12	0,017
HCO <sub>3</sub> '	151	2,474	23	0,376	84	1,376
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	0	0	3 201	66,65	198,4	4,130
Desulfovibrio desulfuricans					positiv	

Birk, F. (1964): Die hydrologischen Verhältnisse der Wulfener Kreidemulde. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 204-214; 7 Abb.

# Die hydrologischen Verhältnisse der Wulfener Kreidemulde

Mit 7 Abbildungen

Von FELIX BIRK \*), Bochum

## I. Einführung

Im Rahmen des hydrologischen Kartenwerkes für den Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk im Maßstab 1 : 10 000, das unter der Leitung von Prof. Dr. SEMMLER von der Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Jahre 1961 begonnen wurde, sind inzwischen 4 Blätter abgeschlossen. Sie umfassen ein 150 km<sup>2</sup> großes Gebiet zwischen den Städten Marl, Dorsten und Haltern. In dem bearbeiteten Gebiet treten im Bereich der sogenannten Wulfener Kreidemulde artesische Wässer auf. Artesisch ausfließende Bohrungen sind im südwestlichen Münsterland an verschiedenen Stellen bekannt geworden, es seien hier nur die großen Quellen bei Gahlen genannt. Bereits 1935 hat sie BREDDIN untersucht und den artesischen Auftrieb darauf zurückgeführt, daß in dieser Gegend die wasserführenden Schichten des Santons von  $\pm$  wasserundurchlässigen Sedimenten des tiefen Campans muldenförmig überdeckt werden und das Wasser beim Durchstoßen der stauenden Schicht entsprechend der Höhe des hydrostatischen Druckes emporsteigt. Im Zuge der Bearbeitung der Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirkes wurden in der Wulfener Mulde analoge Verhältnisse angetroffen. Da die Wulfener Mulde ein in sich geschlossenes Gebilde ist, die Bearbeitung im großen Maßstabe erfolgte und außerdem Aufschlüsse aus jüngster Zeit zur Verfügung standen, konnte ein guter Einblick in die hydrogeologischen und hydrologischen Zusammenhänge gewonnen werden, auf die in folgendem näher eingegangen werden soll.

## II. Die geologischen Verhältnisse

### Der Gebirgsbau

In ihrem geologischen Zusammenhang gehört die Wulfener Mulde zu den flachen, weit gespannten, in nordwest-südöstlicher Richtung verlaufenden Faltenstrukturen, die, wie LÖSCHER, RIEDEL und BREDDIN schon in den dreißiger Jahren erkannten, den Bau des südwestlichen Münsterschen Kreidebeckens bestimmen.

Mit dem Bau des Grundgebirges stehen sie insofern in Verbindung, als ihr Verlauf dem der großen Querstörungen entspricht. Die Querstörungen setzen sich in das Kreidedeckgebirge fort, und zwar vielfach in Form sogenannter Umkehrverwürfe, d. h. Abschiebungen im Grundgebirge sind später wieder aufgelebt und in der Kreide als Aufschiebungen betätigt worden. Diese Umkehrung der Tektonik führte im Deckgebirge zur Bildung der flachen Sättel und Mulden.

\*) Anschrift des Autors: Dipl.-Geol. F. BIRK, Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 463 Bochum, Herner Straße 45.

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, liegt die Wulfener Mulde zwischen dem Freudenberger Sattel im Südwesten und dem Weseker Sattel im Nordosten. Auf den Muldenflanken treten die Schichten des höheren Santons zu Tage, und zwar im Osten und Nordosten in Form der Halterner Sande, im Westen und Südwesten in Form von Übergangsbildungen zwischen der Fazies der Halterner Sande und der Fazies des Recklinghäuser Sandmergels. Im Muldenkern liegen die Sedimente des tiefen Campans in der Ausbildung des sogenannten Bottroper Mergels.

Zur Klärung der hydrologischen Zusammenhänge war die Festlegung der Verbreitungsgrenze des Bottroper Mergels von ausschlaggebender Bedeutung. Zwar wurden seine mergeligen Sedimente bereits sehr früh in zahlreichen Stein-

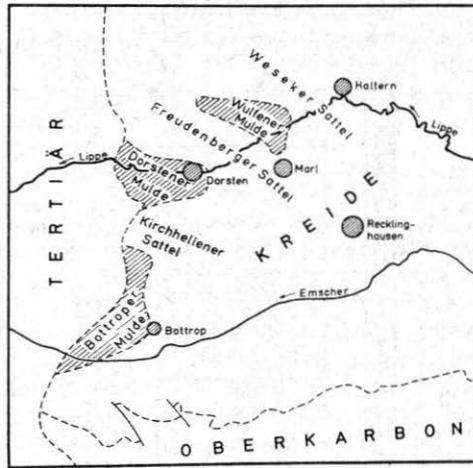


Abb. 1. Strukturskizze des südwestlichen Münsterlandes.

kohlenmutungsbohrungen nachgewiesen. Infolge der mehr oder weniger mächtigen Quartärdecke bestand über seine Verbreitung jedoch noch vielfach Unklarheit. Zahlreiche Untersuchungsbohrungen, die im Zuge der Errichtung des Wasserwerkes der Zehde Wulfen bei Kusenhorst sowie der Wasserversorgungsanlage der Chemischen Werke Hüls geteuft wurden, gaben gute Aufschlüsse, so daß die Grenze des Bottroper Mergels im Süden und Südwesten festgelegt werden konnte. Im Norden wurden zur Klärung der geologischen Verhältnisse mehrere über 10 m tiefe Bohrungen niedergebracht. Nach diesen neueren Unterlagen läßt sich das Verbreitungsgebiet des Bottroper Mergels in der Wulfener Mulde folgendermaßen festlegen:

Im Südwesten reicht es etwa bis zu der Linie Chemische Werke Hüls—Ortsmitte Wulfen, entgegen früheren Anschauungen biegt die Grenze bereits am westlichen Ortsausgang von Wulfen nach Norden und etwa 2 km nördlich des Dorfes nach Osten um, von hier läuft sie in ost-südöstlicher Richtung auf Bergbrossendorf zu, im Südosten schließt sich das Verbreitungsgebiet des Bottroper Mergels zwischen Bergbrossendorf und den Chemischen Werken Hüls. Das in sich geschlossene Mergelgebiet hat eine Längserstreckung von insgesamt 10 km. Seine Breite beträgt im Nordwesten 2 km, im Südosten rund 5 km. Die Mächtigkeit des Bottroper Mergels liegt im Muldenkern zwischen 30 und 40 m. In den in Abb. 5

wiedergegebenen geologischen Schnitten ist die Form der Mulde schematisch dargestellt. Infolge der etwa 20fachen Überhöhung ist das Einfallen der Muldenflanken stark überzeichnet, in Wirklichkeit beträgt es nur 1—2°.

## Die Schichtenfolge

### Das Santon

Im Hinblick auf die hydrologischen Verhältnisse in der Wulfener Mulde sind die Schichten des Santons von besonderer Bedeutung. Das tiefere Santon, das die wasserundurchlässigen Tonmergel des Mittleren und Oberen Emscher der früheren Kreidegliederung umfaßt, bewirkt eine Trennung des Grundwassers im höheren Santon von den tieferen Grundwasserstockwerken. Das höhere San-

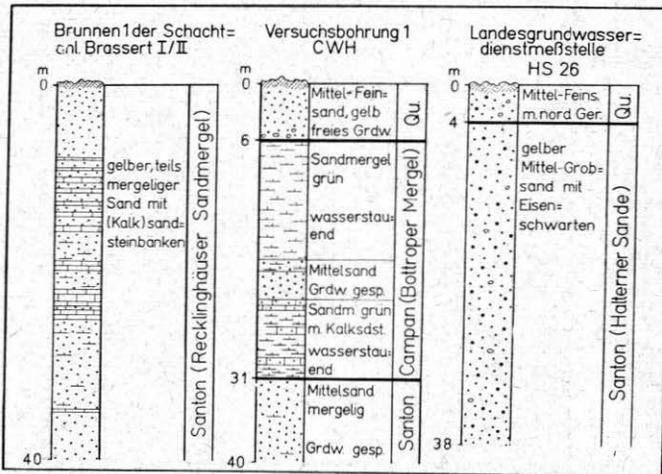


Abb. 2. Die Schichtenfolge im Bereich der Wulfener Kreidemulde.

ton, gleich Untersenon der alten Gliederung, stellt im bearbeiteten Gebiet die Hauptgrundwasserleiter, weshalb auf seine petrographische Beschaffenheit näher eingegangen werden muß. Es beginnt mit der Fazies des Recklinghäuser Sandmergels, einer Wechsellagerung von feinsandigen, glaukonitischen Mergeln und Kalksandsteinbänken bzw. Kalksandsteinlinsen mit Mächtigkeiten zwischen 0,1 und 0,6 m. Nach dem Hangenden zu geht der Mergelgehalt stark zurück, die Zahl der Kalksandsteinbänke nimmt ab; gleichzeitig ist eine Zunahme des Sandanteils und der Korngröße zu beobachten, so daß am Ende reine, kalkfreie Sande vorliegen, welche nach der alten SCHLTERSchen Kreidegliederung als Halterner Sande bezeichnet werden. Zwischen der typischen Ausbildung der Sedimente als Recklinghäuser Sandmergel einerseits und als Halterner Sande andererseits besteht eine ganze Skala von bergangsbildungen. Im wesentlichen sind es mergelige, Kalksandstein führende Mittel- und Feinsande (vgl. Abb. 2: Brunnen 1, Schachtanlage Brassert I/II). Diese bergangsbildungen sind vor allem auf der Südwestflanke der Wulfener Mulde im Bereich des Freudenberger Sattels verbreitet. Sie sind in ihren tieferen Partien grau oder graugrün gefärbt und nehmen nach dem Hangenden zu infolge von Oxydation des Glaukonits eine mehr oder weniger intensive Gelbfärbung an. Mit Beginn der Gelbfärbung ist im allgemeinen eine starke Abnahme in der Anzahl der Kalksandsteinbänke verbun-

den. Des weiteren ist ein Schwinden der Kalksandsteinbänke in nördlicher und östlicher Richtung zu verzeichnen. Im Bereich des Weseker Sattels im Norden und Nordosten der Wulfener Mulde liegt das Santon in der Fazies der Halterner Sande vor. Sie bauen hier die Höhenrücken der Hohen Mark und der Haard auf. In der typischen Ausbildung sind es weiße, gelbbraune, teils auch rötlich oder violett gefärbte Mittel- bis Grobsande, welche Gerölle und Scherben von braunschwarzen Eisenschwarten führen (vgl. Abb. 2: Landesgrundwasserdienstmeßstelle HS 26). An die Stelle der Kalksandsteinbänke treten teilweise durch Kieselsäure verhärtete Linsen und Fladen.

Zweifellos handelt es sich bei den Halterner Sanden um jüngere Bildungen, bei den Übergangsschichten um ältere. Die Frage nach dem Über- und Nebeneinander der verschiedenen Gesteinsbildungen ist noch ungeklärt. Für die hydrologischen Verhältnisse ist diese auch ohne Belang, da sowohl die Halterner Sande als auch die Übergangsschichten gute Grundwasserleiter darstellen. BREDDIN (1935) faßt sie daher auch unter der Bezeichnung „Gelbe Wassersande“ zusammen.

#### Das Campan

Wie bereits erwähnt, wird das Innere der Wulfener Mulde von den Sedimenten des tiefen Campans in der Fazies des Bottroper Mergels ausgefüllt. Es ist eine Wechselfolge von meist feinsandigen Mergeln oder Mergelsanden mit Kalksandsteinbänken und mergeligen Lagen von Mittelsand. Ein mehr oder minder starker Glaukonitgehalt verleiht dem Gestein eine oft sehr intensive Grünfärbung, so daß sich die Gesteine des Campans selbst in sandiger Ausbildung eindeutig von denen des Santons unterscheiden. An den Muldenrändern und an Stellen, wo die Quartärdecke fehlt, liegt der Bottroper Mergel in Form eines sandigen, braunen oder braungrünen Lehms vor, der aber nach der Tiefe bald in einen grünen Mergel übergeht. Als Beispiel für die Ausbildung des Bottroper Mergels in der Wulfener Mulde ist in Abb. 2 das Schichtenverzeichnis des Versuchsbrunnens 1 der Brunnenanlage der Chemischen Werke Hüls wiedergegeben.

#### Das Quartär

Von den Ablagerungen des Quartärs sind hydrologisch nur die Bildungen der Lippe-Niederterrasse von Bedeutung. Sie begleiten in einem 1 bis 2 km breiten Streifen die Lippe auf beiden Seiten. Es handelt sich vorwiegend um Mittelsande, die bisweilen Einlagerungen von Kies haben. Bei genügender Ausdehnung und Mächtigkeit können aus diesen Ablagerungen durchaus beträchtliche Mengen Grundwasser gewonnen werden.

### III. Die hydrologischen Verhältnisse

#### Niederschläge und Grundwasserhaushalt

Von entscheidender Bedeutung für die Wasserführung bzw. Grundwassererneuerung sind die Niederschläge und der Anteil, der von ihnen zur Versickerung kommt. Wie Abb. 3 zeigt, fallen in dem Hochgebiet der Hohen Mark im langjährigen Mittel 800 mm Niederschlag. Ähnliche Niederschlagshöhen dürften auch für die Haard angesetzt werden. In den tiefer gelegenen Gebieten im Westen der Hochgebiete liegen die Niederschlagshöhen etwas niedriger. Der Anteil, der zur Grundwasserbildung beiträgt, ist in erster Linie abhängig von

der petrographischen Beschaffenheit des Untergrundes. Die Hauptgrundwasserleiter sind die gelben Santonsande. In der Wulfener Mulde sind sie von Bottroper Mergel überdeckt. Dieser setzt den fallenden Niederschlägen hohe Versickerungswiderstände entgegen, so daß sie nicht oder nur zu geringen Teilen in den tieferen Untergrund gelangen. Sie fließen größtenteils durch Bäche und Gräben unmittelbar oberirdisch ab oder führen zu Vernässungen an der Erdoberfläche.

Sehr günstige Versickerungsbedingungen herrschen hingegen in den Gebieten, wo die Sande des Santons unmittelbar zu Tage treten oder unter einer

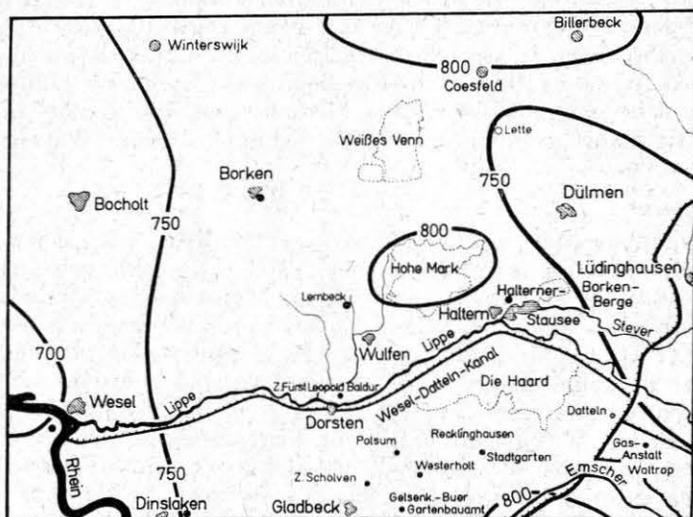


Abb. 3. Mittlere Niederschlagshöhen (1880—1950) an der unteren Lippe (nach OBERHAGEMANN)

sandig ausgebildeten Quartärdecke anstehen. Nach der allgemeinen Grundwasserbewegung im Santon, auf die noch näher eingegangen wird, sind die Einzugsgebiete der wasserführenden Schichten unter dem Bottroper Mergel im wesentlichen am Nord- und Ostrand seines Verbreitungsgebietes zu suchen. Es sind zugleich jene Gebiete, wo das Santon in der Fazies der Halturner Sande vorliegt. Nach neuen Lysimetermessungen in den Halturner Sanden bei Bossendorf und Lavesum, die von PRENK 1960 veröffentlicht wurden, beträgt die Versickerung bei Nadelwald im langjährigen Mittel 35% der fallenden Niederschläge, bei einer Niederschlagshöhe von 800 mm entsprechend 280 mm. Da abgesehen von den Waldgebieten noch beträchtliche Flächen an Acker- und Weideland mit entsprechend höheren Versickerungsfaktoren vorhanden sind, wird mit einer jährlichen Versickerung von 300 mm gerechnet. Dieser Wert stammt nach SEMMLER auch mit den bei der Grundwassergewinnung gemachten Erfahrungen überein.

Die Wasserhöflichkeit der Halturner Sande liegt bei über 1000 cbm möglicher täglicher Förderung. Ähnlich günstig ist auch die Wasserführung in den mergeligen, Kalksandstein-führenden Übergangsschichten. Nach Angaben der Zechen liegen die Leistungen der darin stehenden Brunnen zwischen 700 und 1000 cbm Tagesförderung.

Wenn auch die Sedimente des Campans für eine Wassergewinnung nicht in Frage kommen, so ist die in der Wulfener Mulde aufgeschlossene Schichtenfolge des Bottroper Mergels keinesfalls als ein homogener Wasserstauer anzusehen. In der Versuchsbohrung 1 der Chemischen Werke Hüls wurde unter 6 m mächtigen, wasserführenden Schichten der Lippe-Niederterrasse Bottroper Mergel angetroffen. Bis zu einer Tiefe von 18 m war er vollkommen wasserfrei. Darauf folgten bis rund 25 m mergelige Mittelsande, welche gespanntes Grundwasser enthielten. Bis etwa 31 m Tiefe waren die Schichten dann wieder mehr wasserundurchlässig. Immerhin machten in dieser Bohrung die wasserführenden Schichten etwa  $\frac{1}{4}$  der gesamten Schichtenfolge des Bottroper Mergels aus.

### Die Stockwerksgliederung des Grundwassers in der Wulfener Mulde

Durch den schwer bzw. undurchlässigen Bottroper Mergel wird das Grundwasser in der Wulfener Mulde in 2 Stockwerke gegliedert. Das 1. Stockwerk hat eine freie Oberfläche, welche unmittelbar mit der Lippe in Verbindung steht. Das Grundwasser des 1. Stockwerkes fließt mit einem flachen, gleichmäßigen Gefälle von Norden und Süden der Lippe zu. Außerhalb der Verbreitungsgrenze des Bottroper Mergels liegt das erste Grundwasserstockwerk in den Sanden des Santons. In der Wulfener Mulde hingegen liegt das freie Grundwasser in bzw. über dem Bottroper Mergel, wo dieser eine mächtigere Quartärdecke trägt. Infolge der erhöhten Versickerungswiderstände liegt der Grundwasserspiegel im Bottroper Mergel im allgemeinen höher als in den umgebenden Sanden. Im Norden der Wulfener Mulde können diese Differenzen in der Lage der freien Grundwasseroberfläche bis zu mehreren Metern betragen. Lediglich an der Lippe, wo die mächtigen Sande der Niederterrasse den Bottroper Mergel überlagern, hat dieser keinen Einfluß auf die freie Oberfläche, so daß sich hier eine zusammenhängende Fläche ausbilden konnte.

Während das erste Grundwasserstockwerk durch Haus- und Weidebrunnen, Teiche, Wasserläufe usw. meist direkt beobachtet werden kann, ist das 2. Stockwerk einer unmittelbaren Beobachtung oft nicht zugänglich. Es liegt unter dem bis zu 30—40 m mächtigen Bottroper Mergel in den Sanden des Santons. Das Wasser dieses Stockwerkes steht unter hydrostatischem Druck. In der Talaue der Lippe ist es durch artesisch auslaufende Bohrungen aufgeschlossen, welche teilweise ständig ausfließen. Außerdem kann es in einer Reihe von Grundwassermeßstellen beobachtet werden, welche im Zuge der Errichtung der Wassergewinnungsanlage der Chemischen Werke Hüls erstellt wurden. Weitere Angaben über das 2. Grundwasserstockwerk liegen von den Schächten der Zeche Wulfen vor, wo vor dem Abteufen in den Vorbohrungen Wasserteste durchgeführt wurden.

Um einen Einblick in die Spannungszustände und die Grundwasserbewegung des 2. Stockwerkes zu gewinnen, wurde die Druckfläche des gespannten Grundwassers konstruiert. In Abb. 4 ist sie in Form von Linien gleichen hydrostatischen Druckes wiedergegeben. Dabei ist zu bemerken, daß die Druckfläche, genau wie die freie Grundwasseroberfläche, in Abhängigkeit von den Niederschlägen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Aus diesem Grunde beziehen sich die Linien gleichen Druckes nicht auf einen bestimmten Zeitpunkt, sondern stellen eine mittlere Lage des Druckspiegels dar, gewonnen aus dem höchsten und tiefsten Wasserstand in den letzten 5 Jahren.

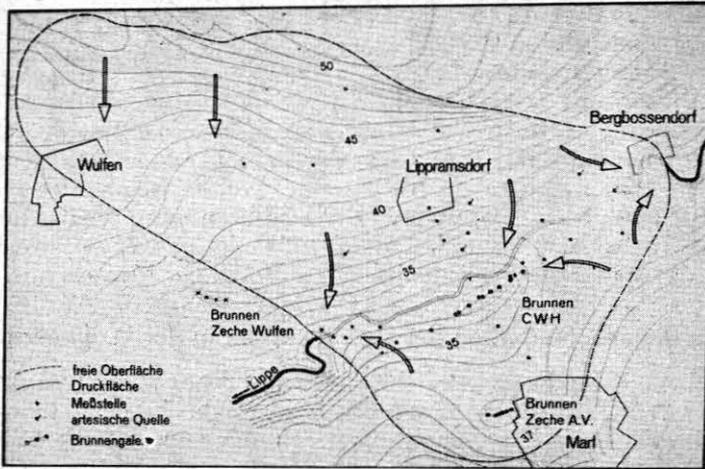


Abb. 4. Druckfläche des gespannten Grundwassers in der Wulfener Mulde.

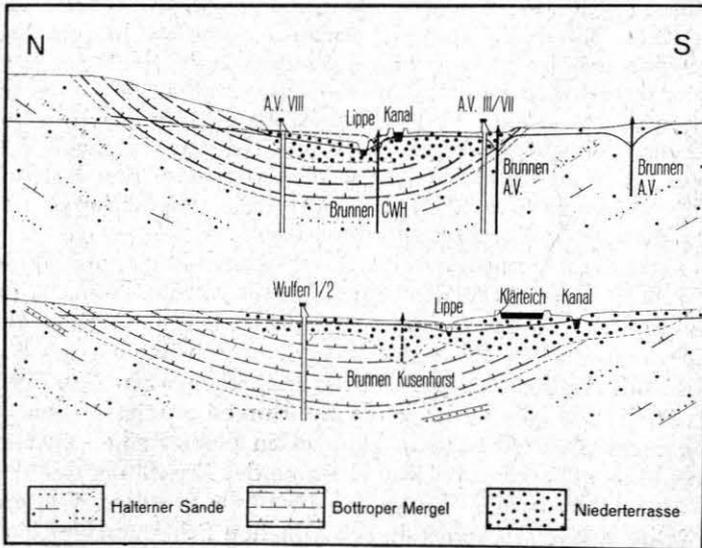


Abb. 5. Schnitte durch die Wulfener Mulde (schematisch, Überhöhung ca. 20fach).

Aus Abb. 4 ist zu entnehmen, daß sich die Druckfläche von Norden und Süden mit flachem Gefälle zur Lippe absenkt. Im 2. Grundwasserstockwerk herrscht demnach ebenfalls eine allgemeine Grundwasserbewegung in Richtung zur Lippe, welche im Südosten die Wulfener Mulde durchquert. An der Stelle, wo die Lippe das Verbreitungsgebiet des Bottroper Mergels erreicht, tritt Wasser aus dem 2. Stockwerk in den Fluß über. Dasselbe ereignet sich weiter flußabwärts, wo die Lippe den Bottroper Mergel wieder verläßt. Dies hat zur Folge, daß die Druckfläche an diesen Stellen eine natürliche Absenkung bis zum Niveau

des Wasserspiegels im Fluß erleidet. Zwischen den beiden genannten Punkten ist die Druckfläche sattelförmig aufgewölbt. An der höchsten Stelle liegt sie bis zu 4 m über der Lippe. Im nördlichen Teil der Wulfener Mulde liegt die Druckfläche im allgemeinen unter der freien Grundwasseroberfläche und unter dem Gelände. In der Lippeau sinkt die Geländeoberfläche stellenweise unter den Druckspiegel ab (vgl. Abb. 5). Dies bedeutet, daß beim Durchteufen des Bottroper Mergels das gespannte Wasser aus dem Santon über den Erdboden emporsteigt. Auf diese Weise dürften die schon seit langem bekannten artesischen

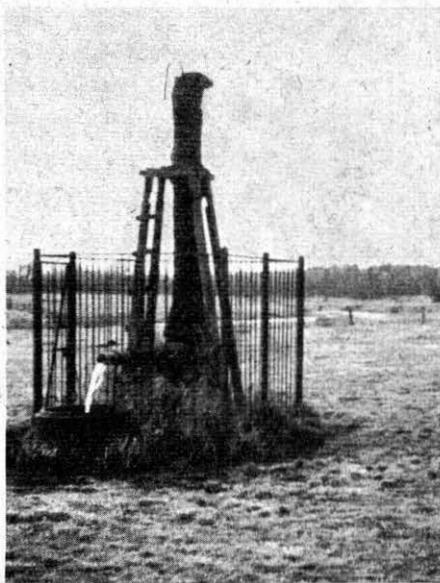


Abb. 6. Brunnen Damann, artesisch auslaufende Bohrung in der Lippeau bei Bergbossendorf

Quellen zwischen Sickingmühle und Bergbossendorf entstanden sein. Die größte der zur Zeit noch fließenden Quellen ist der Brunnen Damann bei Bergbossendorf (s. Abb. 6). Die Schüttung betrug im Februar 1964 ca. 4,5 cbm/h. Eine kleinere Quelle in einem Altarm der Lippe, etwa 1 km weiter westlich (s. Abb. 7), erbrachte um die gleiche Zeit rund 0,8 cbm/h. Die Brunnen der Chemischen Werke Hüls bei Sickingmühle fördern alle aus dem 2. Grundwasserstockwerk unter dem Bottroper Mergel. Die durchschnittliche Förderung der Brunnen liegt zwischen 1500 und 2000 cbm/Tag und Brunnen. Die Wassergewinnung durch die Brunnenanlage bleibt natürlich nicht ohne Einfluß auf die Druckverhältnisse im 2. Stockwerk. Sie führte vor allem dazu, daß in ihrem Einflußbereich eine ganze Anzahl von artesischen Brunnen versiegten oder nur noch zeitweise ausflossen. In diesem Zusammenhang ist ein Versuch von Interesse, der im Jahre 1956 von den Chemischen Werken Hüls in Zusammenarbeit mit dem Lippeverband, dem Wasserwirtschaftsamt Lippstadt und dem Geologischen Landesamt Krefeld durchgeführt wurde. Die Auswertung der Versuchsergebnisse lag in Händen des Lippeverbandes (Sachbearbeiter Dipl.-Ing. Wack). Im März

des genannten Jahres wurden die Brunnen auf eine geraume Zeit abgestellt. Schon nach kurzer Zeit war die durch den Pumpbetrieb verursachte Druckminderung ausgeglichen. Während die artesischen Quellen im Einflußbereich der Brunnen, welcher sich nach Norden bis zu 3 km, im Süden bis etwa 1 km weit erstreckte, wieder zu fließen begannen, hat das Grundwasser des 1. Stockwerkes nicht auf die Abstellung der Brunnen reagiert. Seine Grundwasserbewegung verlief im Rahmen der natürlichen Schwankungen. Somit ist nachgewiesen, daß im

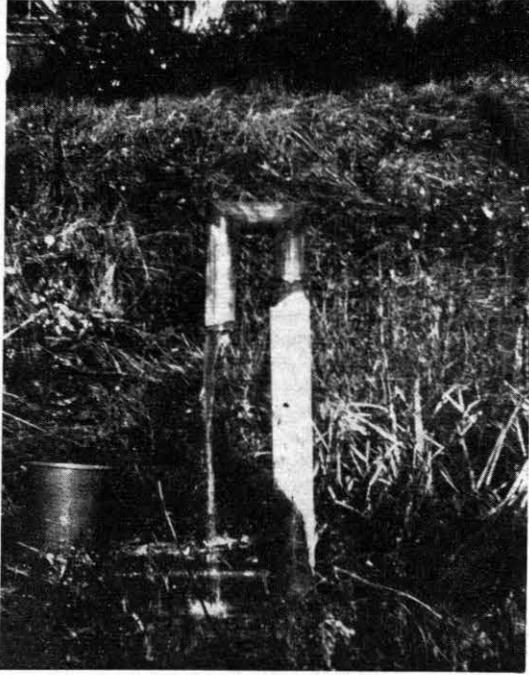


Abb. 7. Artesische Quelle in einem Altarm der Lippe bei Lippramsdorf-Freiheit

Bereich der Brunnenanlage der Chemischen Werke Hüls keine hydraulische Verbindung zwischen den beiden Grundwasserstockwerken besteht.

Nach Südosten zu gegen das Ausgehende der Wulfener Mulde ist eine strenge Trennung der beiden Stockwerke offenbar nicht mehr vorhanden. Es gibt Anzeichen sowohl für eine Trennung als auch für einen teilweisen Zusammenhang der beiden Stockwerke. So wurde bei der Bearbeitung des Blattes Marl-Hüls der Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks festgestellt, daß das Grundwasser innerhalb des Bottroper Mergels wohl eine etwas höhere Spiegellage besitzt als das in der Umgebung. Andererseits erzeugen die Brunnen der Zeche Auguste Victoria am Schacht III/VII eine Absenkung in dem oberen Grundwasserstockwerk, obwohl sie den Bottroper Mergel durchsunken haben und ihre Filter in der Tiefe von 40—50 m in den Kalksandstein führenden Übergangsschichten des Santons stehen. Diese Tatsache ist dadurch zu erklären, daß der Bottroper Mergel kein absolut undurchlässiger Wasserstauer

ist. Durch die Abnahme seiner Mächtigkeit nach dem Ausgehenden hin, an Schacht Auguste Victoria III/VII beträgt sie z. B. nur noch etwa 8 m, muß mit einer teilweisen Durchlässigkeit gerechnet werden, so daß die bei größeren Mächtigkeiten vorhandenen trennenden Eigenschaften mehr und mehr verloren gehen und sich so ein gewisser Druckausgleich zwischen den beiden Stockwerken vollziehen kann.

#### IV. Zusammenfassung

In der Wulfener Mulde, einer flachen, etwa 10 km langen und 5 km breiten, schüsselförmigen Einmuldung der Kreide nordwestlich von Marl, treten die Schichten des tiefen Campans auf, und zwar in der Fazies des Bottroper Mergels. Der Bottroper Mergel ist im allgemeinen wasserundurchlässig. Dadurch kommt es in seinem Verbreitungsgebiet zur Ausbildung von 2 Grundwasserstockwerken. Das höhere Stockwerk in bzw. über dem Bottroper Mergel hat eine freie Oberfläche. Diese steht mit der Lippe in Verbindung, welche die Wulfener Mulde im Südosten durchfließt. Das tiefere und zugleich Hauptgrundwasserstockwerk liegt in den Santonsanden unter dem Bottroper Mergel. Das Wasser dieses 2. Stockwerkes steht unter Druck. Die Druckfläche liegt im Norden der Wulfener Mulde unter der freien Grundwasseroberfläche. In der Talau der Lippe sinkt sowohl diese als auch das Gelände unter die Druckfläche ab, so daß es beim Durchteufen des Bottroper Mergels zu artesischem Auftrieb von Wasser aus den Santonsanden kommt. Auf diese Weise sind in der Lippe eine Reihe von artesischen Quellen entstanden. Das Druckgefälle des gespannten Grundwassers ist gegen die Lippe gerichtet. An den Stellen, wo der Fluß das Gebiet des Bottroper Mergels betritt und wieder verläßt, besteht eine hydraulische Verbindung zwischen den beiden Grundwasserstockwerken. An diesen Stellen wird die Druckfläche bis auf das Niveau der Lippe abgesenkt; dazwischen liegt eine sattelförmige Aufwölbung, in der der Druckspiegel bis zu 4 m über den Lippespiegel ansteigt. Im Bereich der Brunnen der Chemischen Werke Hüls ist der Druckspiegel durch die Grundwassererhebung künstlich abgesenkt. Die Wasserentnahme aus dem Santon hat jedoch infolge der Überlagerung durch den undurchlässigen Bottroper Mergel keinen Einfluß auf die freie Grundwasseroberfläche. Gegen das Ausgehende der Wulfener Mulde verliert der Bottroper Mergel seine trennenden Eigenschaften. In der Nähe seiner Ausstrichlinie finden sich sowohl Hinweise für einen teilweisen Zusammenhang als auch eine Trennung der beiden Stockwerke.

#### Schriften

- ARNOLD, H.: Nachweis subherzynischer Störungen im Münsterland. — Z. deutsch. geol. Ges., **109**, S. 266—269, 1958.
- Lineare Grundwasserbewegung in den Halterner Sanden bei Haltern und Dülmen (Westfalen). — Neues Jb. Geol. Paläont., Mh., Jg. 1956, H. 2/5, S. 76—77, 1956.
- BODE, H.: Die hydrologischen Verhältnisse am Südrand des Beckens von Münster. — Geol. Jb., **69**, S. 429—454, Hannover 1954.
- BREDDIN, H.: Die Bruchfaltentektonik des Kreidedeckgebirges im nordwestlichen Teil des rheinisch-westfälischen Steinkohlenbeckens. — Glückauf, **65**, S. 1157—1168 u. 1193—1198, Essen 1929.
- Die Entstehung der artesischen Quellen im Gebiet der unteren Lippe. — Glückauf, **71**, S. 980—988, Essen 1935.
- FRIEDRICH, W.: Neue Werte für die Grundwassererneuerung (nach Lysimetermessungen). — Z. deutsch. geol. Ges., **113**, S. 12—21, Hannover 1961.
- HESEMANN, J.: Der Grundwasserschatz der Halterner Sande. — Bergfreiheit, **15**, H. 2, S. 6—9, Essen 1950.

- LÖSCHER, G.: Kreide, Tertiär und Quartär an der unteren Lippe. — S.-B. Naturhistorischer Verein 1928, S. 136—153, Bonn 1929.
- Die Tektonik des Kreidedeckgebirges im rheinisch-westfälischen Ruhrkohlenbezirk. — Der Bergbau, 42, S. 529—531, Gelsenkirchen 1929.
- OBERHAGEMANN, E.: Ergebnisse langjähriger Witterungsbeobachtungen in Bochum, 1888—1950. — Mitteilungen der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, H. 3, Bochum 1952.
- PRENK, J.: Überblick über den Stand der Lysimetermessungen in Deutschland. — Die Wasserwirtschaft, 50, S. 141—148, 1960.
- RIEDEL, L.: Zur Stratigraphie und Faziesbildung im Oberemscher und Untersenon am Südrande des Beckens von Münster. — Jb. preuß. geol. Landesanst., 51, S. 605—713, 1930.
- SEMMLER, W., & KÖTTER, K.: Erläuterungen zur Hydrologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks, Blatt Marl-Hüls, Bochum 1963.
- WIEGEL, E.: Zur Lagerung der Oberkreide im südwestlichen Münsterland. — Neues Jb. Geol. Paläont., Mh., Jg. 1956, H. 2/5, S. 66—75, Krefeld 1956.
- WOLANSKY, D.: Erläuterungen der Deckgebirgskarte 1:25 000, Bergmännisch-Geologisches Übersichtskartenwerk des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks, Großblatt Lipp-rams-dorf, Bochum 1950.

Finkenwirth, A. (1964): Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers. – Z. dt. geol. Ges. 116(1): 215-230; 6 Abb., 1 Tab., 1 Taf.

## Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers<sup>1)</sup>

Mit 6 Abbildungen, 1 Tafel und 1 Tabelle

VON ALFRED FINKENWIRTH\*), Wiesbaden

### Inhalt

Zusammenfassung .....	215
Abstract .....	216
Einleitung .....	217
Die geologische Struktur des Untergrundes als Grundlage der Kaliabwässerversenkung ...	217
Hydrogeologische Verhältnisse vor Beginn der Versenkttätigkeit .....	218
Versenktechnik .....	221
Auswirkungen der Versenkung .....	224
Gebiet Philippsthal-Vacha .....	224
Gebiet Heringen-Kleinensee .....	225
Die bisher versenkten Mengen an Kaliabwässern und die weiteren Aussichten der Versenkung .....	228
Schriften .....	230

### Zusammenfassung

Im Werra-Kalirevier (Hessen und Thüringen) sind seit dem Jahre 1925 rund 380 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer — seit 1959 erstmals mehr als 20 Mio. m<sup>3</sup>/a — in den Plattendolomit (Zechstein 3) versenkt worden. Im hessischen Anteil des Reviers wurden in den letzten Jahren 10 bis 15 Mio. m<sup>3</sup>/a Kaliabwässer auf diese Weise beseitigt. Die Versenkung wird in Hessen über 12 Schluckbrunnen betrieben, die eine Aufnahmefähigkeit von bis zu 400 m<sup>3</sup>/h bei maximal 20 bis 30 atü Injektionsdruck aufweisen. Über den unter Meeresniveau liegenden plattigen und kavernösen Kalksteinen des Plattendolomit folgen die gut abdichtenden Oberen Letten und Bröckelschiefer sowie die übrigen Abfolgen des Buntsandstein. Als besonders aufnahmefähig erweisen sich Schluckbrunnen, die am Salzhang oder am Rand irregulärer Salzauslaugungssenken niedergebracht worden sind. Die Kaliabwässer können in diesen stärker aufgelockerten Bereichen aus dem Plattendolomit in den zu Bruch geworfenen Buntsandstein der Subrosionssenken übertreten, in denen zum größten Teil schon versalzene Wässer zirkulieren.

Zur Überwachung des Grundwasserchemismus werden allein in Hessen 220 Quellen und Brunnen regelmäßig beobachtet. Als Kriterium für einen Zufluß von Kaliabwässern gilt ein erhöhter Gehalt an Magnesium-Ionen, die in den natürlich versalzenen Wässern gegenüber den Kalzium-Ionen zurücktreten.

Im Versenkgebiet Heringen-Widdershausen ist ein Aufstieg der Kaliabwässer auf Störungszonen oder auf Basaltspalten zu beobachten. Die hier im Bereich des Salzhanges austretenden versalzenen Quellen werden offenbar von der Versenkung beeinflusst, sind aber im Hinblick auf Schüttung und ausgestoßene Salzmengen unbedeutend. Ähnliche „Kurzschlüsse“ zwischen Versenkleiter und oberflächennahem Buntsandstein sind auch aus Thüringen berichtet worden. In keinem Fall treten hochkonzentrierte Kaliabwässer zu Tage, sondern verdrängte Plattendolomitwässer, manchmal mit wechselnden Anteilen von Kaliabwässern, deren Ableitung in die Vorflut keine Schwierigkeiten macht.

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag, gehalten auf der Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 9. Mai 1964 in Essen.

<sup>\*)</sup> Anschrift des Autors: Dr. ALFRED FINKENWIRTH, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9—11.

Ein merklicher flächenhafter Anstieg der Grenzfläche Süßwasser/Salzwasser ist bisher nicht festzustellen, so daß für das süße Grundwasser keine unmittelbare Gefährdung anzunehmen ist. Es ist sogar denkbar, daß Kaliabwässer auf absteigenden Wegen an die Oberfläche des Salinars gelangt sind und dort einen Solemantel gebildet haben, der der naturgegebenen Ab-laugung Einhalt gebietet. Im Großen gesehen erfolgt die Auffüllung des Plattendolomit-Reservoirs im Bereich des Salzhangs zwischen Hönebach und Gerstungen planmäßig. Hier lassen sich weitere Laugenmengen unterbringen, die in Relation zur Lebensdauer der Kaliwerke stehen.

Im Versenkbereich Philippsthal ist auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland im oberflächennahen Grundwasser überhaupt keine Auswirkung der Versenkung zu beobachten. Eine mehrfach von Herrn Dr. SEIFERT<sup>2)</sup> aufgestellte Chloridbilanz der Werra hat gezeigt, daß auf der Flußstrecke Bad Salzungen—Gerstungen auch keine unkontrollierten Chloridzugänge von nennenswerter Größenordnung erfolgen.

Im Hinblick auf die in den letzten Jahren stark angestiegenen Versenkmengen wird eine genauere Bilanzierung der Versenkräume angestrebt, um eine übermäßige Inanspruchnahme bestimmter Versenkräume frühzeitig zu erkennen und schädliche Auswirkungen auf das nutzbare Grundwasser und das Werrawasser zu vermeiden.

Die Versenkung im Werra-Kalievier — wohl das großartigste Beispiel von Abwasser-versenkung überhaupt — hat sich bisher bewährt und ist zur Zeit noch die wirtschaftlichste Methode zur Beseitigung der Kaliabwässer.

### Abstract

Since 1925 in the Werra potash region (Hessia und Thuringia) almost 380 million m<sup>3</sup> (497 million cu. yds.) of waste brines have been disposed of by deep wells sunk into the "Plattendolomit" (Permian, Zechstein 3). For the first time, since 1959, more than 20 million m<sup>3</sup> (26 million cu. yds.) per year have been pumped underground, in the Hessian part of the potash region alone 10 to 15 million m<sup>3</sup> (13 to 19,5 million cu. yds.) per year. In Hessia, 12 injection wells are in operation. They have a capacity of up to 400 m<sup>3</sup> per hour (4 cu. ft. sec.) with a maximum pump-in-pressure of 20 to 30 atü (284,4 to 426,6 psi). The platy and cavernous limestones of the "Plattendolomit" lie below sea-level. Shales with a very low permeability ("Obere Letten" and "Bröckelschiefer") succeed. These shales are overlain by the different successions of the "Buntsandstein" (Triassic).

Especially successful have been those injection wells, which are situated

- a) at the "Salzhang" — the recent boundary of the saline strata, resulting from the solution activity of the groundwater, or
- b) at the margins of subsiding areas caused by the subterranean solution within the area of present occurrence of rock salt.

In these areas the waste brines can easily leave the "Plattendolomit" and enter into the broken-up "Buntsandstein", where already brackish to saline waters are circulating.

In order to control the composition of the groundwater, in Hessia alone 220 springs and wells are being observed regularly. The inflow of waste brines is recognised by an increased proportion of magnesium ions compared to calcium ions, which are less abundant in saline waters of natural origin.

In the "Salzhang" area of Heringen-Widdershausen an upflow of waste brines can be perceived on fault zones or along basalt dikes affecting several springs. With regard to the outflow and the output of sodium chloride, these springs are not important. They indicate, however, the possibility of shortcuts between the receiver of the disposed brines and the "Buntsandstein" near the surface. Similar observations have been reported from Thuringia. Highly concentrated waste brines have so far never reached the surface. Only saline waters of natural origin with varying proportions of waste brines flow out. The disposal into the river Werra provides no difficulty. There are no observations so far to indicate an elevation of the boundary zone fresh water-saline water over a larger area. Thus there does not seem to be any imminent danger for the fresh groundwater. On the contrary, it might be possible that the waste brines reach the surface of the saline strata to form a highly concentrated cap inhibiting further solution. Generally speaking, the storage of waste brines in the "Plattendolomit" reservoir along the "Salzhang" between Hönebach and Gerstungen is working according to plan. There is ample space for further disposal of waste brines. The capacity of the receiving strata stands in relation to the expected operational life of the potash mines.

In the Philippsthal area the groundwater circulating near the surface is in no way affected by the deep well disposal. Dr. SEIFERT has several times put up an account of the

<sup>2)</sup> Unveröff. Manuskript.

amount of chlorides in the river Werra between Bad Salzungen and Gerstungen. An uncontrolled increase of chloride ions of any notable size could not be proved.

With regard to the highly increased disposal of waste brines within the last years it is planned to achieve a more accurate knowledge of the capacity of the respective reservoirs. This will ensure an early recognition of any excessive use of certain disposal regions, thus eliminating damaging effects on the fresh groundwater and the water of the river Werra.

The underground storage of the waste brines in the Werra potash region is one of the outstanding examples of waste disposal by deep wells. Up to now it has proved to be the most economical method.

### Einleitung

Die langjährige Beobachtung von 220 Quellen und Brunnen durch die an der Überwachung der Versenktätigkeit beteiligten Behörden und durch den Ausschuß „Laugenversenkung“ ermöglicht es, einen Zwischenbericht über den Stand der Kaliabwässerversenkung im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers zu geben. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle den Herren Dr. MATRHOFFER, Dr. NÖRING, Dr. ROTH, Dr. SEIFERT und Dr. TEIKE für ihre wertvollen Hinweise zu danken. Den leitenden Herren der Firmen Wintershall AG. und Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth AG. möchte ich meinen Dank aussprechen für ihre Unterstützung der Arbeiten und für die Genehmigung, firmeneigenes Beobachtungsmaterial verwenden zu dürfen.

Die allgemeinen geologischen Verhältnisse sind von DEUBEL (1954) und HOPPE (1960, 1962) ausführlich geschildert worden, so daß auf eine Wiederholung verzichtet werden kann. Über die Zusammensetzung der Kaliabwässer sind von SEIFERT (1952 a, b, 1953) und J. KAEDING (1954, 1955, 1957) verschiedene Arbeiten veröffentlicht worden, auf die ebenfalls verwiesen wird.

### Die geologische Struktur des Untergrundes als Grundlage der Kaliabwässerversenkung

Für die Versenkung ist die geologische Struktur des Untergrundes sowohl im Hinblick auf das Schluckvermögen des Plattendolomit als auch für die Ausbreitung der Kaliabwässer im Untergrund von entscheidender Bedeutung. Für den hessischen Anteil des Werra-Kalireviers wurde daher eine Strukturkarte, bezogen auf Oberkante Plattendolomit, entworfen (Tafel 4), die vor allem nach Westen hin die Darstellungen von DEUBEL (1954), HOPPE (1962) und HAASE (1963) ergänzen soll. Zu diesem Zweck sind sämtliche im Bohrchiv des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung befindlichen Bohrungen ausgewertet worden.

Der Plattendolomit steigt generell gesehen aus dem Gebiet größter Tiefenlage im Bereich der Eiterfelder Mulde nach Norden zum Richelsdorfer Gebirge und nach Nordosten zum Thüringer Wald hin an. Zwischen Friedewald und Ronshausen fällt die Oberkante Plattendolomit zur Auslaugungssenke von Hönebach hin ab. Dieser Abfall ist auf die unterirdische Auslaugung — Subrosion — des Werra-Salinars zurückzuführen, worauf schon von DIETZ (1928) und HUMMEL (1929) hingewiesen wurde. Aus dem Bereich der Auslaugungssenke bzw. des Salzhanges setzt dann wieder das normale tektonisch bedingte Ansteigen zum Richelsdorfer Gebirge hin ein. Im grenznahen Bereich wurden die Tiefenlinien von DEUBEL (1954) und HAASE (1963) vom Verfasser in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der älteren Bohrungen zur Anpassung überarbeitet. Weiter nach Osten hin wurden die Darstellungen von DEUBEL (1954) und HAASE (1963) übernommen.

Die Bohrergebnisse wurden ferner dazu benutzt, die Konfiguration des Salzhanges darzustellen. Da die Subrosion des Werra-Salinars von oben her auf absteigenden Bahnen erfolgt, ist eine Mächtighkeitsreduktion des Oberen Werra-Steinsalzes ein wichtiges Indiz für beginnende Auslaugung. Aus der regionalen Darstellung der Mächtigkeiten des Oberen Werra-Steinsalzes — in randlichen Gebieten der Gesamtmächtigkeiten des Werra-Salinars — wurde der Verlauf des Salzhanges im Bereich Bebra-Heringen erarbeitet. Weiter nach Südwesten wurden auch die Kartierergebnisse von LANGE & KÄDING (1961), LÄMMLER<sup>3)</sup> und MOTZKA<sup>4)</sup> berücksichtigt. Auf thüringischer Seite wurde an die Darstellung von HAASE (1963) angeschlossen.

Die größeren Auslaugungssenken auf der thüringischen Seite wurden nach den Darstellungen von HAASE (1963) übernommen. Auf der hessischen Seite wurde die Vielzahl der nur wenig ausgedehnten Subrosionssenken nicht dargestellt. Durch zwei neuere Kaliaufschlußbohrungen wurde aber ein größeres Gebiet totaler Ablaugung bei Treischfeld-Großentaft nachgewiesen, das sich nach Südosten hin auf thüringischer Seite in den Bereich der von DIETZ (1928) bearbeiteten Bohrungen „Bonifacius“ bei Geisa und Borsch weiter verfolgen läßt. Die neuesten von KÄSTNER (1964) publizierten Bohrergebnisse bestätigen die bisherigen Beobachtungen für den thüringischen Bereich. Es hat also den Anschein, daß sich unter der Eiterfelder Mulde, die über Tage als Muschelkalkeinmuldung in Erscheinung tritt, ein großes zusammenhängendes Subrosionsgebiet verbirgt. Die außerhalb des heutigen Salzverbreitungsgebietes liegenden Subrosionssenken von Gospenroda, Gerstungen, Hönebach, Bebra, Meckbach und Bad Hersfeld wurden auf Tafel 1 nicht dargestellt.

Von besonderer Bedeutung für die Zirkulation der Grundwässer sind auch die Basaltspalten, da auf ihnen Wässer auf absteigenden Wegen an das Salinar gelangen und damit den Anlaß zur Subrosion geben können. Ferner können diese Basaltspalten auch als Aufstiegswege für das versalzene Tiefengrundwasser dienen. Die Verbreitung der Vulkanite auf hessischem Gebiet wurde einer zusammenfassenden Darstellung von K.-CH. KÄDING (1962), die auf thüringischem Gebiet der von DIETZ (1928) entnommen. Die Vulkanite sind zum Teil durch Augenschein über Tage und unter Tage und zum Teil magnetisch nachgewiesen worden oder nur vermutet. Eine Unterscheidung dieser verschiedenen Erscheinungsformen ist in der Übersichtskarte (Tafel 4) nicht vorgenommen worden.

### Hydrogeologische Verhältnisse vor Beginn der Versenktätigkeit

Beim Abteufen der Kalischächte wurden im Plattendolomit fast überall sehr starke Wasserzuflüsse beobachtet, so z. B. im Schacht Alexandershall 4000 l/min. und in einem Schacht bei Heringen 6000 l/min. Auch in den Kaliaufschlußbohrungen und Schluckbrunnenbohrungen wurden Zuflüsse von maximal bis 6000 l/min. festgestellt. Im Gebiet Philippsthal, etwa 230 m NN, wurden bis zu 2 atü am Bohrlochskopf gemessen, ein Beweis, daß eine Kommunikation mit höher gelegenen Einzugsgebieten vorhanden ist.

Die Plattendolomitwässer waren in Bohrungen bei Widdershausen, nördlich vom Werk Alexandershall, bei Gerstungen und östlich von Hausbreitenbach alle mehr oder weniger stark versalzen. Eine Ausnahme machten nur die Schluckbrunnenbohrungen Obersuhl mit etwa 400 mg/l Chloriden und Untersuhl mit

<sup>3)</sup> Geol. Karte von Hessen 1 : 25 000 Blatt Hersfeld. — Unveröff. Manuskript.

<sup>4)</sup> Geol. Karte von Hessen 1 : 25 000 Blatt Eiterfeld. — Unveröff. Manuskript.

92 mg/l Chloriden sowie das Bohrloch Werksplatz Alexandershall mit rund 800 mg/l Chloriden. Wahrscheinlich ist dieser Bereich vom Ausbiß des Plattendolomit im Richelsdorfer Gebirge her mit Süßwasser ernährt worden. Häufig ist allerdings auch zu vermuten, daß die verschiedenen Kluftzonen des Gebirges nicht in Verbindung stehen, sondern eigene (in sich) kommunizierende Systeme bilden, so daß auf einer Kluft süße Wässer bis in größere Tiefen zirkulieren, während auf einer anderen Kluft Salzwässer bis zu Tage steigen.

Stärker konzentrierte Salzwässer mit über 20 000 mg/l Chloriden wurden zwischen Philippsthal und Merkers angetroffen. Eine Übersicht über den Chemismus der von der Versenkung unbeeinflussten Plattendolomitwässer gibt die nachstehende Tabelle 1.

Tabelle 1. Analysen von unbeeinflussten Plattendolomitwässern.

Entnahmestelle und Entnahmedatum	Ca g/l	Mg g/l	Na g/l	K g/l	Cl g/l	SO <sub>4</sub> g/l	Ca : Mg = 1 :
Solqu. Philippsthal							
26. 6. 1920	1,073	0,1592	8,216	0,1472	12,925	2,298	0,15
21. 11. 1931	1,139	0,236	9,062	0,197	14,9	2,635	0,21
Schluckbr. Hattorf I							
28. 9. 1928	1,631	0,286	16,936	0,225	26,590	3,385	0,17
Schluckbr. Heiligenroda II (Einheit 2)							
20. 11. 1937	0,847	0,183	3,895	0,072	6,565	1,537	0,22
Brl. Obersuhl 1942					0,4		
Brl. Werksplatz Alexandershall							
10. 10. 1930	0,144	0,032	0,055	0,071	0,840	0,329	0,22
Brl. Alexandershall 8 V							
29. 3. 1946	0,511	0,102			10,5	1,562	0,20

Besonders wichtig ist die Feststellung, daß das Verhältnis Kalzium zu Magnesium allgemein etwa 1 : 0,2 beträgt. Eine Verschiebung des Verhältnisses Ca : Mg zu Gunsten von Magnesium deutet auf eine Beteiligung von Kaliabwässern hin.

Aus dem Gebiet Philippsthal sind noch die erhöhten Gehalte an freier Kohlensäure zu erwähnen. Inwieweit Kohlensäure gebietsweise auch als Antriebsmoment für den Aufstieg des versalzten Tiefengrundwassers in Frage kommt, muß dahingestellt bleiben.

In der Nähe des nordöstlichen Ablaugungsrandes im Bereich geringer Tiefenlage des Werra-Salinars liegen auch die natürlichen Salzwasseraustritte. Zu erwähnen sind die salzwasserführenden Quellen von Gerstungen, Vacha, Unterrohn, Bad Salzungen und Breitung. Gewisse Flurbezeichnungen auf der östlichen Werratalseite im Gemeindebezirk Widdershausen, wie z. B. Salzacker, lassen darauf schließen, daß hier früher auch salzwasserführende Quellen im Bereich des Salzhanges zu Tage getreten sind. Im Bereich größerer Tiefenlage des Werra-Salinars zwischen Werra und Fulda sind keine salzwasserführenden Quellen bekannt, sondern diese treten erst wieder am heutigen Westrand der Salzlagerstätte auf, so z. B. in Bad Hersfeld und bei Rothenkirchen

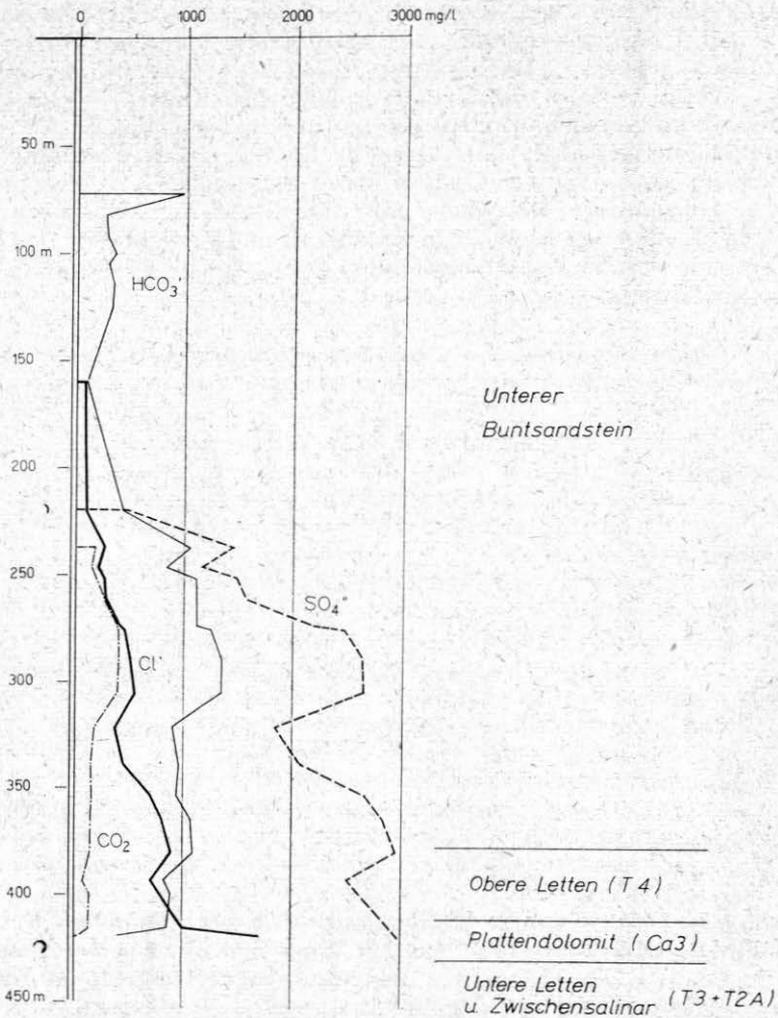


Abb. 1. Vitalisbrunnen Bad Hersfeld.

im Haunetal. Aus der Verteilung der Salzquellen wird ersichtlich, daß diese auf den Bereich des Salzhangs und einen Bereich geringerer Tiefenlage des Salinars — das in einigen Gebieten sogar noch über Meeresniveau ansteht — beschränkt sind. In diesen Gebieten sind auch stärkere Subrosionserscheinungen zu beobachten, die zu einer Zerrüttung des Deckgebirges geführt haben und den Aufstieg des Salzwassers ermöglichen.

Das Fehlen salzwasserführender Quellen im Bereich größerer Tiefenlage des Salinars kann verschiedene Gründe haben. Einmal könnten hier im tiefsten Teil der Lagerstätte an der Oberkante des Salinars noch salzgesättigte Formationswässer zusetzen und eine Auflösung des Salinars verhindern. Zum anderen könnten sich hier bereits konzentrierte Laugen aus früheren Lö-

sungsperioden angesammelt haben, die die Subrosion zu einem Stillstand kommen ließen. Schließlich besteht die Möglichkeit, daß zwar Lösungsnapfe an der Oberkante des Salinars vorhanden sind, sich aber wegen der Gewölbewirkung des überlagernden mächtigen Buntsandstein noch nicht bis zu Tage durchprojiziert haben. In diesem Fall wären auch keine Aufstiegswege vorhanden. Gegen eine solche Annahme sprechen allerdings die bisher vorliegenden Bohrergebnisse, nach denen es — ausgenommen das Gebiet der Eiterfelder Mulde — weithin noch zu keiner Subrosion gekommen ist.

Ein durchlaufendes hydrochemisches Profil durch das Deckgebirge liegt aus dem Werragebiet nicht vor. Zum Vergleich kann aber ein solches Profil aus einem dicht benachbarten Raum, der Auslaugungssenke von Bad Hersfeld, herangezogen werden. In diesem Profil einer Mineralwasserbohrung, des Vitalisbrunnens (Abb. 1), erkennt man, wie bereits im Unteren Buntsandstein ab Teufe 220 m die Chlorid- und Sulfatgehalte zunehmen und im Plattendolomit dann Werte von 2000 bzw. 3000 mg/l erreicht werden. Dieses Profil dürfte für eine Auslaugungssenke in der Nähe des Salzhanges oder auch für irreguläre Subrosionssenken typisch sein.

### Versenktechnik

Das Prinzip der Versenkung beruht kurz gesagt darauf, daß die im Plattendolomit zirkulierenden Wässer durch die spezifisch schwereren Kaliabwässer verdrängt werden. Dazu genügt zum Teil schon der hydrostatische Druck der in das Bohrloch eingebrachten Endlaugensäule. Zur Versenkung größerer Mengen werden die Kaliabwässer heute aber in fast allen Bohrungen unter Druck eingepreßt. Die Drücke betragen im allgemeinen 20 atü, in Einzelfällen bis zu 30 atü. Die Brunnen werden bis an die Oberkante Plattendolomit vollwandig verrohrt und zementiert. In dem Beispiel der Abb. 2 sind dann im Bereich des Plattendolomits  $9\frac{5}{8}$ "-Liner gesetzt worden. Zur Verbesserung der im Laufe der Betriebszeit oft nachlassenden Schluckleistung der Brunnen werden Drucksäuerungen durchgeführt. Zum Teil ist diese Behandlung in den letzten Jahren bei neu gebohrten Brunnen auch gleich von vornherein vorgenommen worden. In einem Fall ist auch versucht worden, die Verbesserung der Aufnahmefähigkeit durch eine dreimalige Torpedierung zu erreichen, jedoch ohne Erfolg.

Seit Beginn der Versenkung im Jahre 1925 sind im Werra-Kalirevier über 40 Schluckbrunnen niedergebracht worden. Außerdem sind in einer weiteren Anzahl von Bohrlöchern Versenkteste ausgeführt worden. Die Aufnahmefähigkeit der Brunnen ist verschieden (Abb. 3). Die Unterscheidung verschiedener Leistungsstufen ist allerdings nur qualitativ zu werten, da die aufgewandten Drücke nicht in allen Fällen vergleichbar sind.

Einige nehmen bei maximal 20 atü Druck bis zu 400 m<sup>3</sup>/h auf, andere nur zwischen 50 und 100 m<sup>3</sup>/h. Generell gesehen hängt die Schluckleistung von der strukturellen Position, aber auch von der faziellen Ausbildung des Plattendolomit ab. Besonders günstig erscheinen Subrosionssenken, an deren Rändern der Plattendolomit stark beansprucht ist. Eine vorteilhafte Lokation ist auch der Bereich des Salzhanges, wo der Plattendolomit durch die Subrosion des Salinars ebenfalls stärker zerrüttet ist. Eine strenge Abhängigkeit von diesen Regeln gibt es allerdings nicht. So ist zum Beispiel die gute Leistung des Schluckbrunnens Heringen 1 nicht ohne weiteres zu erklären. Ob sich die Nähe der Auslaugungssenke von Heringen auswirkt, erscheint zweifelhaft. Auch eine mögliche Verbindung über Basaltspalten zum Salzhang ist problematisch. Die Versenkdrücke

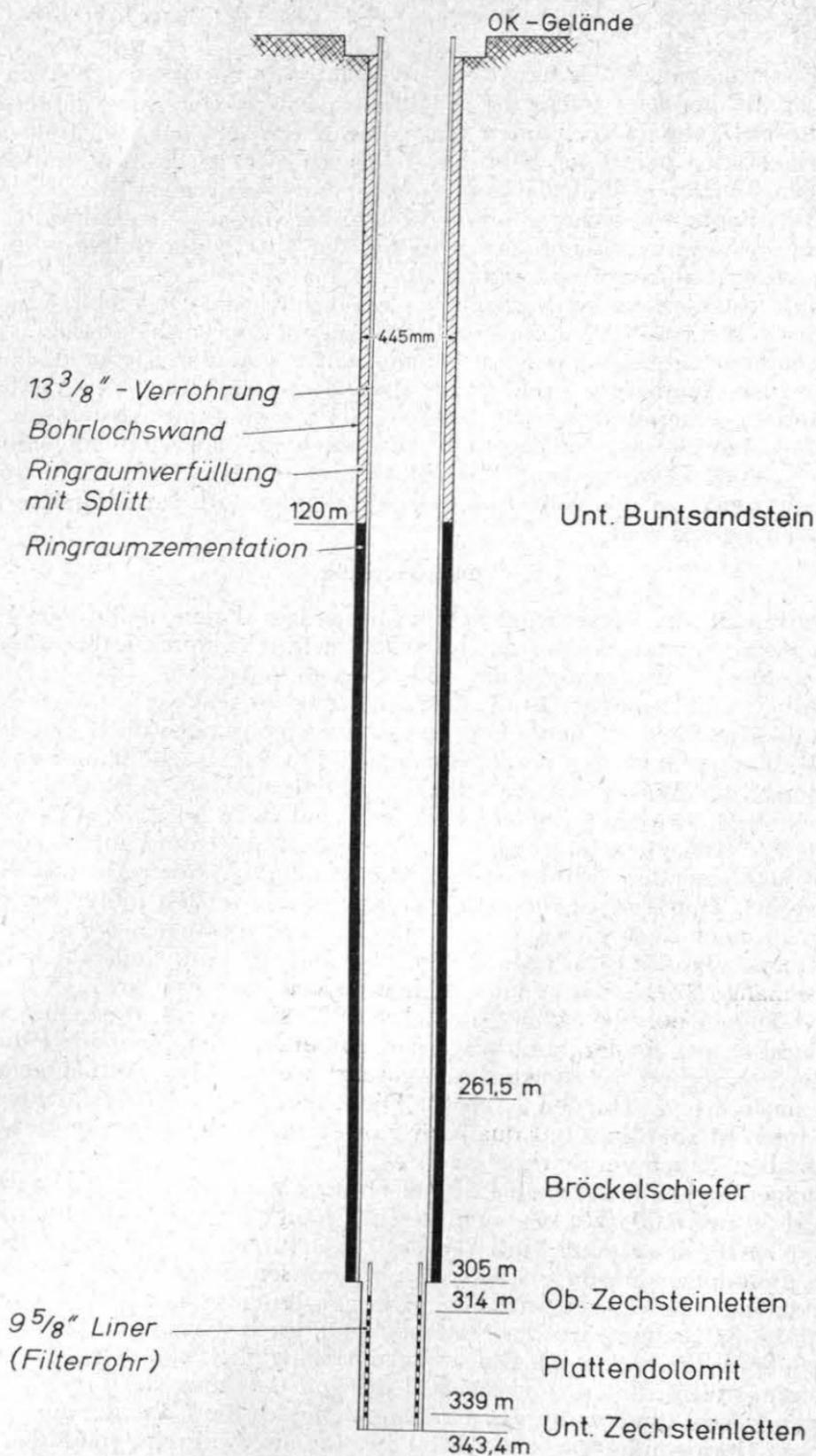


Abb. 2. Schnitt durch eine Versenkbohrung.

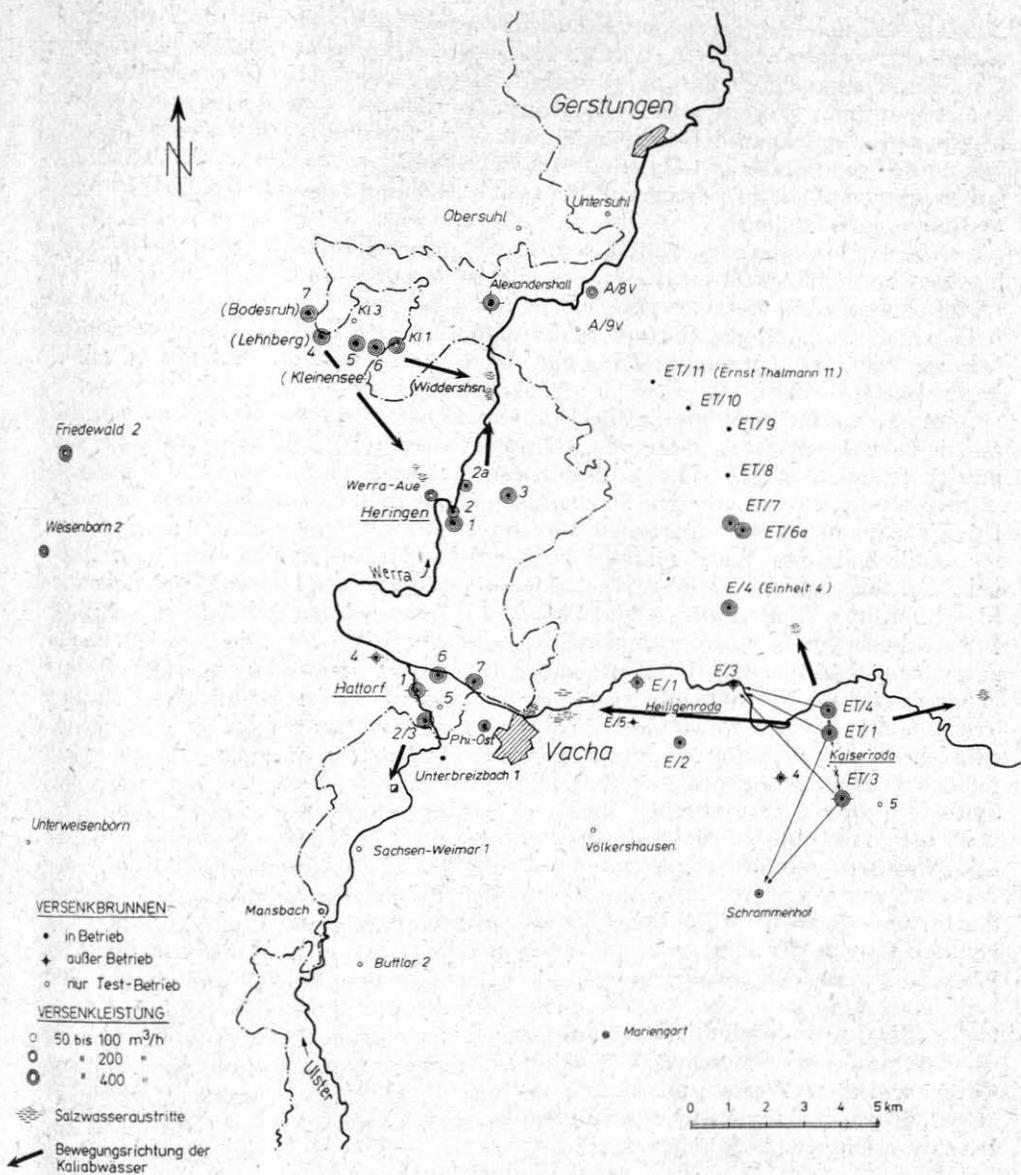


Abb. 3. Schluckbrunnen im Werra-Kalirevier.

mußten in diesem Brunnen von 1929 bis heute von 0 auf 15 atü erhöht werden. DEUBEL (1954) beschreibt, daß die Aufnahmefähigkeit des Brunnen nach der Unterbrechung der Versenkstätigkeit im Jahre 1945 bei Wiederaufnahme der Versenkung bedeutend besser war als vorher. Von den übrigen im Gebiet Heringen niedergebrachten Schluckbrunnen zeigt nur noch der Brunnen 3 eine gute Leistung, wenn er auch nicht ganz so gut aufnimmt wie Brunnen 1.

Als Beispiele für die günstige Position „Salzhang“ können die Brunnen 4 (Lehnberg), 5 (Kleinensee 2), 6 (Kleinensee 4), 7 (Bodesruh) angeführt werden. Eine Ausnahme bildete nur der Brunnen Kleinensee 3. Hier war der Plattendolomit an einer Störung fast vollständig unterdrückt. Gutes Schluckvermögen zeigte auch der Schacht Dankmarshausen. Praktisch nicht aufnahmefähig erwiesen sich die Bohrungen Untersuhl und Obersuhl, was DEUBEL (1954) darauf zurückführt, daß sie im zentralen Bereich der Auslaugungssenken von Hönebach und Gerstungen stehen.

Nicht ohne weiteres zu klären ist auch das gute Schluckvermögen der Schluckbrunnen im Gebiet Philippsthal-Vacha. Es ist möglich, daß sich die Nähe der Auslaugungssenken von Unterbreizbach und Oberzella-Vacha auswirkt. Jedenfalls zeigte der Brunnen Hattorf 4, der von diesen Subrosionsgebieten weiter entfernt liegt, eine geringere Leistung. Über den Brunnen Unterbreizbach 1 liegen keine Angaben vor.

Ein Sonderfall sind die Schluckbrunnen Ernst Thälmann 6 a, 7 und 8, die auf der Sattelstruktur von Tiefenort-Dippach niedergebracht worden sind und gute Leistungen zeigen. Die Schluckbrunnen Ernst Thälmann 9, 10 und 11 stehen bereits im Bereich des Salzhanges. Über diese Brunnen, den Brunnen Ernst Thälmann 8 und den Brunnen Alexandershall 9 V liegen keine Angaben vor.

Außerhalb des Werragebietes zeigte der Plattendolomit sehr gute Aufnahmeleistung in der Bohrung Friedewald 2 und etwas geringere Leistung in der Bohrung Weißenborn 2 bei Friedewald. Zwei neuere Bohrungen auf Blatt Eiterfeld erbrachten nur Versenkleistungen bis zu  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ . Dies scheint damit zusammenzuhängen, daß der Plattendolomit, worauf bereits DEUBEL (1954) hingewiesen hat, in diesem Gebiet stärker tonig ausgebildet ist. In der Bohrung Treischfeld 1, die im Bereich der Subrosionssenke der „Eiterfelder Mulde“ niedergebracht wurde, war der Plattendolomit nur als Brekzie in einem überwiegend tonigen Einsturzgebirge angedeutet. Diese Ausbildung und das Verhalten der Spülung während des Bohrens ließen von vornherein ein negatives Ergebnis erwarten, so daß keine Versenkteste durchgeführt wurden. In den Bohrungen Wüstfeld, Fischbach und Schenksolz traten nur sehr geringe Spülungsverluste auf. Versenkteste wurden nicht vorgenommen. In der Bohrung Unterweisenborn zeigte der Plattendolomit bei 6 atü Druck keine Aufnahmefähigkeit. Praktisch nicht aufnahmefähig war der Plattendolomit auch in den Bohrungen Mansbach, Sachsen-Weimar 1 und Völkershausen, worauf schon DEUBEL (1954) hinweist. Somit kann man seine damalige Angabe einer schlechten Schluckhoffigkeit in diesem Gebiet im großen gesehen als bestätigt ansehen, wenn auch nicht ausgeschlossen ist, daß sich durch intensive, vor allem seismische Untersuchungen in diesem Gebiet zwischen Werra und Haune noch schluckhoffige Strukturen auffinden lassen. So könnte der Rand der Subrosionssenke „Eiterfelder Mulde“ in dieser Hinsicht erfolversprechend sein.

### Auswirkung der Versenkung

#### Gebiet Philippsthal-Vacha

Während die Beeinflussung der „Vachaer Quellen“ durch die Versenktätigkeit im Gebiet Merkers, wie sie von DEUBEL (1954) und HOPPE (1962) geschildert wird, klare Abhängigkeiten zeigt, ist ein Zusammenhang der Vachaer Quellen mit der Versenktätigkeit im Gebiet Philippsthal-Vacha nicht nachzuweisen. Ganz im Gegenteil stellt sich in den Vachaer Quellen trotz zunehmender Versenk-

tätigkeit im Gebiet Philippsthal-Vacha seit 1953 ein stetiger Rückgang der Schüttung, der Chlorid- und der Magnesiumgehalte ein, so daß sich die Verhältnisse hier inzwischen wieder vollständig normalisiert haben. Es ist möglich, daß sich das Erdbeben Heringen 1953 so ausgewirkt hat, daß die Wege, die vom Raum Merkers-Dorndorf her bestanden, verlegt worden sind. Aber auch die Beobachtung der übrigen Quellen und Brunnen in der Nähe von Philippsthal gibt keine Hinweise auf einen Aufstieg verdrängter Plattendolomitwässer oder von Kaliabwässern bis in oberflächennahe Bereiche. Neben der Bemerkung von DEUBEL (1954), daß im Schacht 1 des Werkes Marx-Engels in Unterbreizbach seit 1942 die Chlorid- und Magnesiumgehalte ansteigen, gibt nur die Angabe von HAASE (1963) einen Hinweis, daß im Versenkbohrloch Unterbreizbach 1 im Unteren Buntsandstein bereits 140 m oberhalb des Plattendolomit ein stärkerer Überlauf von versalzene Wässern mit einem leicht erhöhten Magnesiumgehalt festgestellt wurde. Es ist also anzunehmen, daß sich die Auslaugungssenke von Unterbreizbach auffüllt und die Kaliabwässer sich auch weiter nach Süden hin bewegen. Im Schacht 2 des Werkes Marx-Engels sollen nach HAASE (1963) allerdings nur natürlich versalzene Plattendolomitwässer ohne Beimischung von Kaliabwässern angetroffen worden sein.

### Gebiet Heringen-Kleinensee

Für das Gebiet Heringen, wo seit 1929 der Brunnen 1, seit 1943 die Brunnen 2 und 2 a und seit 1950 der Brunnen 3 betrieben werden, gibt es mehrere Hinweise, die dafür sprechen, daß sich die versenkten Kaliabwässer nach Norden zum Salzhang hin bewegen. In einem etwa 2 km vom Brunnen 1 entfernt liegenden Schacht auf der westlichen Werratalseite steigen ab 1939 die Chloridgehalte stark an. Im Jahre 1940 wurde bei Widdershausen aus dem Bohrloch Widdershausen 1 eine Wasserprobe gezogen, die einen Chloridgehalt von etwa 10 g/l und ein Verhältnis  $\text{Ca} : \text{Mg} = 1 : 0,9$  ergab. Zur gleichen Zeit wurden auf der Wiese Trieschmann in Widdershausen zum erstenmal Salzwasseraustritte festgestellt, die auf einen Zusammenhang mit der Versenkung schließen lassen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren im Gebiet Heringen 13 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer versenkt worden. Nimmt man eine durchschnittliche Mächtigkeit des Plattendolomit von 20 m und ein Kluftvolumen von 10% an, so ergibt sich unter Berücksichtigung der Ausbreitung der Kaliabwässer bis in den Raum Widdershausen, daß der beanspruchte Versenkraum von Heringen aus nur nach Norden ausgedehnt sein kann.

Eine weitere Zeitmarke für die Ausbreitung der Kaliabwässer in nördlicher Richtung geben die Analysenergebnisse des Bohrlochs Werksplatz Alexandershall, die HOPPE (1962) mitteilt. Danach ist vom Jahre 1954 an ein Anstieg des Chlorid- und Magnesiumgehaltes zu beobachten. Auch für diesen Zeitpunkt ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen dem errechneten Stauraum, der für die bis dahin versenkten 37,7 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer benötigt wird, und der tatsächlichen Ausbreitung der Kaliabwässer.

Im Jahre 1958 schließlich macht sich ein Anstieg der Chloridgehalte im Bohrloch Obersuhl bemerkbar. Da die Magnesiumgehalte aber noch nicht erhöht sind, muß man annehmen, daß sich hier erst die Chloridfront, die vor den Kaliabwässern hergeschoben wird, bemerkbar macht, so daß die Chloridgehalte auf 7000 mg/l anstiegen, während ursprünglich 400 mg/l angetroffen worden waren. Im Jahre 1952 ist auch der Brunnen 4 (Lehnberg) und im Jahre 1954 der Brunnen 5 (Kleinensee 2) in Betrieb gegangen. Nach der überschlägigen Be-

rechnung des benötigten Versenkraumes für das Gebiet Heringen und in Anlehnung an die strukturellen Verhältnisse ergibt sich mindestens vom Jahre 1958 an ein gemeinsamer Versenkraum für das Versenkgebiet Heringen und das Versenkgebiet Kleinensee.

Nachdem der Plattendolomit in dem Gebiet Kleinensee-Heringen in der beschriebenen Weise aufgefüllt ist, wird es verständlich, daß sich nunmehr die hydrostatischen Druckschwankungen der Versenktätigkeit auf Quellaustritte in Widdershausen auswirken. Hier sind nach dem Erdbeben Heringen 1953 verschiedene salzwasserführende Quellen neu aufgetreten, so auch die am Rande der Talaaue gelegenen Quellen Knaut und Haas. Die Quelle Haas tritt ebenso wie die Quelle Trieschmann auf einer Basaltspalte aus, die aus der Ortslage in eggischer Richtung nach Dankmarshausen zu verfolgen ist. Die Quelle Knaut tritt aus dem am Talrand besonders stark aufgelockerten Buntsandstein aus. Die Chloridgehalte sind bei der Quelle Knaut von ursprünglich 20 g/l auf nahezu 50 g/l angestiegen (Tabelle 2). Das Verhältnis Ca : Mg verschiebt sich immer

Tabelle 2. Analysen (Amtliche Flußüberwachungsstelle Kassel) Quelle Knaut in Widdershausen.

Datum	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	K mg/l	Ca : Mg = 1 :	Schüttung l/min
16. 3. 1960	26 600	2 247	369	0,87	10
28. 6. 1960	31 250	2 634	472	1,06	60
20. 9. 1960	32 875	2 834	524	1,05	55
20. 12. 1960					läuft nicht
28. 3. 1961	24 610	2 007	880	1,05	40
22. 6. 1961					keine
28. 9. 1961	28 935	2 320	567	0,92	150
28. 11. 1961	28 272	2 120	535	1,05	13,5
19./21. 2. 1962	24 350	1 840	536	1,0	480
14./15. 3. 1962	25 205	1 880	536	1,04	85,7
3. 7. 1962	25 370	1 970	480	1,07	75
23. 10. 1962	31 135	1 707	615	1,13	85,5
19. 2. 1963	35 145	2 061	665	1,19	85,6
5. 3. 1963	35 500	2 148	704	1,16	174
11. 6. 1963	32 305	2 356	643	1,21	60
1. 10. 1963	38 450	2 865	781	1,12	200
10. 12. 1963	41 180	1 845	852	1,59	200
9./10. 3. 1964	47 890	3 485	927	1,43	170
21. 7. 1964	43 600	3 072	872	1,87	85

mehr zugunsten des Magnesium. Die Schüttung hat erst im Laufe der letzten Zeit stark zugenommen. Ein ähnliches Verhalten zeigt auch die Quelle Haas. Nur liegen die absoluten Werte nicht so hoch. Bei Quelle Knaut ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Versenktätigkeit und der Schüttung festzustellen, und zwar in der Form, daß z. B. ein Aussetzen der Versenktätigkeit sich nach einem gewissen Zeitraum durch ein Trockenfallen der Quelle und eine Wiederaufnahme der Versenkung sich nach Ablauf einer gewissen Zeit durch ein Wiedereinsetzen der Schüttung bemerkbar macht. Auf Grund der bisherigen Beanspruchung des Versenkraums überlagern sich die vom Gebiet Heringen (Entfernung knapp 4 km) und vom Gebiet Kleinensee (Entfernung ebenfalls 4 km) ausgehenden Einflüsse gegenseitig. Außerdem ist das Wiedereinsetzen der Schüttung nach einer Versenkpause, bzw. das Versiegen der Quelle nach Einstellen der Versenkung von der vorangegangenen Niederschlagstätigkeit abhängig. Im Gebiet Widdershausen

handelt es sich nicht wie im Gebiet Kieselbach-Tiefenort (vgl. HOPPE 1962) um einen flächenhaften Aufstieg der Kaliabwässer, sondern um eine lokale Erscheinung in einem besonders stark beanspruchten Teil des Salzhanges, der noch dazu von einer Basaltspalte durchquert wird. Alte Hausbrunnen in Widdershausen, die ebenfalls auf diesem Basaltgang standen, zeigten bereits vor Beginn der

Millionen  $m^3$

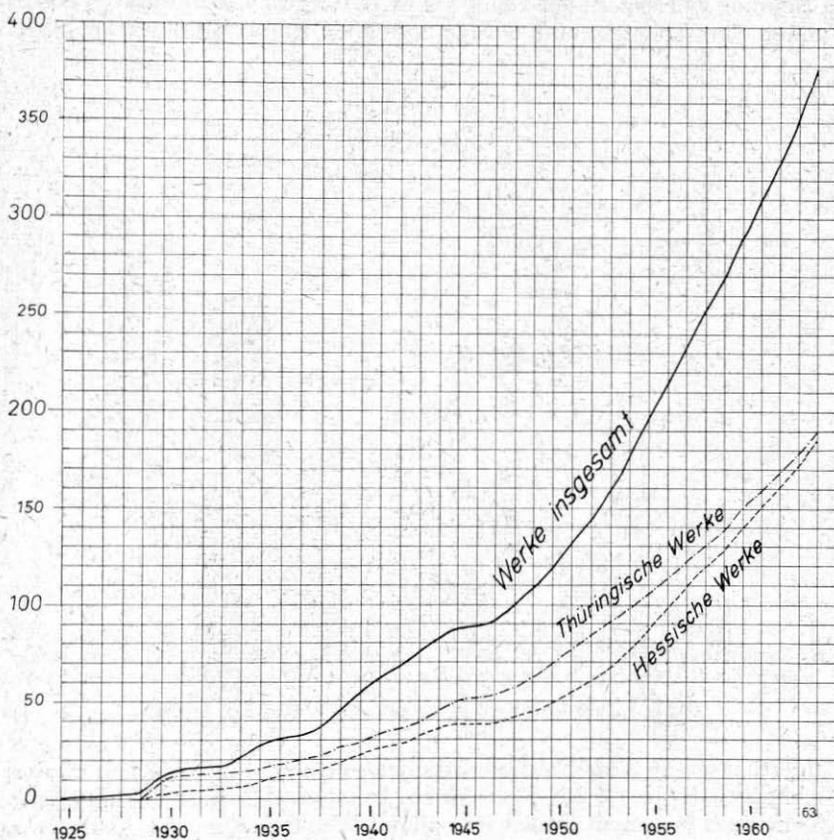


Abb. 4. Summenlinie der Versenkmengen im Werra-Kalireviere.

Versenkung erhöhte Chloridgehalte, so daß zu erwarten war, daß sich in diesem Gebiet auch ein Aufstieg von Kaliabwässern bemerkbar machen würde.

Eine am Rand der Talaue bei Heringen austretende Quelle, die Quelle Spangenberg, zeigte in den Jahren 1954 bis 1957 eine stärkere Beeinflussung durch die Versenkung. Dies ging auf einen Defekt in den Rohrtouren des Schluckbrunnens Lehnberg zurück. Nachdem die Rohrtouren im Jahre 1957 repariert worden waren, sanken die Chloridgehalte in demselben Jahr schlagartig wieder ab.

Ein flächenhaftes Ansteigen der Grenze Süßwasser/Salzwasser hat im Gebiet von Heringen bisher nicht stattgefunden, worauf verschiedene Beobachtungen hinweisen. So gibt es z. B. im Werratal verschiedene Brunnen, die 60 m

unter Werraniveau hinabreichen und deren Chloridgehalte nur bei maximal 500 mg/l liegen. Einer dieser Brunnen liegt unmittelbar neben dem Schluckbrunnen 1, der seit 1929 in Betrieb ist und dient nach wie vor der Trinkwasserversorgung. Erst zwischen 60 und 80 m scheint sich ein allmählicher Anstieg der Chloridgehalte zu vollziehen. Ähnliche Verhältnisse müssen aber wohl auch bereits vor Beginn der Versenkung geherrscht haben. Beim Abteufen des Schachtes Herfa-Neurode wurde z. B. bei Teufe 174 m, d. h. etwa 140 m unter Werraniveau, im Unteren Buntsandstein eine 8%ige Sole angetroffen. In einer im Jahre 1929

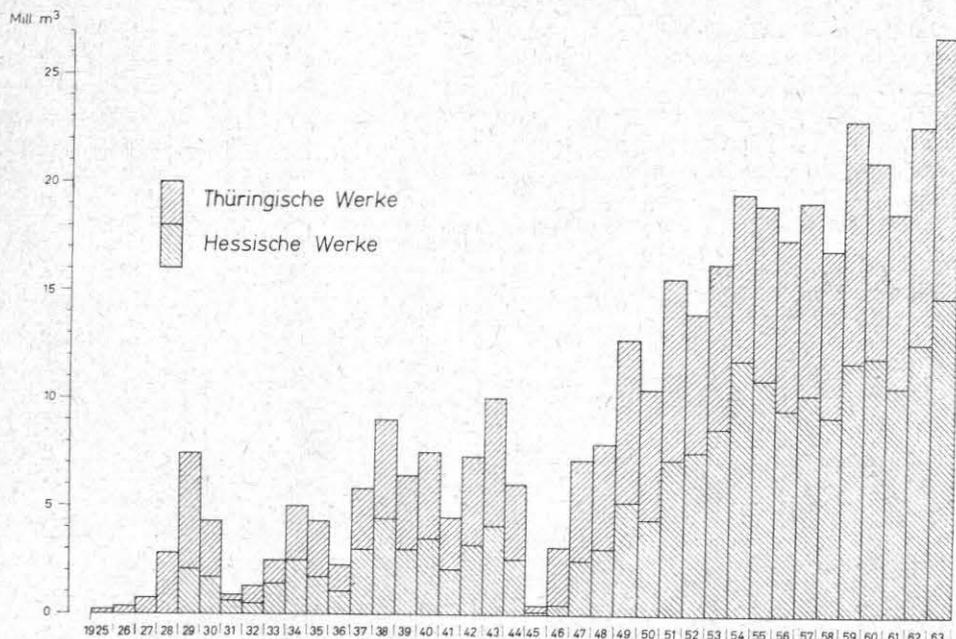


Abb. 5. Jährliche Versenkmengen im Werra-Kaligebiet.

in Widdershausen niedergebrachten Brunnenbohrung stieg zwischen 60 und 70 m der Chloridgehalt von 64 auf 334 mg/l an. In einer ähnlichen Tiefenlage beginnt auch heute noch in diesem Gebiet eine allmähliche Zunahme der Versalzung. Der Grundwasserumsatzraum für das süße Grundwasser scheint daher nicht wesentlich abgenommen zu haben.

### Die bisher versenkten Mengen an Kaliabwässern und die weiteren Aussichten der Versenkung

Bis Ende des Jahres 1963 dürften etwa 380 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer im Werra-Kalirevier versenkt worden sein, also immerhin etwa das zweifache Fassungsvermögen der Edertalsperre (Abb. 4). Die Versenkmengen der thüringischen Werke ab 1960 wurden geschätzt.

Während früher in Thüringen größere Mengen versenkt wurden, ist in den letzten Jahren auf hessischer Seite mehr versenkt worden. Im Jahre 1943 wurde bei den jährlichen Versenkmengen die 10 Mio. m<sup>3</sup>-Grenze erreicht und im Jahre 1959 erstmals die 20 Mio. m<sup>3</sup>-Grenze überschritten (Abb. 5).

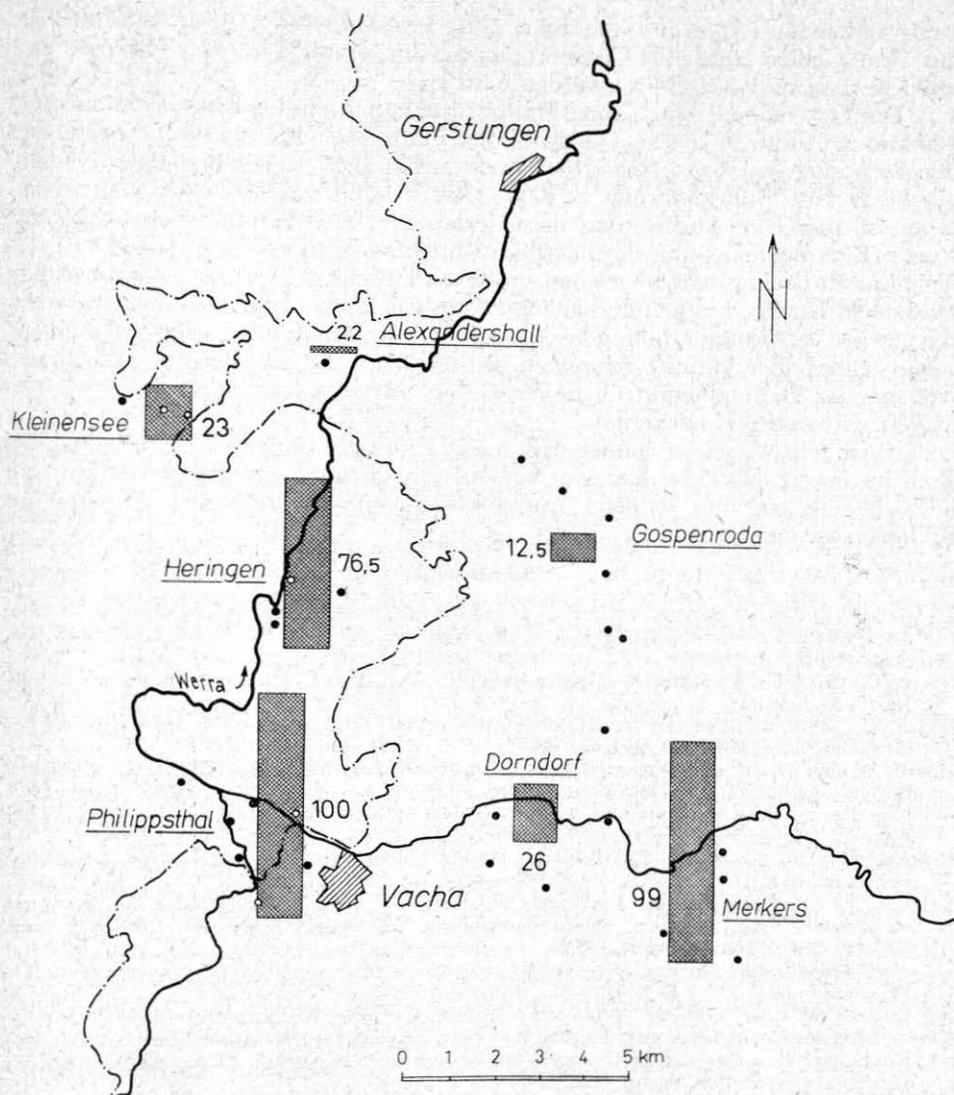


Abb. 6. Regionale Verteilung der Versenkmengen in Mio. m<sup>3</sup> bis Ende 1963 (Merkers, Dorndorf und Gospenroda nur bis Ende 1959).

Im Gebiet Heringen-Kleinensee-Alexandershall sind bisher rund 100 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer in den Plattendolomit versenkt worden (Abb. 6). Im Gesamtbereich des Salzhangs zwischen einem Hochgebiet bei Ronshausen im Westen und der Sallmannshäuser Störung im Nordosten sind allein im Plattendolomit bis zur 0 m-Isopyse 300 Mio. m<sup>3</sup> Kaliabwässer unterzubringen. Wenn man hinzuschlägt, daß auch das zu Bruch geworfene Deckgebirge in der Auslaugungssenke im Gebiet von Hönebach-Gerstungen zumindest bis an die 0 m-Isopyse aufgefüllt werden kann, so wird klar, daß hier noch ein großer Versenkraum für die Zu-

kunft vorhanden ist, in den allerdings auch zunehmend von thüringischer Seite aus dem Gebiet Horschliitt-Gospensroda, wo bis Ende 1959 12,5 Mio. m<sup>3</sup> versenkt worden sind, eingeleitet werden wird.

Die Versenkmenge im Gebiet Philippsthal kann man bis Ende 1963 auf rund 100 Mio. m<sup>3</sup> schätzen. Diese Menge ist im Plattendolomit und im Deckgebirge der Subrosionssenke von Unterbreizbach nicht unterzubringen. HOPPE (1962) glaubt an eine Einwanderung in die Senke von Oberzella-Vacha, wahrscheinlicher ist aber eine Ausbreitung nach Süden hin, wie bereits oben ausgeführt wurde. Eine Beeinflussung des oberflächennahen Grundwasserstockwerks ist bisher nicht zu beobachten. Im Gebiet größerer Tiefenlage des Zechstein zwischen Ulster und Haune sind geophysikalische Untersuchungen vorgenommen worden, die gewisse Aussichten erhoffen lassen, daß hier ein Anschluß an die Auslaugungssenke „Eiterfelder Mulde“ gewonnen werden kann. Es ist allerdings die Frage, wie sich der Plattendolomit in diesem Gebiet faziell verhält und ob er einigermaßen wirtschaftlich aufnimmt.

Abschließend sei erwähnt, daß auch Untersuchungen angestellt worden sind, inwieweit das Präsalinar zur Versenkung geeignet ist. Bisher hat sich im hessischen Bereich nur in einer Aufschlußbohrung ein günstiges Ergebnis im Rotliegenden gezeigt.

#### Schriften

- DEUBEL, F.: Zur Frage der unterirdischen Abwässerversenkung in der Kali-Industrie. — Abh. dtsh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. f. Math. u. allg. Naturw., Jg. 1954, H. 3, 23 S., Berlin (Akademie-Verlag) 1954.
- DIETZ, C.: Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes. — Arch. f. Lagerstättenforsch., H. 40, 129 S., Berlin 1928.
- HAASE, G.: Zum Problem der Abwässerversenkung im thüringischen Werra-Kaligebiet. — Bergakad. 15, S. 485—490, Leipzig 1963.
- HOPPE, W.: Die Kali- und Steinsalzlagerstätten des Zechsteins in der Deutschen Demokratischen Republik. Teil 1: Das Werra-Gebiet. — Freib. Forsch.-H., C 97, 166 S., Berlin 1960.
- Grundlagen, Auswirkungen und Aussichten der Kaliabwässerversenkung im Werra-Kaligebiet. — Geologie, Jahrg. 11, H. 9, S. 1059—1086, Berlin 1962.
- HUMMEL, K.: Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes. — Fortschr. d. Geol. u. Paläontol., 8, H. 24, 234 S., Berlin (Borntraeger) 1929.
- KAEDING, J.: Überblick über die Kalisalzverarbeitung, die Menge und Zusammensetzung der verschiedenen Abwässer und deren Beseitigung. — Wasserwirtschaft — Wassertechnik (WWT) 4, S. 433—436, Berlin 1954.
- Vorfluterbelastung und Endlaugenversenkung im Werra-Kaligebiet. — Wasserwirtschaft — Wassertechnik (WWT) 5, S. 315—321, Berlin 1955.
- Zum Salzabwasserproblem. — Städtehygiene, 8, S. 225—230, Hamburg 1957.
- KÄDING, K.-CH.: Geologische, magnetische und petrographische Untersuchungen tertiärer Vulkanite und ihre Begleiterscheinungen im Bereich des hessischen Werra-Kaligebietes. — Inaugural-Dissertation Berlin 1962.
- KÄSTNER, H.: Zur Kenntnis von Auslaugungerscheinungen im südlichen Werra-Kaligebiet. — Bergakad. 16, S. 147—153, Leipzig 1964.
- LANGÉ, P. R. & KÄDING, K.-CH.: Stratigraphie und Tektonik im Buntsandstein des hessischen Werra-Kaligebietes östlich Bad Hersfeld. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. 89, S. 242—265, Wiesbaden 1961.
- SEIFERT, F.: Das Abwasser der Kaliindustrie im Werragebiet. — Gesundheitsingenieur 73, S. 399—403, München 1952 (1952 a).
- Die Abwasserfrage in der Kali-Industrie. — Berichtsheft 3 der Abwassertechnischen Vereinigung, S. 158—174, München (Oldenbourg) 1952 (1952 b).
- Werdegang und Bedeutung der Kaliabwässerkommission für das Gebiet der Werra und Fulda. — Kali und Steinsalz, 1, H. 3, S. 5—12, Essen (Glückauf) 1953.



## **Methodik und Beispiele von Färbeversuchen**

Von H. J. CLASSEN \*)

### **Einleitung**

Färbeversuche sind in der Hydrogeologie und bergmännischen Wasserwirtschaft ein wichtiges Hilfsmittel, um die dem menschlichen Auge verborgenen Bewegungen des Grundwassers auf weite Entfernungen sowie die Bewegungen des Grubenwassers im Grubengebäude festzustellen. Als Beispiel für ersteres sei lediglich die große Donauversickerung angeführt, wobei der unterirdische Lauf der Donau durch einen Färbeversuch nachgewiesen wurde. Im Ruhrbergbau finden Färbeversuche sowohl über Tage als auch unter Tage vielfache Anwendung. Während über Tage meistens im Zusammenhang mit Bergschadensfragen Färbeversuche durchgeführt werden, sind unter Tage vorwiegend betriebswirtschaftliche Gründe die Veranlassung für solche Versuche. Meistenteils handelt es sich dabei darum, gewisse Wasserkurzschlüsse im Grubenwasserkreislauf aufzuspüren, um sie später auszuschalten. Es kommt vor, daß die Wässer einer oberen Sohle, die im Pumpensumpf gesammelt werden, von hier aus teilweise unkontrollierbar versickern und andernorts im Grubengebäude auf einer tieferen Sohle wieder austreten. Tritt solches Wasser dann in einem Abbaubetrieb auf, wird die Betriebsführung bemüht sein, die Herkunft dieses Wassers zu klären, wobei wiederum der Färbeversuch ein wichtiges Hilfsmittel sein kann. Die Praxis hat gezeigt, daß Wasserkurzschlüsse sowohl innerhalb des Grubengebäudes zwischen den einzelnen Sohlen auftreten, als auch außerhalb des Grubengebäudes zwischen der Tagesoberfläche und demselben, sowie einem Grundwasserleiter vorkommen, in der Form, daß das einmal gehobene und an die Tagesoberfläche gebrachte Grubenwasser dort wieder versickert und auf Klüften, die teils natürlichen Ursprungs sein können, teils auf Abbaueinwirkungen zurückzuführen sind, dem Grubengebäude erneut zufließen. Besteht der Verdacht, daß auf einer Schachanlage solche Verhältnisse vorliegen, wird die Betriebsführung bemüht sein, derartige Gegebenheiten auszuschalten. Hierzu bedarf es aber eines konkreten Nachweises, der sich in vielen Fällen durch einen Färbeversuch erbringen läßt.

### **Methodik**

Die Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse hat in den letzten Jahren auf den verschiedensten Schachanlagen zahlreiche Über- und Unter-Tage-Färbeversuche unternommen und dabei eine bestimmte Methodik entwickelt, um einen möglichst großen Wirkungsgrad dieser Versuche zu erreichen.

\*) Anschrift des Autors: Dr. H. J. CLASSEN, Wasserwirtschaftsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 463 Bochum, Herner Straße 45.

Nach einer Veröffentlichung von W. SEMMLER stellt der Farbstoff Uranin AP das Natriumsalz des Fluoresceins dar. Im festen Zustand handelt es sich dabei um ein dunkelrot bis braunes Pulver, das bei Berührung mit Wasser in großer Konzentration sich mit einer rostbraunen Färbung löst. Mit zunehmender Verdünnung geht der Farbstoff jedoch in eine hellgrüne, stark leuchtende Lösung über. Diese grüne Farbe mit der starken Fluoreszenz ist die Ursache für die gute Verwendbarkeit im Ruhrbergbau. Die Verdünnung ist noch bei einem Verhältnis von 1 : 50 Mill. mit dem bloßen Auge nachweisbar. Mit dem Nephelometer sind noch Verdünnungen von 1 : 100 Mill. nachzuweisen. Ehe man den eigentlichen Färbeversuch einleitet, ist es ratsam, sich an Ort und Stelle von der Beschaffenheit der Umgebung, den geologischen und hydrologischen Verhältnissen, sowie von der Menge und der Qualität des anzufärbenden Wassers zu überzeugen. Handelt es sich beispielsweise darum, das Wasser einer Wasserseige anzufärben, weil die Vermutung besteht, daß es teilweise auf Abbauklüften zu einer tieferen Sohle abwandert, dann ist sowohl die Fließgeschwindigkeit in der Wasserseige, wie auch die Menge des dort strömenden Wassers von Interesse. Hat man es hierbei z. B. mit einer Fließgeschwindigkeit von etwa 0,10 m/sec und einer Wassermenge von 500 l/min zu tun, dann ist es anzuraten, den Färbeversuch so zu gestalten, daß er wenigstens über die Länge einer Schicht dauert, d. h., daß über diesen Zeitraum ständig Farbstoff der Wasserseige zugesetzt wird. Sollte die Wasserfließgeschwindigkeit dagegen größer sein, so wird die Einfärbezeit entsprechend auf das Doppelte, bzw. Dreifache zu verlängern sein. Die Menge des einzuleitenden Farbstoffes wird wesentlich von der Einleitungs-dauer bestimmt. Der Farbstoff muß zunächst in einem Gefäß mit Wasser aufgelöst werden. Hierbei wird im allgemeinen eine Konzentration von 1 : 10 000, d. h. 1 g Uranin auf 10 Liter Wasser gewählt. Die Einleitung dieser Farbkonzentration in die Wasserseige soll dann zweckmäßigerweise derart erfolgen, daß ein unterbrochener dünner Farbfaden dem Wasser in der Seige zusitzt. Dieser Farbfaden wird durch die Strömung bereits nach wenigen Metern über den gesamten Querschnitt der Seige verteilt. Wenn dann, nach etwa 20 m unterhalb der Färbestelle das Wasser dunkelgrün erscheint, ist die Farbkonzentration richtig gewählt. Erscheint das Wasser jedoch nur hellgrün, kann die Farbstoffzugabe entsprechend erhöht werden. Im allgemeinen kann folgendes gesagt werden:

Je größer die Wassermenge und die Fließgeschwindigkeit des zu färbenden Mediums, um so größer muß die Farbkonzentration und um so länger die Färbezeit sein. Im Durchschnitt wurden in der Vergangenheit bei Färbeversuchen an Wasserseigen und kleineren Wasserläufen durchschnittlich 2—4 kg Uranin, beim Färben von Sümpfen und größeren Standwässern 6—8 kg Uranin verbraucht. Eine feste Regel für die Durchführung eines Färbeversuches, insbesondere eine Regel für die dabei benötigte Menge des Farbstoffes und die Dauer des Färbeversuches, sowie die Dauer der Probeentnahme, läßt sich nicht geben. Dieses muß von Fall zu Fall entschieden werden. Mit ausschlaggebend für das Gelingen eines solchen Versuches ist in jedem Fall, wie weit das geologisch-hydrologische Bild, das sich der Versuchsleiter von der Örtlichkeit gemacht hat, mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmt.

Die Wasserqualität spielt insofern bei den Färbeversuchen eine Rolle, als schmutzige Gewässer vielfach zu einer Verklumpung des Färbemittels führen können. Das Färbemittel wird demzufolge nur zu einem Bruchteil gelöst und unterliegt daher beim Durchsickern auf Rissen im Schiefer-ton bzw. feinsporigen Sandsteinpartien einer wesentlichen Herabsetzung der Farbstärke. Erfahrungs-

gemäß tritt dieser Fall häufig beim Färben von Wässern in Sumpfquerschlägen auf. Eine weitere Verminderung der Färbekraft des Uranins tritt auch dann ein, wenn das Wasser sauer ist. Je nach dem pH-Wert sind daher Maßnahmen zu treffen. Ein Gegenmittel besteht darin, daß man vor Beginn des Färbeversuches dem Wasser im Sumpf Ätznatron in größeren Mengen zusetzt. Die beste Garantie für das Gelingen eines Färbeversuches ist es, wenn das Färben zunächst einmal im Laboratorium mit dem Originalwasser probeweise durchgeführt wird. Hier wird das Wasser neutralisiert, um dann die Färbekraft zu überprüfen.

Nur durch diese Originalbedingungen kann man unliebsame Überraschungen am Tage des Hauptversuches ausschalten. Es hat sich als empfehlenswert erwiesen, an dem Ort des Färbeversuches zwei größere Gefäße oder Wasserfässer aufstellen zu lassen, die etwas gestaffelt übereinander stehen. In dem ersten Gefäß wird dann das Färbemittel aufgelöst und läuft von hier aus über einen verstellbaren Überlauf in das zweite Gefäß. Hier kann es nach Belieben weiter verdünnt und durch einen Schieber dem zu untersuchenden Wasser beigegeben werden. Wenn nun der Färbeversuch eingeleitet ist, müssen an den Stellen, an denen voraussichtlich das gefärbte Wasser austreten wird, über einen mehr oder weniger langen Zeitraum hinweg Wasserproben entnommen werden, um das Auftreten des gefärbten Wassers an den fraglichen Stellen nicht zu verpassen. Dabei muß bedacht werden, daß es bei starken Verdünnungen von Uranin AP, etwa bei einem Verhältnis von 1 : 60 Mill., nicht mehr möglich ist, den Farbstoff mit dem bloßen Auge zu erkennen. Selbst scheinbar farblose Wasserproben können daher dennoch Farbstoff beinhalten. Es sollten aus diesem Grunde auch dann noch Wasserproben entnommen werden, wenn sich mit unbewaffnetem Auge keine Grünfärbung feststellen läßt. Ein endgültiger Nachweis, ob diese Proben Farbstoff enthalten oder nicht, läßt sich erst im Laboratorium erbringen.

Die Dauer der Probeentnahme richtet sich nach der Länge des Weges, den das gefärbte Wasser voraussichtlich zurücklegen muß. Unter Berücksichtigung des anstehenden Gesteins, der Fließgeschwindigkeit des gefärbten Wassers und der Entfernung der mutmaßlichen Austrittsstelle vom Ort des Färbeversuches muß der Hydrogeologe unter Berücksichtigung der bisher gemachten Erfahrungen entscheiden, wielange die Probeentnahme fortgesetzt werden soll. Berechnen läßt sich dieses nicht, da zu viele Imponderabilien vorhanden sind; immerhin gibt ihm die Wassermenge einen Anhalt.

Die Wasserproben werden im Laboratorium zunächst solange gefiltert, bis etwaige Schwebestoffe entfernt sind und das Wasser mechanisch völlig geklärt ist. Dabei kann es vorkommen, daß einzelne Proben wegen der möglichen Gelbbildung bis zu 10mal filtriert werden müssen. Anschließend werden sie im Nephelometer auf ihren Gehalt an Farbstoff untersucht.

Die Nephelometrie beruht im Prinzip darauf, daß das Streulicht gemessen wird, das dann entsteht, wenn ein Lichtstrahl durch ein lichtstreuendes Medium hindurchgeht. Aus dem gemessenen Streulicht lassen sich dann Rückschlüsse auf die Konzentration des streuenden Mediums ziehen. Die Grundlage dieser Meßmethode ist der bekannte Tyndall-Effekt. Gerade wegen dieses Effektes muß aber darauf hingewiesen werden, daß nur wirklich mechanisch reine Wasserproben untersucht werden können. Auch starke Salzkonzentrationen im Untersuchungswasser haben schon erhöhte Winkelwerte zur Folge gehabt. Aus diesem Grunde ist es ratsam, schon vor Beginn des Färbeversuches von jeder Probeent-

nahmestelle eine Wasserprobe zu entnehmen, um später Vergleichswerte zu haben.

Wenn man auch die Konzentration des Farbstoffes der Wasserproben ermitteln kann, so liegt aber das Schwergewicht bei diesen Untersuchungen darauf, festzustellen, ob überhaupt Farbstoff in der Probe vorhanden ist oder nicht. Da aber die Empfindlichkeit des Nephelometers nur bis zu einer Verdünnung von 1 : 100 Mill. reicht, bei ungünstigen Versuchsbedingungen aber noch höhere Verdünnungen erwartet werden müssen, soll kurz noch ein anderes Verfahren zur Farbstoffbestimmung geschildert werden, nach dem Verdünnungen im Verhältnis bei 1 : 4 Milliarden untersucht werden.

Es handelt sich hierbei um das Verfahren nach MAYERHOFER. Bei diesem Verfahren werden jeweils 3 bis 4 Liter des Untersuchungswassers mit 3 g aktiver Tierkohle versetzt und 15 Minuten gut durchgeschüttelt. Sodann wird die Kohle abfiltriert und mit 10 ccm Alkohol, denen einige Tropfen Alkali zugesetzt sind, ausgezogen. In dem so gewonnenen Auszug ist Uranin bei Anwesenheit mit dem bloßen Auge zu erkennen.

Wir kommen nun zu der Beurteilung der Auswertung von Färbeversuchen. Wenn der Färbeversuch positiv verlaufen ist, d. h. wenn der dem Untersuchungswasser beigegebene Farbstoff an den Stellen ausgetreten ist, an denen er erwartet wurde, dann ist mit Sicherheit der Nachweis erbracht, daß zwischen diesen beiden Stellen eine hydrologische Verbindung besteht.

Wenn dagegen der Färbeversuch negativ verlaufen ist, d. h. wenn das gefärbte Wasser an den Probeentnahmestellen nicht nachweisbar war, dann ist die Aussage dieses Versuches nicht eindeutig. In diesem Falle ist unbekannt, ob die Probeentnahme abgebrochen wurde, ehe das Wasser ankommen konnte, oder ob das gefärbte Wasser tatsächlich andere Wege geht. Im ersteren Falle wäre also eine Wiederholung des Färbeversuches mit größerer Farbstoffmenge unter wesentlich längerer Probeentnahmezeit zu empfehlen.

### Beispiele zu Färbeversuchen

1. Auf der 6. Sohle einer Schachtanlage im südöstlichen Ruhrrevier war eine Haspelkammer ausgeschossen worden, die mit Betonfundamenten für die Fördermaschine ausgerüstet war. Die Fundamente lagen 1,50 m unter dem Streckenniveau und konnten nur durch andauerndes Abpumpen trocken gehalten werden, da ein Wasserzufluß von etwa 300 l/min bereits bei den Ausschachtungsarbeiten für die Fundamente eingesetzt hatte.

Der Hauptpumpensumpf der Schachtanlage befindet sich auf der gleichen Sohle auf der nördlichen Seite des Hauptquerschlages, während die neue Haspelkammer südlich des gleichen Querschlages angelegt wurde. Die aus dem Westfeld dem Pumpensumpf zuströmenden Grubenwässer werden etwa 50 m vor Erreichen der Haspelkammer nach Norden in den Sumpf abgeleitet.

Eine Befahrung ergab, daß die Wasserseige aus Betonsegmenten bestand, die an der nördlichen Seite des Querschlages verlegt und mit Holzbohlen abgedeckt, als Fahrweg benutzt wurde. Starke Ausfällungsprodukte von Bariumsulfat füllten den Wasserseigenquerschnitt zur Hälfte aus. Die ankommenden Wassermengen wurden mit 1,5 cbm/min gemessen. Da der Querschlag vom Schacht aus ansteigend aufgefahren war, bestand die Vermutung, daß die aus dem Felde kommenden Grubenwässer am Einlaß in den Sumpf gestaut wurden und teilweise auf der Sohle des Querschlages innerhalb der dort etwa 0,30 m

dicken Schotterdecke in Richtung auf den Schacht weiterfließen würden. Hierbei hätten sie zwangsläufig die Haspelkammer passieren müssen bzw. wären in dieselbe gelangt. Ein Färbeversuch sollte die Verhältnisse klären. In Höhe des Einlaufes der Wasserseigen in den Pumpensumpf wurde der Querschlag diagonal mit Natriumfluorescein gefärbt. Hierzu wurde ein halbes Kilogramm Uranin aufgelöst und in der Strecke zur Versickerung gebracht. Bereits 30 Minuten später war das Wasser in der Haspelkammer tiefgrün gefärbt. Es bestand somit die vermutete hydrologische Verbindung zwischen den beiden Punkten. Eine nephelometrische Untersuchung erübrigte sich.

2. Eine andere Schachanlage hatte für den Wasserbedarf ihres Kraftwerkes eine Reihe von Brunnen im Untersenon in den Osterfelder Formsanden bzw. den Recklinghäuser Sandmergeln niedergebracht, die bis auf 2 Brunnen einwandfreies Wasser lieferten. Da bei einem dieser Brunnen der Verdacht bestand, daß er von der Herstellerfirma nicht vorschriftsmäßig gebaut worden sei, sollten an diesem Brunnen die hydrologischen Zusammenhänge untersucht werden. Insbesondere sollte der Nachweis erbracht werden, ob im Bereich des Brunnens ein Wasserkurzschluß zwischen dem oberen Stockwerk im Pleistozän und dem genutzten Grundwasserstockwerk im Untersenon vorhanden sei. Wenn dies der Fall war, konnte die Herstellerfirma des Brunnens zur Behebung des Schadens herangezogen werden. Zunächst sei das Bohrprofil des Brunnens in vereinfachter Form wiedergegeben:

- 2,00 m mächtiges, sandiges Holozän
- 10,00 m mächtiges mittel- bis grobsandiges Pleistozän, wasserführend
- 39,00 m mächtige, schluff-tonige Oberkreide, Untersenon, Bottroper Mergel
- 11,00 m mächtige mittel- bis feinsandige Oberkreide, Untersenon, Osterfelder Sande, stark wasserführend
- 19,00 m mächtige tonige, feinsandige, mit Kalksandsteinbänken, Oberkreide, Untersenon, Recklinghäuser Sandmergel wasserführend
- 3,00 m mächtig die gleiche Formation, aber Wasserführung schnell abnehmend, die Gesamtteufe des Brunnens betrug 84,00 m.

Wir sehen daraus, daß das Grundwasservorkommen im Pleistozän und das genutzte Wasservorkommen in der Oberkreide durch eine 39,00 m mächtige Schicht des Bottroper Mergels voneinander getrennt sind. In einem Gutachten, das die Geologische Abteilung der WB über die schlechte Wasserqualität dieses Brunnens im Vergleich zu verschiedenen anderen Brunnen im gleichen Grundwasserstockwerk erstattete, war neben einer Anzahl geohydrologischer Möglichkeiten, die teils tektonischer Natur, teils rein sedimentär oder abbautechnisch erklärbar sind, auch auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß direkt an der Verrohrung des Brunnens Wasser aus dem Pleistozän mit dem Wasser im Untersenon in Verbindung treten könnte. Diese Möglichkeit sollte von der Wasserwirtschaftsstelle durch einen Färbeversuch geklärt werden.

Zu diesem Zweck wurde zunächst neben dem Brunnen eine Bohrung bis ins Pleistozän niedergebracht. Als weitere Vorarbeiten wurde zwei Tage vor dem Färbeversuch das Bohrloch kräftig abgepumpt, um Platz für die Farbeingabe zu schaffen. Der Wasserzustrom zum Bohrloch aber war so stark, daß sich lediglich eine Absenkung von wenigen Zentimetern erreichen ließ. Dies ist darum besonders bemerkenswert, weil im Zusammenhang mit dem Färbeversuch auch die etwa 300 m weiter östlich im Pleistozän befindlichen Flachbrunnen verstärkt gefahren wurden, ohne eine merkliche Absenkung zu erzeugen.

Nach diesen Vorbereitungen wurde das Bohrloch neben dem Brunnen mit 2 kg Uranin gefärbt. Das Färben zog sich über einen Zeitraum von 3 Stunden hin, da jeweils nur kleine Mengen von Farbstoff in einem Faß angerührt und in das Bohrloch eingeleitet werden konnten. Die Probeentnahme wurde für die ersten 7 Tage alle 2 Stunden durchgeführt. Geprobt wurde dabei das Brunnenwasser sowie das Wasser der östlich gelegenen Flachbrunnen. Die Untersuchungen im Nephelometer ergaben, daß kein Farbstoff in den Proben enthalten war. Auch die weitere, noch einen Monat durchgeführte Überwachung der Probeentnahmestellen mit täglich einer Probeentnahme ergab keinen Farbstoff im Wasser des Brunnens oder im Wasser der Flachbrunnen. Hieraus konnte geschlossen werden, daß

1. eine hydrologische Verbindung zwischen dem Pleistozän und dem Unteren direkt am Brunnen nicht besteht,
2. daß die Strömungsrichtung in der Rheinhauptterrasse an dieser Stelle nicht nach Osten auf die Flachbohrungen zu gerichtet ist.

Die Färbeversuche, die die Wasserwirtschaftsstelle seit vielen Jahren in einer großen Anzahl mit dem Farbstoff Uranin durchführte, haben ergeben, daß bei methodischer Durchführung derselben damit ein sicheres und zuverlässiges Nachweismittel für hydraulische Zusammenhänge gegeben ist.

#### Schriften

- SEMMLER, W.: Färbeversuche zur Ermittlung hydraulischer Zusammenhänge im Bergbau mit Uranin AP. — Glückauf **89**, Essen 1953.
- Färbeversuche mit Uranin im Bergbau. — Technische Mitteilungen **49**, Essen 1956.
- SEMMLER, W. & SCHMIDT, R.: Durchlässigkeit und Absorptionsversuche zur Vorbereitung eines Färbeversuchs mit Uranin AP. — Technische Mitteilungen **51**, Essen 1958.
- SEMMLER, W. & SCHMIDT, R.: Die Anwendung des Farbstoffes Uranin AP zur Nachweisung hydraulischer Zusammenhänge unter und über Tage. — Bergfreiheit **23**, Essen 1958.
- KORTUM, G.: Kolorimetrie-Photometrie und Spektrometrie. — Bd. II, Springer-Verlag 1962.