

# 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 enclosio[n] 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; diminution 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 durchröteten 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-

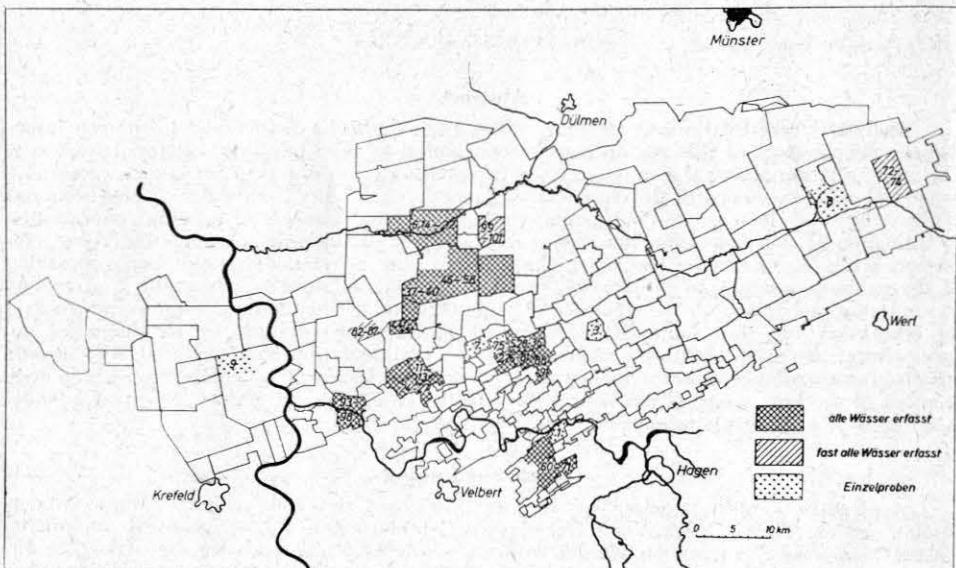


Abb. 1. Probenahmepunkte im Untersuchungsgebiet.

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-Polyäthylenflaschen wurden im Laboratorium sofort auf folgende Bestandteile untersucht:

$\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{OH}^-$ ; außerdem wurde der Abdampfrückstand bei  $105^\circ\text{C}$  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- $\text{BaSO}_4$ -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 bestimmbaren 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  $105^\circ\text{C}$  ihr Kristallwasser noch nicht verlieren.

### Untersuchungsergebnisse

Die Resultate der chemischen Analysen sind in den Tabellen des Anhangs 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  $20^\circ\text{C}$  — 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 eingezzeichnet. 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  $20^\circ\text{C}$  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.

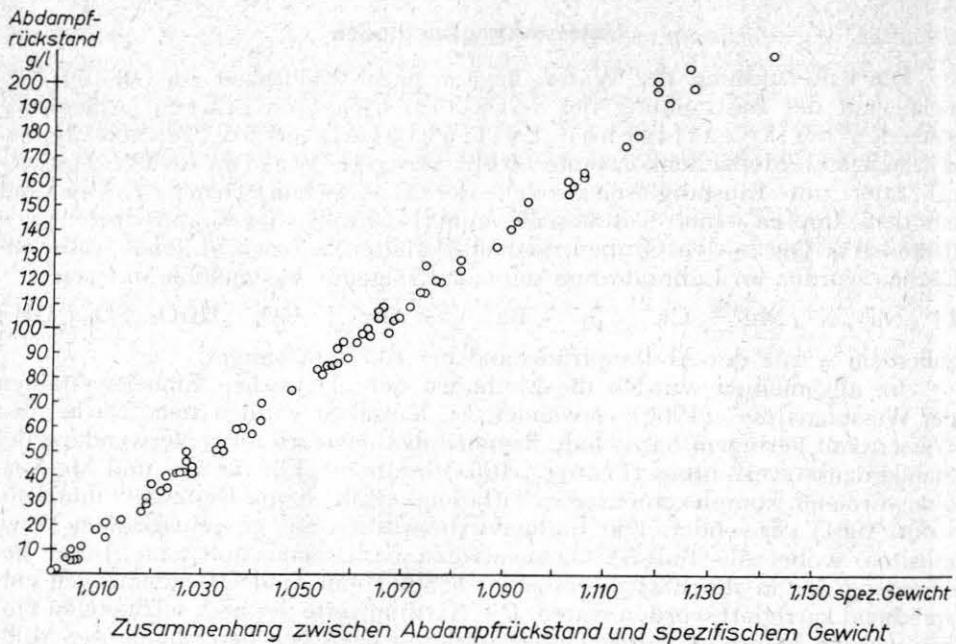


Abb. 2

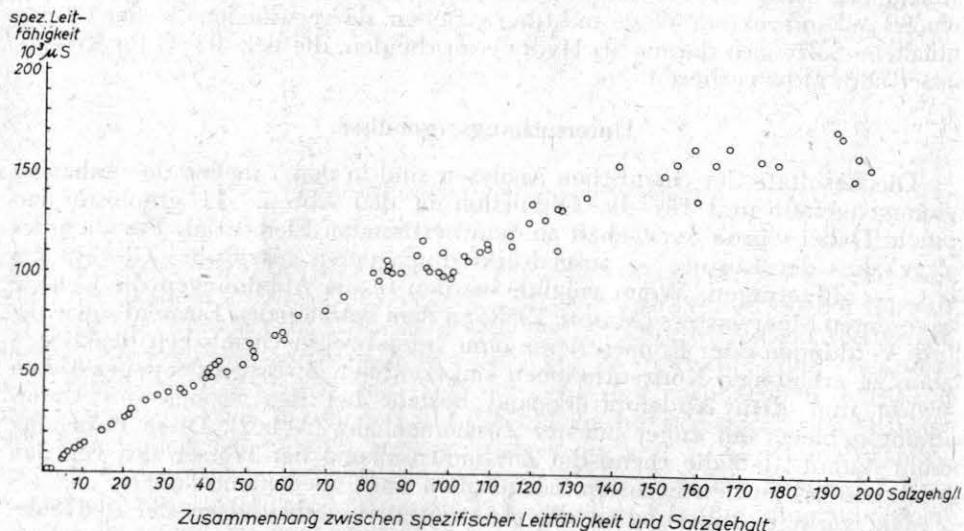


Abb. 3

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

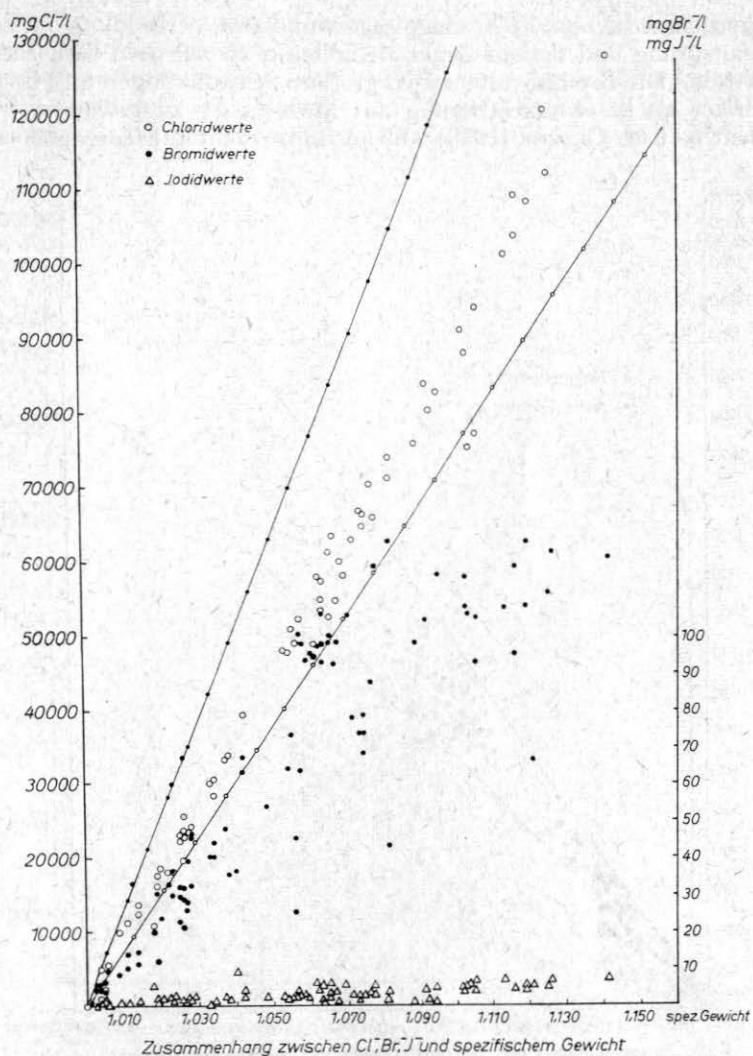


Abb. 4. In diese und die folgenden Abbildungen wurden als Geraden die Gehalte an den betreffenden Elementen eingezeichnet, die man durch Verdünnen bzw. Konzentrieren von rezentem Meerwasser erhalten würde.

Salzgehalt besteht ein linearer Zusammenhang, wenn die Gesaltsalzmenge 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

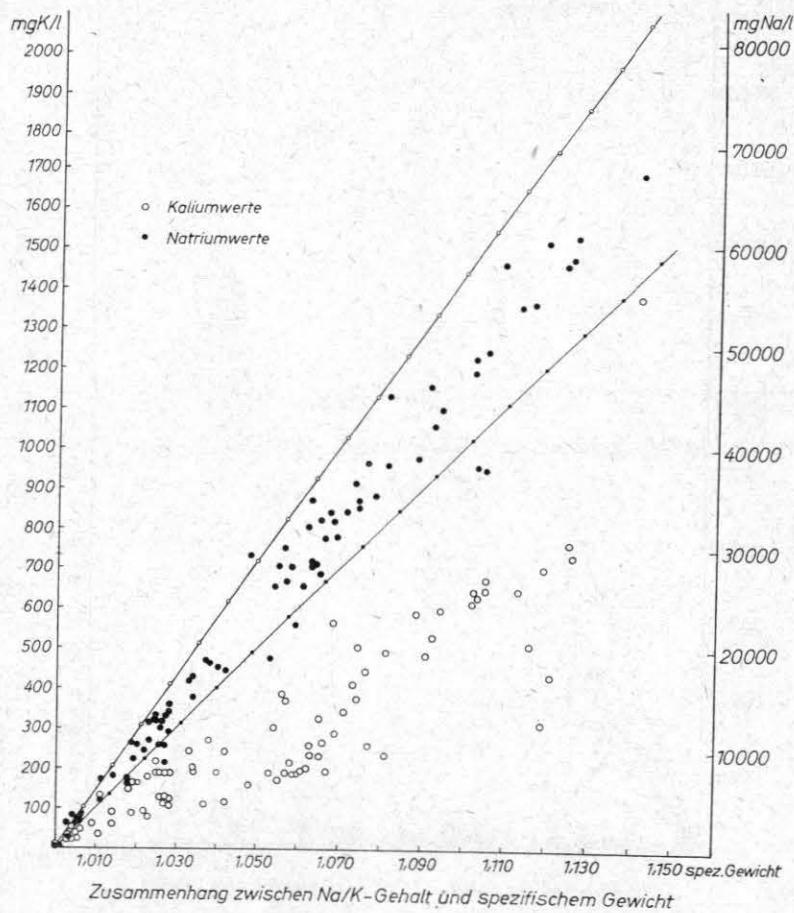


Abb. 5

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 Gesamt-salzgehalt 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-

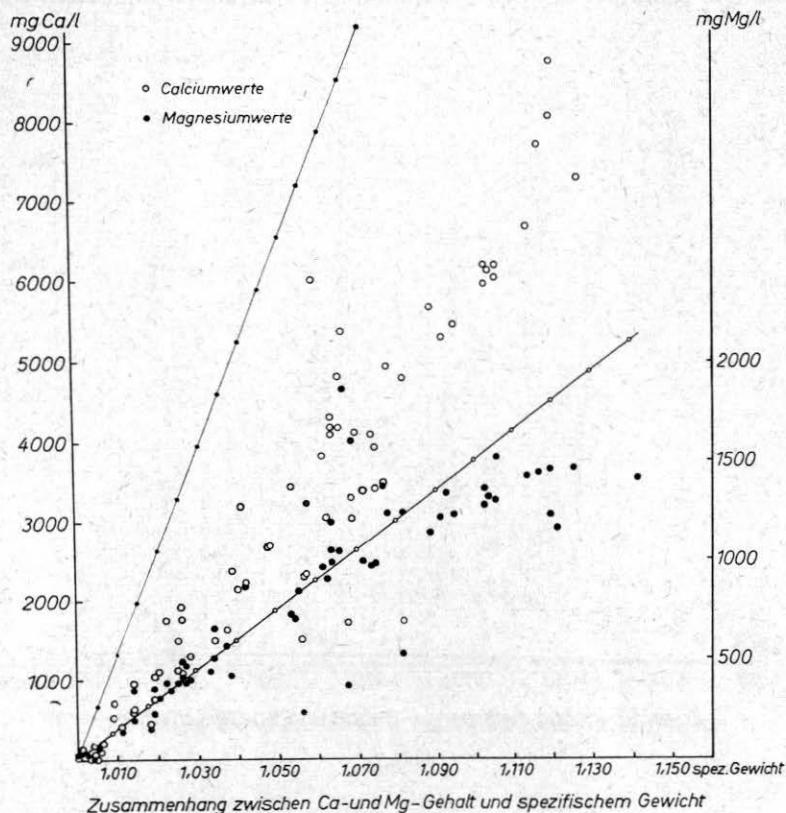


Abb. 6

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.

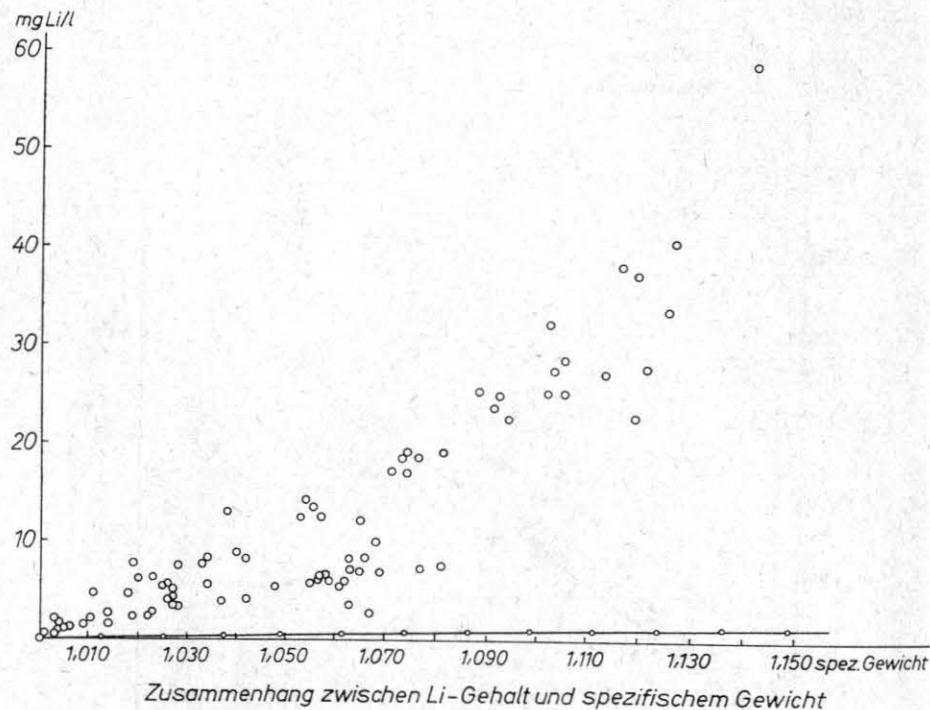


Abb. 7

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 HCO<sub>3</sub>/l) und der Kohlebohrung Nateln (1643 mg HCO<sub>3</sub>/l), die artesisches Wasser liefert.

Die Ergebnisse der an einer Anzahl von Proben durchgeföhrten Tests auf sulfatreduzierende Bakterien sind in den Tabellen des Anhangs vermerkt.

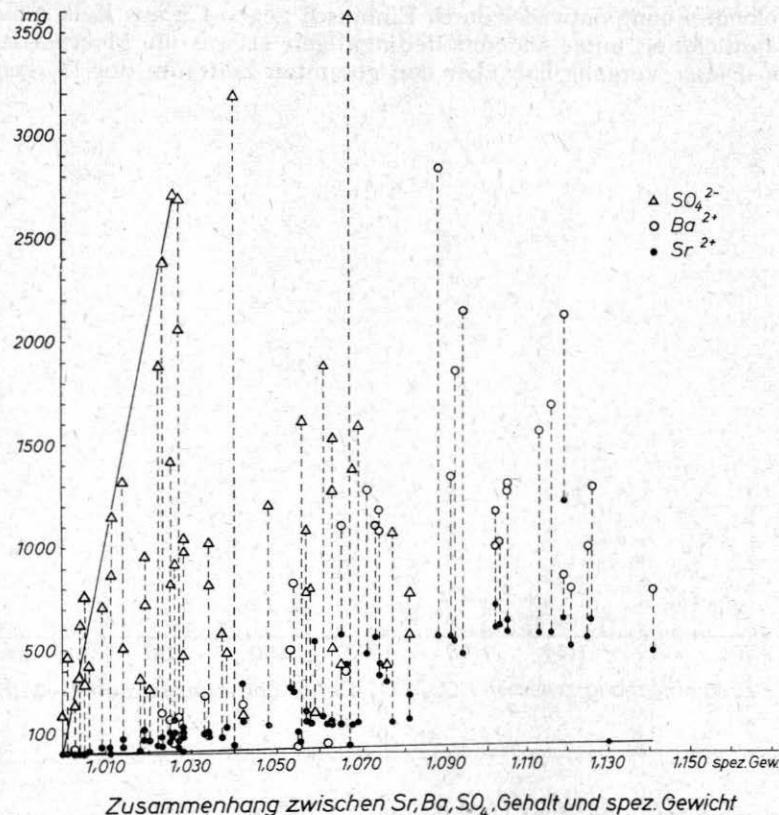


Abb. 8

### 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, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>). 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

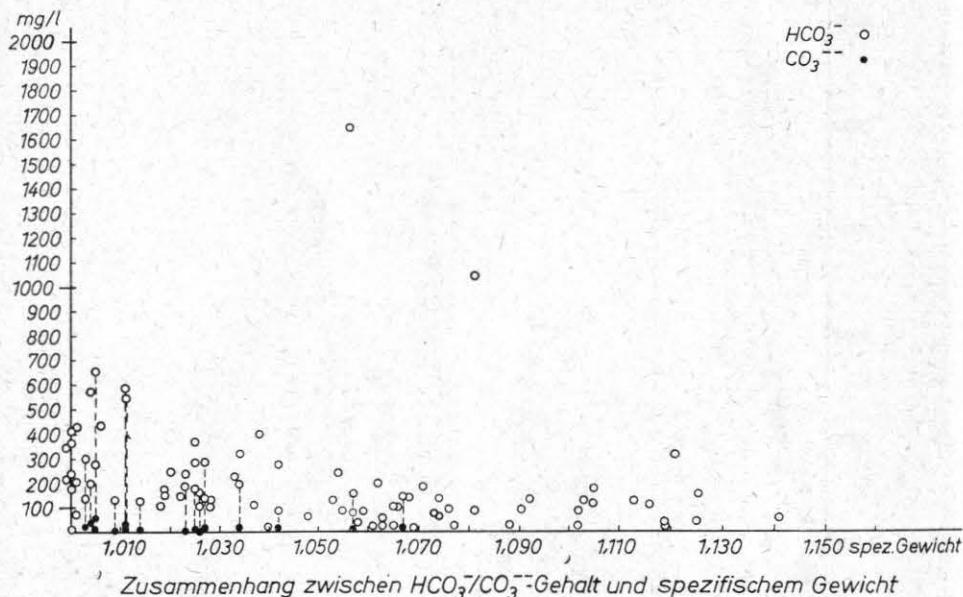


Abb. 9

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  $\text{CO}_3^{2-}$ - 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°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 Drücken.

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.

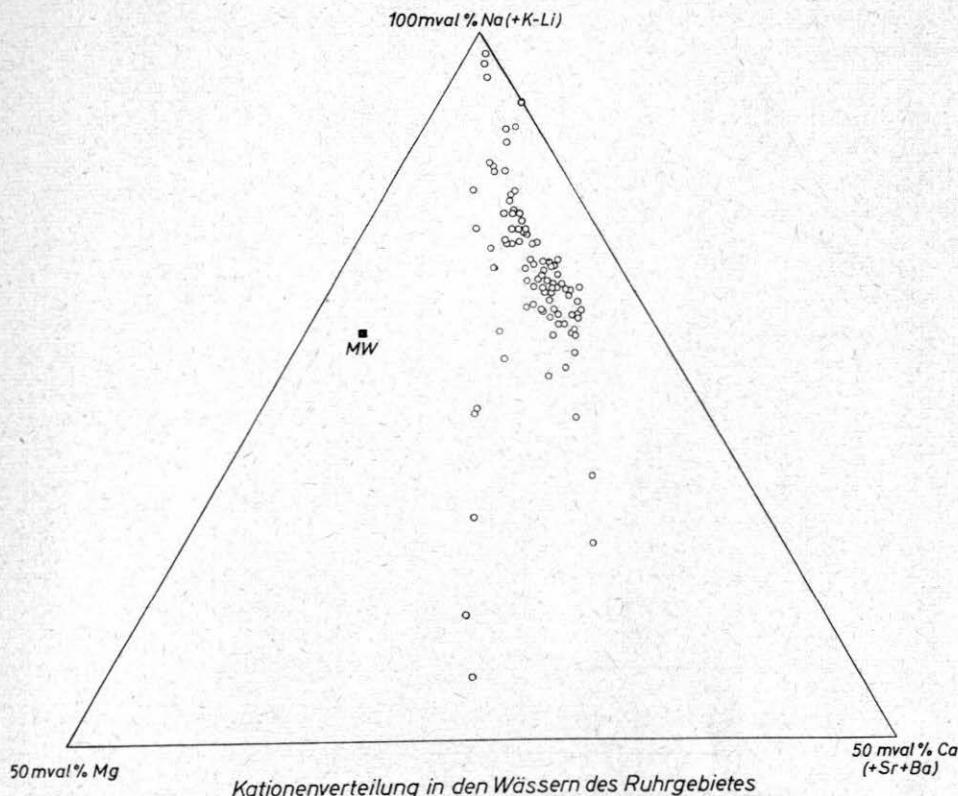


Abb. 10

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-

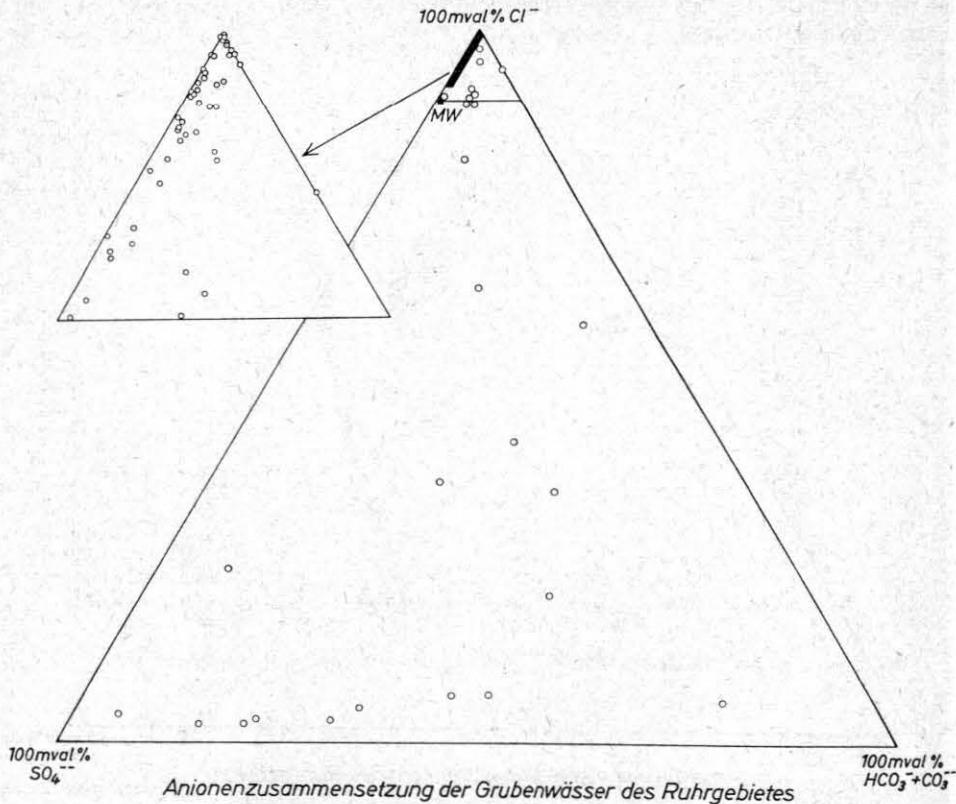


Abb. 11

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 Tiefe (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

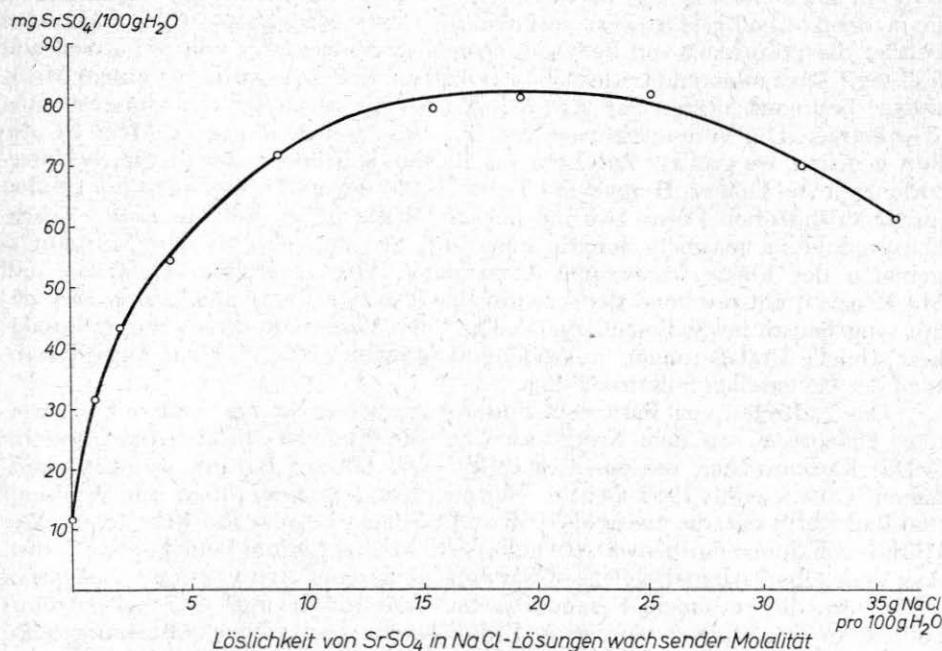


Abb. 12

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 Ruhrgebiets in beträchtlichen Mengen vorhanden. Diese hohen Gehalte lassen sich nicht durch eine Auflösung

von Bariumsulfat in Natriumchloridlösungen erklären, da diese maximal 30 mg BaSO<sub>4</sub>/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 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 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 BaSO<sub>4</sub> in normalem Meerwasser von 35<sup>0/00</sup> Salinität 0,11 mg/l. Eine minimale Löslichkeit von 0,10 mg BaSO<sub>4</sub>/l wurde bei einem Meerwasser bestimmt, dessen Salinität bei gleicher prozentualer Zusammensetzung 7<sup>0/00</sup> 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 CAMERON (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 des 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 KOTOVA, 1961). Bei Balakhany-Sabunchi-Ramaninsk wurden Solen mit 5,2 bis 461 mg Ba/kg erhalten (ACHUNDOW und SAPPO, 1960). Eine Zufuhr dieses Elements 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 Barytabcheidungen 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 Colestins 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 ausge-füllten 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 Kon-zentrierung von Meerwasser erklärbar, wenn dessen heutige Zusam-mensetzung 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 möglicher-weise 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 toni-geen Sedimenten einnimmt.  
Bei einer angenommenen Erstreckung des Einzugsgebietes der Ruhr-wässer von ca. 3000 km<sup>2</sup> und einer angenommenen Tiefe von 4 km wäre gegenwärtig in 12 000 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 vor-handen. Von dieser Porenlösung ist bis heute ein großer Teil während der Diagenese ausgepreßt worden. Nimmt man für eine veranschau-lichende 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 grö-ßeren Geschwindigkeit aufsteigen als sie für die Einstellung des jeweili-gen 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 abgeführtten Stoff-mengen verdeutlicht, daß beispielsweise die Bariumgehalte sehr wohl einen bedeutenden Beitrag zur Bildung der Schwerspatgänge des Ruhr-karbons geleistet haben können. Sie wären dann in einem neuen Sinne „lateralsekretionär“. Inwieweit eine Beziehung zwischen den Strontium-gehalten der Grubenwässer und den Strontianitgängen des Münsterlan-des (HARDER, 1964) besteht, soll durch weitere Untersuchungen, beson-ders 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): Principles of geochemistry. — 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 310 S.
- MEENTES, 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. Forschungsh., C 44, S. 1—13.
- VIKTOROVA, M. E., & KOTOVA, 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.
- SEMMLER, 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				47,5° C	
Temperatur					
pH-Wert					
Spez. Leitf. $\mu\text{S}$	$9,85 \cdot 10^3$	$146,8 \cdot 10^3$		$157,8 \cdot 10^3$	
Spez. Gew. ( $20^\circ \text{C}$ )	1,003	1,119		1,119	
Abdampfr. ( $105^\circ \text{C}$ )	6360 mg/l	195 300 mg/l		199 300 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l
Li'	2,01	0,289	37	5,32	22,6
Na'	2 500	108,7	59 506	2 588	55 170
K'	34,9	0,892	700	17,91	315
Mg''	17,0	1,398	1 459	120,0	1 920
Ca'	20,3	1,014	8 110	405,5	8 800
Sr''	1,1	0,025	658	15,02	1 235
Ba''	0	0	892,1	12,98	2 040
Cl'	3 773	106,4	112 180	3 164	108 650
Br'	4,72	0,059	108,4	1,356	125,8
J'	0,12	0,001	4,07	0,032	5,17
HCO <sub>3</sub> '	302	4,95	34	0,567	20,1
CO <sub>3</sub> ''	25,8	0,87	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans					

Pattberg Schächte

186

Int. Proben-Nr.	9
Entnahmedatum	Februar 1964
Entnahmestelle	Hochbohrung P 292 650 m-Sohle, Hauptrichtstrecke nach Osten
Probennehmer	Dr. R. Schmidt
Zufluß	
Temperatur	
pH-Wert	
Spez. Leitf. $\mu$ S	$10,27 \cdot 10^3$
Spez. Gew. ( $20^\circ$ C)	1,067
Abdampfr. ( $105^\circ$ C)	98 000 mg/l

	mg/l	mval/l
Li'	2,6	0,375
Na'	34 100	1 483
K'	195	4,985
Mg''	637,2	52,50
Ca''	1 717	85,68
Sr''	30,2	0,689
Ba''	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> ''	13,2	0,44
OH'	0	0
SO <sub>4</sub> ''	3 634	75,66
Desulfovibrio desulfuricans	negativ	

Z e c h e C o n s o l i d a t i o n

	Z e c h e C o n s o l i d a t i o n	T h e r m a l q u e l l e N a t e l n	Z e c h e P l u t o
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 (artes. Wasser mit CO <sub>2</sub> )	Solbad Wanne-Eickel
Probennehmer	Dr. R. Schmidt	Puchelt	Puchelt
Zufluß			
Temperatur			
pH-Wert			
Spez. Leitf. $\mu$ S	$146,8 \cdot 10^3$	$105 \cdot 10^3$	$49,5 \cdot 10^3$
Spez. Gew. ( $20^\circ$ C)	1,102	1,056	1,025
Abdampfr. ( $105^\circ$ 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''	1 281	105,3	233,5	19,20	488	40,13
Ca''	6 240	312,0	1 507	75,30	1 113	55,65
Sr''	612	14,00	66,6	1,518	56,0	1,277
Ba''	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> ''	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	1 616	33,62	1 421	29,60
Desulfovibrio desulfuricans	negativ					

Z e c h e E m i l E m s c h e r

Int. Proben-Nr.	11	12	13	187
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 Nebenstörg. 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 $\cdot 10^3$	148,5 $\cdot 10^3$	7,70 $\cdot 10^3$	
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
Li'	25	3,623	22,4	3,227
Na'	46 500	2 024	43 800	1 906,1
K'	614	15,705	598	15,297
Mg''	1 369	112,85	1 226	100,90
Ca''	6 047	301,70	5 481	273,5
Sr''	722	16,477	482	11,00
Ba''	1 016	14,455	2 162	31,485
Cl'	88 146	2 486,0	82 970	2 340,0
Br'	116,1	1,453	116,8	1,461
J'	4,16	0,033	4,23	0,033
HCO <sub>3</sub> '	83	1,36	n. b.	n. b.
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans			623,9	13,000

Z e c h e F ü r s t L e o p o l d B a l d u r

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) Baldu <sup>r</sup> Hauptquerschl. n. Süd., Einmünd. Richtstr. n. Fürst Leopold	2. S. (— 710 m NN) Baldu <sup>r</sup> m 2500 Hauptquerschl. 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 $\cdot 10^3$	106 $\cdot 10^3$	99 $\cdot 10^3$
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
Li'	7,16	1,04	6,8
Na'	31 023	1 349	31 250
K'	237	6,06	288
Mg''	989	81,3	1 377
Ca''	4 320	216	4 123
Sr''	137	3,1	147
Ba''	0	0	0
Cl'	57 500	1 622	58 290
Br'	106,4	1,332	105,7
J'	0,87	0,007	5,03
HCO <sub>3</sub> '	53	0,87	49
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0
OH'	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	1 539	32,1	1 596
Desulfovibrio desulfuricans		33,320	431,7
			8,993

Z e c h e F ü r s t L e o p o l d B a l d u r

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., Zuflüsse 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	$97,2 \cdot 10^3$	$124,8 \cdot 10^3$	$102,7 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,063	1,077	1,061
Abdampfr.(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'	8,2	1.181	7,2	1.037	5,4	0,780
Na'	28 260	1 232	35 400	1 539,6	26 380	1 145,5
K'	258	6.599	254	6.497	193	4.936
Mg''	1 053	86,600	1 138	93,58	967,9	79,530
Ca''	4 196	209,350	4 958	247,400	3 832	191,200
Sr''	155	3.613	149	3.391	173	3.956
Ba''	0	0	0	0	0	0
Cl'	53 540	1 510,0	66 170	1 866,3	49 070	1 384,0
Br'	92,8	1.161	119,3	1.493	94,4	1.181
J'	5,08	0,040	5,08	0,040	5,93	0,047
HCO <sub>3</sub> '	83	1.360	68	1.114	73	1.196
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	1 281	26,670	1 082	22,590	1 891	39,480
Desulfovibrio desulfuricans						

Z e c h e F ü r s t L e o p o l d B a l d u r

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	$115,6 \cdot 10^3$	$95,5 \cdot 10^3$	$101 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,063	1,057	1,058
Abdampfr.(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'	3,4	0,490	6,27	0,903	6,54	0,942
Na'	28 675	1 247	26 660	1 160	28 130	1 223
K'	254	6.497	191	4.862	215	5.504
Mg''	1 194	98,200	968	79,620	1 000	82,24
Ca''	4 112	205,200	3 561,4	177,7	3 792,0	189,230
Sr''	139	3.176	153	3.483	150	3.416
Ba''	0	0	0	0	0	0
Cl'	54 950	1 550,0	49 620	1 400,70	52 700	1 486,3
Br'	n. b.	n. b.	100,7	1.360	87,9	1,100
J'	n. b.	n. b.	4,23	0,033	2,54	0,020
HCO <sub>3</sub> '	n. b.	n. b.	75	1.229	38	0,622
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	511,3	10,675	1 091,6	22,773	808,75	16,885
Desulfovibrio desulfuricans						

Z e c h e F ü r s t L e o p o l d B a l d u r

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. $\mu$ S	$126,6 \cdot 10^3$	
Spez. Gew. (20°C)	1,081	
Abdampfr.(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		

Z e c h e A m a l i e

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. $\mu$ S	$85,2 \cdot 10^3$	$55,1 \cdot 10^3$	$139,4 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20°C)	1,005	1,028	1,088
Abdampfr.(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	2 148
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					

Z e c h e A m a l i e

190

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	$35,9 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,018
Abdampfr.(105° C)	25 200 mg/l
	mg/l
Li'	4,48
Na'	6 430
K'	149
Mg''	155,7
Ca''	424,8
Sr''	17,9
Ba''	0
Cl'	10 779
Br'	20,8
J'	0,85
HCO <sub>3</sub> '	391
CO <sub>3</sub> ''	0
OH'	0
SO <sub>4</sub> ''	368,7
Desulfovibrio desulfuricans	7,687
	mval/l

Z e c h e S h a m r o c k I/II

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, Blindschacht 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	$111,1 \cdot 10^3$	$63,8 \cdot 10^3$	$113,7 \cdot 10^3$
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
Li'	19,2	2,767	8,23
Na'	34 940	1 519	16 380
K'	504	12,89	198
Mg''	938,8	77,21	505,9
Ca''	3 956	197,4	1 530
Sr''	376	8,586	83,1
Ba''	1 087	15,83	0
Cl'	64 920	1 831	28 790
Br'	73,6	0,921	39,9
J'	2,54	0,020	1,27
HCO <sub>3</sub> '	137	2,245	320
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0
OH'	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	1 012
Desulfovibrio desulfuricans		positiv	21,10
			0
			0

Z e c h e S h a m r o c k 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	
Abdampfr.(105° C)	114 600 mg/l	114 400 mg/l	177 400 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	18,7	2,695	17,0	2,449
Na'	36 140	1 571	35 480	1 542,9
K'	412	10,53	378	9,670
Mg''	971	79,9	987,4	81,21
Ca'	4 100	200,8	4 330	216,1
Sr''	561	12,82	432	9,860
Ba''	1 110	16,16	1 181	17,19
Cl'	67 030	1 892	66 520	1 876
Br'	74,3	0,930	73,8	0,923
J'	1,56	0,012	2,54	0,020
HCO <sub>3</sub> '	72	1,18	149	2,441
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans				negativ

Z e c h e S h a m r o c k 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	
Abdampfr.(105° C)	140 300 mg/l	194 050 mg/l	14 600 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	24,3	3,502	33,2	4,784
Na'	42 290	1 839	59 090	2 570
K'	530	13,56	764	19,55
Mg''	1 347	113,7	1 469	120,73
Ca'	5 584	278,6	8 659	432,1
Sr''	544	12,42	564	12,88
Ba''	1 865	27,0	1 006	14,65
Cl'	81 030	2 286	112 500	3 173
Br'	n. b.	n. b.	112,0	1,402
J'	n. b.	n. b.	5,08	0,040
HCO <sub>3</sub> '	129	2,113	39	0,639
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	15
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	1 156
Desulfovibrio desulfuricans				24,12
	negativ			

Z e c h e Z w e c k e l

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	$153 \cdot 10^3$	$156 \cdot 10^3$	$78,1 \cdot 10^3$	
	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
	Li'	25,1	3.627	27,0	3.890
	Na'	49 919	2 171,2	54 210	2 357
	K'	674	17,25	646	16,53
	Mg''	1 527	126,4	1 430	117,6
	Ca''	6 240	311,4	6 740	336,3
	Sr''	643,2	14.680	585	13,31
	Ba''	1 276	18,58	1 568	22,83
	Cl'	94 270	2 659	101 570	2 864
	Br'	105,2	1,317	108	1,352
	J'	6,77	0,053	6,80	0,054
	HCO <sub>3</sub> '	171	2,808	121	1,982
	CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
	OH'	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans				
				171,2	3,564

Z e c h e Z w e c k e l

Int. Proben-Nr.	40
Entnahmedatum	3. 2. 1964
Entnahmestelle	5. Sohle 3. Abt., Damm 6, Zu- flüsse bis Flöz Hagen
Probennehmer	Puchelt
Zufluß	
Temperatur	28° C
pH-Wert	6,0
Spez. Leitf. $\mu$ S	$109,3 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,062
Abdampfr.(105° C)	97 900 mg/l

	mg/l	mval/l
Li'	5,92	—0,853
Na'	32 210	1 404
K'	204,0	5,218
Mg''	904,7	74,4
Ca''	3 054	152,4
Sr''	143	3,264
Ba''	46	0,669
Cl'	58 040	1 637
Br'	97,4	1,219
J'	4,22	0,033
HCO <sub>3</sub> '	196	3,212
CO <sub>3</sub> ''	0	0
OH'	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0
Desulfovibrio desulfuricans		

Z e c h e M ö l l e r - R h e i n b a b e n

Int. Proben-Nr.	41	42	43	
Entnahmedatum	5. 2. 1964	5. 2. 1964	5. 2. 1964	193
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. Wasserseite, 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 $\cdot 10^3$	52,8 $\cdot 10^3$	53,9 $\cdot 10^3$	
Spez. Gew. (20° C)	1,027	1,028	1,028	
Abdampfr.(105° C)	45 500 mg/l	41 200 mg/l	42 200 mg/l	

	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''	510,7	42,003	496,1	40,80	466,9	38,40
Ca''	2 062,5	102,9	1 668,9	82,23	1 626,5	81,13
Sr''	65,0	1,483	101,7	2,487	89,6	2,044
Ba''	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			

Z e c h e M ö l l e r - R h e i n b a b e n

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 Rhein- baben	5. S. — 738 m, Richtstr. Möller, bei m 1395, Zufluß aus höheren Soh- len 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 $\cdot 10^3$	86,2 $\cdot 10^3$	47,7 $\cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,034	1,003	1,026
Abdampfr.(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''	661,5	54,39	77,82	6,40	496	40,79
Ca''	1 500,6	74,88	285,4	14,225	1 767	88,17
Sr''	102	2,32	15,4	0,351	104	2,374
Ba''	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					

Z e c h e S c h l ä g e l u n d E i s e n

194	Int. Proben-Nr.	46	47	48	
	Entnahmedatum	6. 2. 1964	6. 2. 1964	6. 2. 1964	
	Entnahmestelle	Schacht 8, 5. Sohle, westl. Umtrieb, Sam- melbecken für Tropf- wasser	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. $\mu$ S	$110 \cdot 10^3$	$112 \cdot 10^3$	$80,4 \cdot 10^3$	
	Spez. Gew. (20° C)	1,065	1,066	1,042	
	Abdampfr.(105° C)	106 900 mg/l	107 900 mg/l	69 400 mg/l	
		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
	Li'	12,0	1,729	8,3	1,199
	Na'	32 920	1 432	31 170	1 356
	K'	328,2	8,395	276,8	7,081
	Mg''	1 284,1	105,6	1 867	150,1
	Ca''	4 850	242,0	5 411	270
	Sr''	573	13,07	430	9,761
	Ba''	1 108	16,13	399	5,81
	Cl'	61 390	1 816	63 710	1 797
	Br'	98,0	1,227	92,5	1,158
	J'	2,43	0,019	3,30	0,026
	HCO <sub>3</sub> '	98,8	1,582	101,8	1,668
	CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
	OH'	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> ''	0	0	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans	positiv			

Z e c h e S c h l ä g e l u n d E i s e n

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, Zu- fluß 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. $\mu$ S	$31 \cdot 10^3$	$52,5 \cdot 10^3$			
Spez. Gew. (20° C)	1,014	1,026			
Abdampfr.(105° C)	21 800 mg/l	41 700 mg/l			
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	
	Li'	2,6	0,384	4,1	0,588
	Na'	7 352	319,7	13 160	572,4
	K'	92,0	2,354	126,3	3,23
	Mg''	845,3	28,4	549,6	45,2
	Ca''	952,3	47,52	1 918	95,6
	Sr''	73,2	1,667	162,3	3,704
	Ba''	0	0	75,3	1,097
	Cl'	13 680	385,9	25 510	719,4
	Br'	14,3	0,179	31,8	0,398
	J'	1,27	0,010	1,44	0,011
	HCO <sub>3</sub> '	126	2,065	106,7	1,768
	CO <sub>3</sub> ''	7,2	0,240	7,2	0,24
	OH'	0	0	0	0
	SO <sub>4</sub> ''	511,5	11,67	0	0
	Desulfovibrio desulfuricans		negativ		

Z e c h e B e r g m a n n s g l ü c k

Int. Proben-Nr.	51	52	53	195
Entnahmedatum	7. 2. 1964	7. 2. 1964	7. 2. 1964	
Entnahmestelle	3. Sohle (— 520 m), 1. Abt. N., Wasser- seige Blindsch. 311	3. Sohle (— 520 m), Blindsch. 128, gesamtes aus Polsum zufließendes Wasser	Sumpf 3. Sohle (— 520 m), Zusammen- fluß 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	$87,4 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^3$	$23,5 \cdot 10^3$	
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 <sup>+</sup>	5,2	0,749	1,38	0,199	1,38	0,199
Na <sup>+</sup>	24 750	1 076,1	7 591	329,7	5 588	243,3
K <sup>+</sup>	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 <sup>-</sup>	44 890	1 265	12 410	349,4	9 860	278,0
Br <sup>-</sup>	53,7	0,672	11,1	0,139	8,43	0,106
J <sup>-</sup>	2,37	0,019	1,59	0,013	0,53	0,004
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63,4	1,028	122,0	1,999	133	2,179
CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	0	0	0	0	3,6	0,120
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	1 208	25,23	1 322	27,53	718,5	14,96
Desulfovibrio desulfuricans						

Z e c h e B e r g m a n n s g l ü c k

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 Wasser- fall, 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	$162 \cdot 10^3$	$153 \cdot 10^3$	$108 \cdot 10^3$
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 <sup>+</sup>	27,3	3,935	23,6	3,415	12,4	1,791
Na <sup>+</sup>	38 260	1 664	45 160	1 963,6	28 940	1 259
K <sup>+</sup>	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 <sup>-</sup>	75 480	2 128	84 100	2 372	52 330	1 476
Br <sup>-</sup>	106,7	1,336	104,7	1,310	63,5	0,795
J <sup>-</sup>	5,49	0,043	4,23	0,033	2,54	0,020
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126,9	2,079	89	1,458	153	2,506
CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	0	0	0	0	8,4	0,280
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	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, Pumpen- sumpf, 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'	18,6	2.679	28,4	4.093
Na'	38 860	1 690	37 920	1 649,7
K'	444	11,37	648	16,59
Mg <sup>++</sup>	1 377	113,2	1 308	107,6
Ca <sup>++</sup>	3 475	173,5	6 080	303,4
Sr <sup>++</sup>	347	7,92	593	13,53
Ba <sup>++</sup>	0	0	1 312	19,10
Cl'	70 560	1 987	74 860	2 111
Br'	87,5	1.095	93,1	1,165
J'	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'	0,018	0,003	0,026	0,004	< 0,005	< 0,001
Na'	47,1	2.049	28,03	1.219	9,33	0,406
K'	10,7	0,273	8,02	0,205	0,414	0,011
Mg <sup>++</sup>	34,8	2.862	35,25	2.899	8,27	0,687
Ca <sup>++</sup>	64,8	3.234	70,5	3.518	22,4	1,115
Sr <sup>++</sup>	0,24	0,005	0,35	0,008	1,00	0,036
Ba <sup>++</sup>	0	0	0	0	0	0
Cl'	19,2	0,54	17,8	0,502	18,1	0,51
Br'	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J'	< 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						

## Z e c h e A l t e H a a s e

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 <sup>+</sup>	0,103	0,015	0,014	0,002	0,062	0,009
Na <sup>+</sup>	73,2	3,18	86,4	3,758	261,13	11,36
K <sup>+</sup>	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 <sup>-</sup>	22,0	0,620	9,95	0,280	217,5	6,135
Br <sup>-</sup>	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J <sup>-</sup>	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	71	1,163	216	3,541	219	3,590
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>	890	18,53	35,8	0,745	40,2	0,837
Desulfovibrio desulfuricans			negativ			

## Z e c h e A l t e H a a s e

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 <sup>+</sup>	0,036	0,005	< 0,01	< 0,002	< 0,01	< 0,002
Na <sup>+</sup>	253,5	11,05	459,0	19,95	368,6	16,04
K <sup>+</sup>	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 <sup>-</sup>	20,6	0,581	26,3	0,742	20,95	0,591
Br <sup>-</sup>	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03	0
J <sup>-</sup>	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	252	4,130	364	5,972	359	5,884
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>	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
Li'	0,038	0,005	0,037	0,005	0,020
Na'	338	14,70	367	15,95	96,3
K'	9,11	0,233	11,47	0,293	13,32
Mg''	10,7	0,88	32,8	2,697	94,6
Ca''	26,8	1,337	55,2	2,754	144,8
Sr''	0,16	0,004	0,39	0,009	0,49
Ba''	0	0	0	0	0
Cl'	86,6	2,425	20,95	0,591	15,96
Br'	< 0,03	0	< 0,03	0	< 0,03
J'	< 0,04	0	< 0,04	0	< 0,04
HCO <sub>3</sub> '	349	5,720	251	4,114	177
CO <sub>3</sub> ''	12,6	0,420	0	0	0
OH'	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	151	3,144	353	7,349	722
Desulfovibrio desulfuricans	negativ		positiv		15,02

## Zeche Westfalen

Int. Proben-Nr.	72	73	74	
Entnahmedatum	4. 3. 1964	4. 3. 1964	4. 3. 1964	
Entnahmestelle	Schacht 5, 722 m v. Hangeln, 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						

Z e c h e H a n n o v e r

Int. Proben-Nr.	76	77	78	199
Entnahmedatum	6. 3. 1964	6. 3. 1964	6. 3. 1964	
Entnahmestelle	750 m-S., Verbind.-Querschl. n. Königssgr.; alle Zuflüsse aus Königssgr. aus Stroße	950 m-S., Untersuchungsstrecke im Primussprung	Westl. d. Unters.-Str. i. Primus, 950 m-S., Zufl. a.: 1) 4. westl. Abt., 2) 4. westl. Abt. Unterwerksbau, 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	$14,5 \cdot 10^3$	$27,1 \cdot 10^3$	$12,8 \cdot 10^3$	
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
Li'	1,18	0,170	4,56	0,657
Na'	3 434	149,4	7 105	309,04
K'	49,6	1,268	134,80	3,448
Mg''	155,6	12,795	145,8	11,99
Ca''	220,8	11,042	404,0	20,16
Sr''	14,9	0,34	36,5	0,832
Ba''	0	0	0	0
Cl'	5 632	158,85	11 248	317,0
Br'	9,43	0,118	13,9	0,174
J'	0,32	0,003	0,43	0,003
$\text{HCO}_3'$	431	7,065	589	9,65
$\text{CO}_3''$	0	0	30	1,000
$\text{OH}'$	0	0	0	0
$\text{SO}_4''$	429,7	8,945	879,0	18,295
Desulfovibrio desulfuricans	positiv		positiv	

Z e c h e H a n n i b a l

Int. Proben-Nr.	79	80	81
Entnahmedatum	6. 3. 1964	6. 3. 1964	6. 3. 1964
Entnahmestelle	950 m-S., Verbindungsquerschl. n. Constantin, alle Zuflüsse aus Constantin	950 m-Sohle, Tropfwasser aus Ewald-Sprung	950 m-S., Kurve zur westl. Richtstr., Zuflüsse 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	$49,6 \cdot 10^3$	$99,1 \cdot 10^3$	$224 \cdot 10^3$
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''	382	31,42	705	57,98	38,9	3,199
Ca''	1 493	74,45	2 518	125,67	133,1	6,64
Sr''	102	2,326	296	6,756	3,11	0,070
Ba''	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.
$\text{HCO}_3'$	369	6,048	235	3,852	424	6,95
$\text{CO}_3''$	0	0	0	0	15	0,50
$\text{OH}'$	0	0	0	0	0	0
$\text{SO}_4''$	821,4	17,09	0	0	468	9,741
Desulfovibrio desulfuricans						

Z e c h e F r a n z H a n i e l

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	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 $\cdot 10^3$	38,6 $\cdot 10^3$	41,1 $\cdot 10^3$	
Spez. Gew. (20° C)	1,022	1,019	1,023	
Abdampfr. (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	0,833	2,25	0,316
Na'	9 880	429,9	8 960	390,17
K'	91,6	2,343	87,1	2,178
Mg''	384	31,58	352,6	28,95
Ca'	1 762	85,62	1 063	53,04
Sr''	38,7	0,844	121	2,755
Ba''	0	0	0	0
Cl'	18 036	508,5	16 282	459,2
Br'	32,7	0,409	30,2	0,378
J'	1,86	0,015	1,36	0,011
HCO <sub>3</sub> '	143	2,343	167	2,738
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	1 892	39,380	723	15,05
Desulfovibrio desulfuricans				2 382
				49,58

Z e c h e F r a n z H a n i e l

	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. Bohr. 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	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 $\cdot 10^3$	69,9 $\cdot 10^3$		101 $\cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,027	1,037		1,055
Abdampfr. (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
Na'	10 580	460,3	18 860	820,5
K'	111	2,839	110	2,814
Mg''	471,8	38,81	569,1	46,810
Ca'	1 710	85,33	1 653	82,47
Sr''	37,5	0,851	76,5	1,746
Ba''	0	0	0	0
Cl'	23 650	529,80	33 340	940,20
Br'	25,6	0,320	47,5	0,594
J'	2,12	0,017	1,95	0,015
HCO <sub>3</sub> '	142	2,327	110	1,803
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	2 696	56,10	589	12,226
Desulfovibrio desulfuricans			nachgewiesen	
			50 950	1 407,3
			73,3	0,917
			1,86	0,015
			82	1,283
			0	0
			0	0

Z e c h e C o n s t a n t i n d e r G r o ß e

Int. Proben-Nr.	88	89	90	201
Entnahmedatum	9. 3. 1964	9. 3. 1964	9. 3. 1964	
Entnahmestelle	Const. 6/7, 8. S., 1. östl. Abt. Richtstr. B, Ge- senk 42 a ca. — 920 m NN	Const. 6/7, 8. S., 1. östl. Abt. Richtstr. B, nördl. Stoß b. m 1208 Waaser a. d. Seige v. d. Zufl. d. Gesenkwassers	Const. 6/7, 8. S., Quer- schl. a. Dreieck, Zuflüsse aus Süden, Haupt- abteilung	
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	
Abdampfr.(105° C)	208 900 mg/l	37 000 mg/l	8 090 mg/l	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li'	58,3	8,405	6,22	0,896
Na'	67 420	2 931,6	10 680	464,7
K'	1 375	35,17	116	2,967
Mg''	1 389	114,23	306,4	25,2
Ca'	10 180	507,1	1 083	53,99
Sr''	496	11,320	68,1	1,466
Ba''	797	11,608	0	0
Cl'	128 300	3 617	18 670	536,3
Br'	121,5	1,521	23,7	0,297
J'	7,19	0,057	1,27	0,010
HCO <sub>3</sub> '	52	0,852	345	5,655
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0	0
OH'	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	313,6	6,528
Desulfovibrio desulfuricans	negativ			

Z e c h e n C o n s t a n t i n d e r G r o ß e u n d H a n n o v e r

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. Straße)	Const. 6/7, 6. Sohle (600 m-S.) an Tafel „n. Sch. 2 u. Wettersch. 1“ v. Baufeld 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
Abdampfr.(105° C)	59 100 mg/l	1260 mg/l	30 600 mg/l
	mg/l	mval/l	mg/l
Li'	13,0	1,873	0,23
Na'	18 620	809,7	368,4
K'	268,9	6,879	10,6
Mg''	416	34,205	9,73
Ca'	2 393,2	119,4	62,9
Sr''	131	2,987	2,85
Ba''	0	0	0
Cl'	33 970	957,9	304,9
Br'	35,3	0,442	3,73
J'	1,27	0,010	0,11
HCO <sub>3</sub> '	397,9	6,523	414,9
CO <sub>3</sub> ''	0	0	0
OH'	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	490,6	10,21	235,8
Desulfovibrio desulfuricans	positiv		

Z e c h e A l s t a d e n

	Int. Proben-Nr.	93	94	95
202	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 Sarnsbänksgen) Stroße
Probennehmer	Puchelt	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	$47,6 \cdot 10^3$	$47,6 \cdot 10^3$		$50,4 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,026	1,023		1,027
Abdampfr.(105° C)	40 200 mg/l	39 550 mg/l		40 700 mg/l
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	5,6	0,804	6,3	0,901
Na <sup>+</sup>	12 760	555,4	13 070	568,5
K <sup>+</sup>	188	4,82	180	4,594
Mg <sup>++</sup>	408,6	33,605	350,2	28,800
Ca <sup>++</sup>	1 088,6	54,3	1 073,3	53,54
Sr <sup>++</sup>	73,4	1,675	76,4	1,744
Ba <sup>++</sup>	0	0	200,1	2,92
Cl <sup>-</sup>	22 905	645,9	23 189	654,0
Br <sup>-</sup>	28,5	0,357	29,6	0,370
J <sup>-</sup>	0,76	0,006	0,87	0,007
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	166,0	2,721	234,3	3,84
CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	9,6	0,320	8,4	2,8
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	60,9	1,268	0	0
Desulfovibrio desulfuricans			negativ	positiv

Z e c h e A l s t a d e n

	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. Wässer zw. Blindsch. 64+68 aus Wasserrohr	6. Sohle, Hauptquerschl. n. Süd., Pumpe a. Viergespann (geplanter Stapel) Zuf. 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	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	$47,6 \cdot 10^3$	$60,6 \cdot 10^3$		$108 \cdot 10^3$
Spez. Gew. (20° C)	1,025	1,033		1,068
Abdampfr.(105° C)	40 700 mg/l	51 900 mg/l		103 100 mg/l
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Li <sup>+</sup>	5,3	0,773	7,6	1,099
Na <sup>+</sup>	13 390	582,4	16 870	734,9
K <sup>+</sup>	184	4,71	245	6,266
Mg <sup>++</sup>	384,3	31,61	440,2	36,140
Ca <sup>++</sup>	1 000	49,9	1 348	67,28
Sr <sup>++</sup>	70,6	1,612	98,0	2,238
Ba <sup>++</sup>	176,5	2,570	280	4,077
Cl <sup>-</sup>	23 756	669,9	30 068	847,808
Br <sup>-</sup>	31,8	0,398	40,3	0,504
J <sup>-</sup>	1,30	0,010	0,43	0,003
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	175,7	2,88	226,4	3,711
CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	12,0	0,400	0	0
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	0	0	0	0
Desulfovibrio desulfuricans				1 388,1
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l

## 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	$158 \cdot 10^3$	$68 \cdot 10^3$	$98 \cdot 10^3$			
Spez. Gew. (20° C)	1,126	1,040	1,059			
Abdampfr. (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''	1 472	121,1	733,9	60,35	1 599	131,5
Ca'	7 330	365,8	2 140	106,8	6 055	302,1
Sr''	650	14,83	47,9	1,093	544	12,41
Ba''	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> ''	0	0	0	0	0	0
OH''	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> ''	0	0	3 201	66,65	198,4	4,130
Desulfovibrio desulfuricans					positiv	