

ÜBER BIOGENE FORMELELEMENTE IN MINERALWÄSSERN UND IHRE HERKUNFT

Von H. D o m b r o w s k i

In den Nauheimer Mineralquellen treten neben den bekannten und chemisch bestens erforschten Mineralien auch noch biogene Elemente zu Tage, und zwar einerseits Mikrofossilien und andererseits lebende Bakterien.

Bei den Mikrofossilien handelt es sich um Sporen und um Holzfragmente. Aus der großen Anzahl der gefundenen Sporen zeigt Abb. 1 *Limitisporites latus* und Abb. 2 *Lueckisporites richteri*. Diese und andere Sporen fand schon LESCHIK 1956 im Salzton der Zechsteinlager im Kaliwerk NeuhoF bei Fulda (15).

Die Holzfragmente haben eine Größe von maximal 300—320 μ . Sie zeigen im uv-Licht und im kurzwelligigen Blaulicht eine weißliche Fluoreszenz. Es besteht wohl kein Zweifel, daß es sich bei diesen Gebilden um Fossilien handelt, denn gegen eine rezente Herkunft sprechen:

1. Das Vorkommen in Quellwasser, das aus einer Tiefbohrung stammt und noch nicht an der Oberfläche war.
2. Die offensichtlich vollständige Mineralisation.
3. Die außerordentlich leichte Zerbrechlichkeit.
4. Das Fehlen jeglicher Färbbarkeit, und
5. gelang es auch ohne Schwierigkeit durch einfaches Auflösen von Zechsteinsalzen, gleichartige Mikrofossilien zu isolieren, die das gleiche Verhalten, wie unter 2—4 genannt, und das gleiche Fluoreszenzphänomen zeigten.

Damit dürfte wohl die Frage nach der Herkunft dieser biogenen Elemente beantwortet sein. SCHEMINZKY (24) verwertet das Fluoreszenzphänomen im uv-Bereich zum Nachweis von Begleitelementen und Spurenstoffen insbesondere auch des Urans in Heilwässern. KLAUS (14) fand ebenfalls Holzreste und Pollen in Salzlagern des Zechsteins und des Haselgebirges. Von ihm besitzen wir auch quantitative Angaben. OTT und DOMBROWSKI (20, 21) nannten diese spezielle Untersuchungsmethode, die Durchsuchung der Quellwässer nach Mikrofossilien und alle damit zusammenhängenden Fragen, Krenopaläontologie (1—6).

Nach den Untersuchungen von MICHELS (16), SCHÖNHALS (25) und STEUER (28) ist der Untergrund von Bad Nauheim und der umgebenden Wetterau frei von Salzlagern. Nach diesen Autoren stammen die Salze der Bad Nauheimer Quellen aus den Zechsteinlagern, die östlich des Vogelsberges ihren Anfang nehmen — also in etwa 70 km Entfernung. Die eben zitierten Geologen sind sich zwar ihrer Meinung gewiß, doch bestand auch die Auffassung, insbesondere vertreten durch GRÜNHUT (11), daß die Salze unserer Nauheimer Quellen aus den tertiären Lagerstätten des Oberrheinalgrabens herkommen würden. In einem Solestrom in der Tiefe sollten die Salze nordwärts geführt werden, und am Taunusrand in zahlreichen Mineralquellen zu Tage treten.

Der Nachweis identischer Formelemente im Zechsteinsalz und im Mineralwasser der Nauheimer Quellen liefert nun erstmals einen zwingenden Beweis über die Annahme der Herkunft der mitgeführten Mineralsalze. Z. Zt. sind wir dabei, die Formelemente der Nauheimer Quellen mit denen zu vergleichen, die wir erstmals in einer Mineralquelle von Bad Salzflun fanden. Diese Quellen führen eindeutig Zechsteinsalze. Tertiäre biogene Formelemente treten hier ebensowenig wie in den Nauheimer Quellen zu Tage.

Es lag daher nahe, auch die Herkunft des erstmals in unseren Bad Nauheimer Quellen gefundenen Bakteriums in den Zechsteinsalzen zu suchen. Es handelt sich um das als nova spesies beschriebene Bakterium *Pseudomonas halocrenaea* (1) (Abb. 3), welches monotrich begeißelt ist. Der Keim wurde auf alle seine morphologischen und physiologischen Gegebenheiten hin untersucht, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, nur soll auf das Verhalten gegenüber der Temperatur verwiesen werden, weil es in den weiteren Ausführungen nochmals erwähnt werden wird. *Pseudomonas halocrenaea* ist ein thermotoleranter Organismus. Sein Wachstumsoptimum liegt nach frischer Isolierung zwischen $+45^{\circ}$ und $+55^{\circ}$ C. Nach allen durchgeführten Testen gelangte man zu der Überzeugung, daß es sich um eine noch nicht beschriebene Art handeln müsse. Es ist nun nicht unwichtig zu wissen, daß seiner systematischen Stellung nach ein sehr nahe verwandter Organismus, *Pseudomonas halestorga*, aus dem Wasser des Toten Meeres isoliert wurde, u. zw., wie es heißt, aus Stellen, an denen der Salzgehalt besonders hoch ist. Diese Tatsache läßt den Schluß zu, daß der neugefundene Organismus als Meeresbewohner angesprochen werden kann, wozu auch der Aufenthalt in einer 3,5 % Sole voll berechtigt. Es müssen für ihn in unbekanntem unterirdischen Salzwasserläufen ausreichende Lebensbedingungen herrschen.

Es liegt auch der Schluß nahe, daß es sich bei dem neu gefundenen Keim um einen Organismus handeln könne, der vielleicht ebenso wie die

oben beschriebenen Mikrofossilien aus früheren Erdperioden erhalten geblieben ist. Es könnte die Möglichkeit bestehen, daß sich die Mikroben in Teilen, die einer Austrocknung entzogen waren — etwa durch unterirdische Krypten — erhalten konnten, oder aber — und diese Hypothese besitzt die größere Wahrscheinlichkeit — am Salz eingeschlossen ihre Lebensfähigkeit beibehielten. Zu irgend einem späteren Zeitpunkt ist dann mit dem Wieder-in-Lösung-Gehen des Salzes der Mikroorganismus wieder in Freiheit gesetzt worden, und konnte nun im Quellwasser zur Erdoberfläche gelangen.

Wenn irgend etwas diese Hypothese stützen kann, dann sind es Versuche, die den Nachweis erbringen, daß das Bakterium nach Eintrocknung von Sole noch lebensfähig geblieben ist, und Versuche, das Bakterium direkt aus Zechsteinsalzen zu lösen bzw. zu züchten. Beide Versuche wurden durchgeführt und sind geglückt.

Es gelang, übersättigte Sole, die das Bakterium enthielt, vollständig einzutrocknen und die enthaltenen Salze auszukristallisieren. Nach Auflösen der Salzkristalle in frischer Nährbouillon konnten dieselben Mikroorganismen wieder gezüchtet werden. Sie waren demzufolge voll lebens- und keimfähig im Salz eingeschlossen.

Dieser in gewissem Sinne kleine Modellversuch ließ die bakteriologischen Untersuchungen von Salzen aus dem Zechsteinlager mit Spannung erwarten. Der Nachweis von Bakterien im Zechstein ist schon MÜLLER und SCHWARZ (18) sowie RIPPEL (22) geglückt, jedoch konnten diese Autoren lebende Bakterien nicht finden. Bei meinen bis jetzt ausgewerteten 138 Züchtungsversuchen ist 61 X, so erstaunlich das klingen mag, die Züchtung von lebenden Bakterien geglückt. Unter diesen waren auch Mikroben gefunden worden, die morphologisch wie kulturell ganz den im Quellwasser aufsteigenden Organismen entsprechen (Abb. 4).

Es tauchen an dieser Stelle sehr viele Fragen auf, auf die hier nur z. T. eingegangen werden soll:

Das Gebiet des deutschen Zechsteins war im Allgemeinen ein Gebiet tektonischer Ruhe vom ausgehenden Paläozoicum bis heute, wenn man von vereinzelt lokalen Ereignissen absehen will. Es könnten somit die geologischen Tatsachen keine ungünstigen Bedingungen für die Erhaltung des Lebens geboten haben. Fragen wir nach der durch die geotherme Tiefenstufe bedingten Temperatur, welcher maximal unsere Keime ausgesetzt waren, so können wir für die mesozoischen Überlagerungen im Maximum für den Buntsandstein 600 m, für den Muschelkalk 120 m, für den Keuper 100 m, für Jura und Kreide zusammen 300—500 m veranschlagen. Hinzu käme noch der Lagerhorizont von etwa 120 m. Dies sind

zusammen 1400 m maximaler Überlagerung. Umgerechnet auf die dadurch bedingte Temperatur, die in der Tiefe geherrscht haben muß, ergibt dies etwa + 42° C., eine Temperatur also, die keineswegs mit der Erhaltung von Leben unvereinbar wäre.

Eine weitere sehr bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen biologischen Eigenschaften und geologischen Tatsachen ergibt sich aus dem thermischen Verhalten des neuen Keimes. Im Gegensatz zur Mehrzahl der bekannten Mikroorganismen liegt sein Temperaturoptimum mit + 45° bis + 55° C., wie schon erwähnt, erstaunlich hoch. Dieser Temperaturbereich entspricht nun nach geologischen Angaben der Wassertemperatur des Zechsteinmeeres während seiner langsamen Austrocknung. Ich glaube, diese Übereinstimmung ist nicht zufällig.

Die anderen Züchtungen gehören einer Anzahl verschiedener Arten an, deren genaue Durchforschung bereits abgeschlossen ist (Abb. 5—7). Nach den Züchtungsergebnissen gewinnt man den Eindruck als wenn die Bakterienflora des Zechsteinmeeres zu neuem Leben erwacht sei.

Von den aus Zechsteinsalzen isolierten Keimen verdient ein Bakterium eine besondere Beachtung. Es handelt sich um einen seltenen Mikroorganismus, der seit 1890 erst achtmal beschrieben wurde. Wegen seines eigentümlichen Verhaltens, auf festen Nährböden als ganze Kolonie in ringförmigen Bahnen zu wandern, wurde er von dem Entdecker JORDAN (12) *Bacillus circulans* genannt (Abb. 8—10). Dieser Organismus wurde gleich 3-mal in verschiedenen Zechsteinsalzen gefunden.

Nicht uninteressant ist nun ein Vergleich dieser paläozoischen Bakterien mit ihren rezenten Artverwandten; ein Vergleich also über einen Zeitraum von 180 Millionen Jahren hinweg. Die rezenten wie die paläozoischen Vertreter dieser Spezies sind — entwicklungsgeschichtlich gesehen — gleich alt. Nur haben die Rezenten bis heute einen gänzlich anderen Weg zurückgelegt. Nicht in einem Zustand latenten Lebens sind die rezenten Keime uns erhalten geblieben, sondern sie haben vermutlich eine unübersehbar große Anzahl von Teilungen durchlaufen. Es ist vielleicht eine lohnende Aufgabe, der Frage nachzugehen, ob sich die rezenten Keime durch die (vermuteten) Milliarden von Teilungen hindurch in ihren erbbiologisch verankerten Eigenschaften verändert haben oder nicht. Ein Versuch, die isolierten Stämme mit den in der Literatur beschriebenen zu vergleichen und mit den bekannten Vertretern der Species *Bacillus circulans* (*B. circ.*) in Relation zu setzen, stieß auf Schwierigkeiten, wenn nicht das auffällige Phänomen des Wanderns der Kolonie auf festen Nährböden allen Stämmen — den rezenten und den paläozoischen — gemeinsam wäre. Ein Vergleich der Morphologie zwischen den Vertretern beider Gruppen kann kein unterschiedliches Verhalten feststel-

len. Es stimmen die Beobachtungsergebnisse an den eigenen Stämmen, sowohl im makroskopischen wie auch im mikroskopischen Bereich, mit den früheren Autoren völlig überein (8, 9, 10, 12, 13, 17, 19, 23, 26). Es sei deswegen hier nur auf die Abbildungen hingewiesen. Auf eine erneute Schilderung kann unter Hinweis auf die Autoren verzichtet werden.

In biochemischer Hinsicht dagegen zeigt ein Vergleich beider Gruppen deutliche Verschiedenheiten. Vergleicht man zunächst die drei paläozoischen Stämme untereinander, so kann man feststellen, daß sie in fast allen ihren biochemischen Leistungen, bei deren Ermittlung das umfangreiche Schema von DORNER (7) zugrunde gelegt worden ist, übereinstimmen. Gemeinsam ist den drei paläozoischen Stämmen eine Fermentaktivität gegenüber einer großen Anzahl von Zuckern. Eine abschließende Betrachtung dieser Stämme kommt zu dem Ergebnis, daß sie reichlich saccharolytische Eigenschaften besitzen, Stärke hydrolysieren und H_2S bilden können, dagegen nicht befähigt sind zur Verflüssigung von Gelatine, zur Indolbildung und Nitratreduktion.

Stellt man nun diesen paläozoischen Stämmen von *B. circ.* die Angaben der Autoren, die sich seit 1890 mit Vertretern dieser Spezies beschäftigt haben, gegenüber, so sind hierfür die Arbeiten von KIENHOLZ (13), GRAY und THORNTON (10) sowie die von JORDAN (12) am besten geeignet. Als wesentliches Unterscheidungsmerkmal, insbes. bei Heranziehung der Untersuchungsergebnisse von KIENHOLZ (13), fällt in Bezug auf die saccharolytischen Eigenschaften ein vollständiges Fehlen derselben bei dem rezenten Stamm auf. Dieser Stamm hat gegenüber seinen paläozoischen Artverwandten alle saccharolytischen Eigenschaften verloren. Bei den anderen rezenten Stämmen fehlen diese Eigenschaften nicht vollständig, sie sind aber doch nur gering ausgebildet. Auch ist keine Fähigkeit zur Spaltung eines Zuckers, welchen die Stämme aus dem Erdaltertum nicht angreifen, neu hinzugekommen. Ein Neuerwerb von Eigenschaften ist also bezüglich der Zucker nicht festzustellen. Nur die Verflüssigung von Gelatine ist bei zwei rezenten Stämmen zu beobachten; die paläozoischen können Gelatine nicht angreifen.

Über diese Feststellungen hinaus kommt eine Vergleichsführung über einen solch großen Zeitraum zu folgenden Ergebnissen:

1. Die paläozoischen Stämme von *B. circ.* besaßen erheblich mehr biochemische Eigenschaften als die in den letzten 70 Jahren beschriebenen Artverwandten.
2. Das lange „latente Leben“ von rund 180 Millionen Jahren hat für die paläozoischen Spezies vermutlich keinen Verlust von Eigenschaften zur Folge gehabt.

3. Wohl aber ist ein solcher Verlust bei den rezenten Vertretern von *B. circ.* zu verzeichnen, die eine unübersehbar große — vermutlich hoch in die Milliarden gehende — Anzahl von Teilungsstadien durchlaufen haben.
4. Während die z. T. erheblichen Abweichungen in Bezug auf die biologischen Leistungen auffallen, besteht bezüglich der morphologischen Kriterien ein absolutes Übereinstimmen zwischen den paläozoischen und den rezenten Vertretern von *B. circ.*
5. Dies legt den Schluß nahe, daß die genetischen Anlagen für die morphologische Differenzierung ungleich stabiler verankert sein müssen, als beispielsweise diejenigen, die zu den biochemischen Eigenschaften einer Art führen.
6. Von nur hypothetischem Wert wird die Überlegung bleiben, ob aus dem 3-maligen Auffinden eines seltenen Keimes geschlossen werden kann, daß diese Spezies in der Vorzeit zahlreicher vertreten war als heute, und daß mit dem angenommenen zahlenmäßigen Rückgang der Art der nachweisbare Verlust von biochemischen Fähigkeiten in Zusammenhang zu bringen ist.

Daß diese Aussagen auch für andere Spezies gelten, kann mit Sicherheit angenommen werden. Hier sollen sie jedoch nur für *B. circ.* verbindlich sein. Sie hätten garnicht gemacht werden können, wenn dieser Art nicht das auffallende Wandern eigen wäre, das sie von allen anderen bisher bekannten Bakterien deutlich abhebt. Denn allein gestützt auf die Mikromorphologie eines peritrich begeißelten Bakteriums, wie es *B. circ.* darstellt (Abb. 8), eine Bestimmung durchführen zu wollen, wäre unmöglich. Hinzu kommt, daß die Ergebnisse einer biochemischen Durchforschung der Art keine brauchbaren Vergleichsunterlagen liefert, da, wie die Ergebnisse zeigen, eine große Unsicherheit darüber besteht, ob eine Eigenschaft des paläozoischen Keimes auch in gleicher Weise noch bei den rezenten Artverwandten zur Entwicklung gelangt ist. Es dürfte daher bei anderen aus Mineralsalzen isolierten Keimen schwierig sein, über eine nur vermutete Artzugehörigkeit hinaus einen Identitätsnachweis mit rezenten Spezies zu führen. Nur bei *B. circ.* — markiert durch das dieser Art allein eigene Phänomen des Wanderns auf festen Nährböden — ist eine letztgültige Bestimmung möglich gewesen.

Das Auffinden der lebensfähigen Bakterien aus dem Paläozoicum und ein Vergleich mit Vertretern unserer heutigen Bakterienflora ist nicht nur von allgemein- und erbbiologischem Interesse, sondern liefert auch einen, in gewissem Sinne experimentell gestützten Beitrag zur Diskussion *varietas — nova species.*

Fragen besonderer Art sind natürlich mit dem zunächst unwahrscheinlich klingenden Befunden der Herauslösung der lebenden Bakterien aus dem Zechsteinsalz verknüpft. Handelt es sich tatsächlich um Mikroben, die im Zechsteinmeer lebten? Wir müßten dann annehmen, daß wir die ältesten Lebewesen vor uns haben, die uns bis in unsere Tage überkommen sind, und dies nicht vermittels einer langen Reihe von aufeinanderfolgenden Generationen.

Es taucht die Frage nach der Art der Konservierung auf. Eine Erklärung hierfür finden wir u. U. in den Ergebnissen der heute vielfach geübten Methode der Gefriertrocknung zur Konservierung von Bakterien. Entzieht man dem Eiweiß des Bakteriums das Wasser, so kann man es durch lange Zeit hindurch ohne Nährsubstanz erhalten, ohne daß das Bakterium einen Stoffwechsel zeigt. Nachdem der Keim wieder Wasser aufgenommen hat, zeigt er alle vorher gehabt physiologischen Daten wieder und zwar in unveränderter Weise. Vereinzelt hat man schon heute über 30 Jahre hindurch Bakterien gefriergetrocknet am Leben erhalten können. Das Wesentliche bei dem Verfahren ist der vollständige Wasserentzug. Auch die Eintrocknung ohne Gefrierung zeigt den gleichen Effekt und steht dem Gefriertrockenverfahren nicht nach. Es wäre denkbar, daß bei Austrocknung des Meeres die Bakterien in einen solchen wasserfreien Zustand versetzt worden sind, und innerhalb des Salzes bzw. des Salzkristalles in diesem wasserfreien Zustand gehalten wurden. Es ist bekannt, daß bei künstlicher Trocknung bessere Ergebnisse erzielt werden, wenn man die Trocknung in Kochsalzlösung vornimmt, also unter Bedingungen, welche meinen geschilderten Versuchen und den vermuteten Vorgängen bei Austrocknung des Meeres vergleichbar sind. STARKE und HARRINGTON (27) halten die Lebensfähigkeit getrockneter Bateriaen für unbegrenzt. Wenn das stimmt, dann könnte diese Hypothese mit dem Auffinden von lebensfähigen Organismen aus paläozoischen Salzen keine bessere Unterstützung erfahren haben. Auch an eine reversible Denaturierung mittels Aussalzung muß gedacht werden. Vielleicht sind beide Prinzipien, Trocknung und Aussalzung wirksam.

Und wenn diese Überlegungen alle auf Richtigkeit beruhen, dann müßte es auch gelingen, Bakterien aus noch älteren Salzen als den Zechsteinsalzen, lebend zu isolieren. Dieser Versuch wurde auch unternommen und ist geglückt. Aus mitteldevonischem Salz aus Kanada, welches mittels Tiefbohrung aus 1000 m Tiefe gewonnen worden war, konnten ebenfalls Bakterien lebend isoliert werden (Abb. 11, 12). Trotz Walten-lassens jeder nur erdenklichen Vorsicht bei der Beurteilung des Alters dieser Keime möchte ich doch die Überzeugung aussprechen, daß es sich bei diesen Bakterien um die ältesten Lebewesen, um Organis-

men mit dem höchsten individuellen Alter handelt, die je gefunden worden sind. Die geologischen Voraussetzungen, tektonische Ruhe bis zur Gegenwart, waren auch bei diesem Fundort gegeben.

Es ist natürlich mein Bestreben, Salze noch älterer Herkunft nach latendem Leben zu durchforschen. Das würde, nachdem die Methoden einmal erarbeitet worden sind, keine Schwierigkeiten weiter bereiten. Sollte es gelingen, auch in kambrischen Salzen und in Salzen, die man für präkambrisch hält, bakterielles Leben nachzuweisen, so wäre diese Forschungseinrichtung an einem Absolutum angelangt. Noch älteres individuelles Leben könnte dann auf unserem Erdball nicht mehr angetroffen werden.

Während der Drucklegung dieser Arbeit ist es dem Verfasser gelungen, auch aus silurischen und unterkambrischen Salzen lebende Bakterien zu isolieren, sowie den direkten sichtbaren Nachweis von allseitig von Salz eingeschlossenen Bakterien in Dünnschliffen paläozoischer Salze zu erbringen.

Abschließend sei noch kurz auf die Technik der lebenden Isolierung eingegangen. Wie leicht es bei bakteriologischem Arbeiten zu unerwünschten Sekundärinfektionen kommen kann, weiß jeder bakteriologische Experimentator. Um den Einwand sekundärer Verunreinigung zu begegnen, wurden außerordentliche und im Allgemeinen nicht übliche Vorsichtsmaßnahmen eingehalten:

1. Es wurde ein kleines Versuchslabor gewählt, in welchem 3—4 Tage vor dem Versuch eine uv-Entkeimungslampe brannte. Der Raum wurde während dieser Zeit nicht betreten.
2. Die beiden Untersucher betraten den Raum in steriler Kleidung und mit sterilen Gummihandschuhen nach gründlicher Hand- und Unterarmdesinfektion, vorbereitet wie ein Chirurg zu aseptischer Operation.
3. Abdeckung des Experimentiertisches und eines Statives mit sterilen Tüchern.
4. Sämtliches Gerät, Instrumente und Glaswaren sind sterilisiert.
5. Das Untersuchungsmaterial, die Salzstücke, werden in einer Schlinge von dünnem sterilisiertem Draht an dem steril abgedeckten Stativ aufgehängt.
6. Das Salzstück wird 45 Sekunden mit zwei heißen Bunsenbrennerflammen an der Oberfläche abgebrannt.

7. Sofort im Anschluß daran wird ein Kolben mit Nährbouillon von unten her so an das Salzstück herangeführt, daß dieses in die Nährlösung hineinhängt.
8. Jetzt wird der Aufhängedraht durchgeglüht und der Kolben nach gründlichem Abflammen von Rand und Stopfen verschlossen.
9. Die Züchtung erfolgt bei + 40° C.
10. Ist eine Kultur angegangen, erfolgt die Weiterverarbeitung bis zur Reinkultur nach den üblichen bakteriologischen Verfahren.

Zu Punkt 6 muß ergänzt werden, daß in Vorversuchen die Dauer des Abflammens ermittelt worden ist. In 45 Sekunden konnten Salzstücke, die in frische Aufschwemmung von vitalem *Pyocyanus* — etwa 80 000 pro ccm — eingebracht worden waren, wieder sterilisiert werden. — Der Temperaturabfall nach dem Inneren erfolgt sehr rasch, da Salz ein schlechter Wärmeleiter ist. 3 cm von der Oberfläche entfernt ist nach einem Abflammen von 45 Sekunden mit der heißen Bunsenbrennerflamme die Temperatur nur um 6,3° C. angestiegen. Somit wurde eine Keimfreiheit der Oberfläche und der oberflächennahen Schichten erzielt, im Innern aber wurden keine keimtötenden Temperaturen erzeugt. Allerdings müssen die Proben genügend groß sein. Ihr Durchmesser muß etwa 6 cm betragen. Solche Salzstücke haben ein Gewicht von etwa 250 bis 300 g. In 1 Liter Nährbouillon gelöst ergeben sie eine gesättigte Salzlösung, welches seinerseits für die Anzüchtung der Salzorganismen von Wichtigkeit ist. — Weitere Einzelheiten werden in einer eigenen ausführlichen Abhandlung zusammengestellt werden.

All die dargelegten Ergebnisse, die Rätsel, die uns unsere Heilquellen aufgeben, zu klären, befinden sich natürlich noch im Stadium des Vorfeldes. Die Bedeutung der Ergebnisse für die Balneologie liegen aber auf der Hand. Vor weiteren Schlußfolgerungen müssen jedoch noch zahlreiche neue Fragen experimentell geklärt werden, wobei die Forschung in einem Grenzbereich, in dem sich Medizin, Biologie und Geologie begegnen, auch weiterhin einen nicht unerheblichen Anteil nehmen wird.

L I T E R A T U R :

1. DOMBROWSKI, H.: Zbl. f. Bakt. I. Orig. 178, (1960), 83.
2. DOMBROWSKI, H.: Münch. med. Wschr. 102, (1960), Nr. 11, 526.
3. DOMBROWSKI, H.: Arch. f. phys. Therapie Nr. 2 (1961). 13. (1961) H. 2. 191.
4. DOMBROWSKI, H.: Monatsh. f. ärztl. Fortbildg. Nr. 1, (1961) 78.
5. DOMBROWSKI, H.: Bacillus circulans aus Zechsteinsalzen. Zbl. f. Bakt. I. Orig. 183, (1961) 173.
6. DOMBROWSKI, H.: Ärztl. Mitt. Nr. 4 (1960) 143.

- 6a. DOMBROWSKI, H.: Therapie d. Gegenw. 100, (1961) H. 9, 442.
7. DORNER, W.: Methoden zur Untersuchung von Bakterienreinkulturen, Hannover 1933.
8. GILLERT, K.-E.: Zbl. f. Bakt. I. Orig. 167, (1957), 598.
9. GILLERT, K.-E.: Naturwissenschaften 43, (1956), 262.
10. GRAY & THORNTON: Zbl. f. Bakt. Abtlg. II, 73, (1928), 93.
11. GRÜNHUT, L.: Im „Deutschen Bäderbuch“ 1907.
12. JORDAN: In „Bergey's Manual of determinative Bakteriologie“ 7. Edit. 1957. Baltimore.
13. KIENHOLZ, M.: Arch. f. Hyg. u. Bakt. 143, H. 7. (1959), 485.
14. KLAUS, W.: Z. Dtsch. Geol. Ges. 105, 776, (1955).
15. LESCHIK, G.: Paläontographica, 100, Abt. B. 122, (1956).
16. MICHELS, F.: 56. Ber. Senckenbg. Naturf. Ges. Frankfurt/M., 1926, 225.
17. MÜLLER, R.: Münch. med. Wsch. 1909, I, 886.
18. MÜLLER A. & W. SCHWARZ: Z. Deutsch. Geol. Ges. 105, (1953), 789,
19. MUTO, T.: Zbl. f. Bakt. I. Orig. 37, (1904), 321.
20. OTT, V. & H. DOMBROWSKI: Fundam. Balneobioclimatol. 1, (1960), 319.
21. OTT, V. & H. DOMBROWSKI: Notizbl. hess. L.-Amt. Bodenforsch 87. (1959), 415.
22. RIPPEL, A.: Arch. f. Mikrobiol. 6, (1945) 350.
23. RUSS-MÜNZER, A.: Zbl. f. Bakt. I. Orig. 142, (1938) 175.
24. SCHEMINZKY, F.: Fundam. Balneobioclimatol. 1, 1, (1958).
25. SCHÖNHALS, E.: Geologie der Umgebung von Bad Nauheim und Friedberg. Kommissionsverlag Max Weg, Leipzig 1936.
26. SMITH, GORDON & CLARK: in „Bergey's Manual of determinative Bakteriologie“. 7. Edit. Baltimore 1957.
27. STARKE & HARRINGTON: J. Bakt. 21, (1931), 13.
28. STEUER, A.: Die Nauheimer Quellen und die Geologie der Wetterau. Druck von August Pries, Leipzig o. Jzhl.

LEGENDE ZU DEN ABBILDUNGEN.

- Abb. 1: Fossile Spore, *Limitisporites latus*, aus CO₂-Sole-Quelle XII zu Bad Nauheim. Abbildgs.-Maßst.: 450:1.
- Abb. 2: Fossile Spore, *Lueckisporites richteri*, aus CO₂-Sole-Quelle XII zu Bad Nauheim. Abbildgs.-Maßst.: 450:1
- Abb. 3: *Pseudomonas halocrenaea* (n. sp.) aus CO₂-Sole-Quelle XIV zu Bad Nauheim. Abbildgs.-Maßst.: 1 500:1.
- Abb. 4: *Pseudomonas halocrenaea* (n. sp.) aus bergmännisch gewonnenem Zechsteinsalz, Na 1 β, l e b e n d isoliert. Abbildgs.-Maßst.: 1 500:1.
- Abb. 5, 6 und 7: Weiter aus verschiedenen Zechsteinformationen l e b e n d isolierte Bakterien. Abbildgs.-Maßst. 1 500:1.
- Abb. 8: *Bacillus circulans*, Stamm 37/IIa, l e b e n d aus Kaliflöz „Hessen“ (K 1 H) isoliert. Abbildgs.-Maßst.: 2 000:1.
- Abb. 9: *Bacillus circulans*, Stamm 37/IIa, Vier Aufnahmen einer wandernden Kolonie nebeneinandergestellt. Innerhalb von 15 Minuten hat die Kolonie

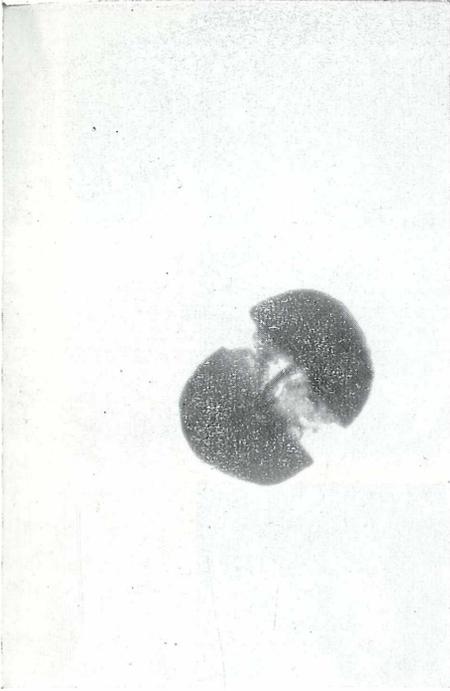


Abb. 1

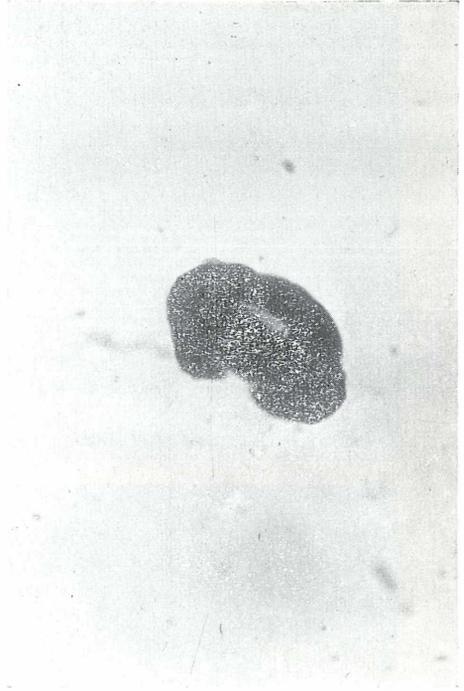


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

Abb. 5

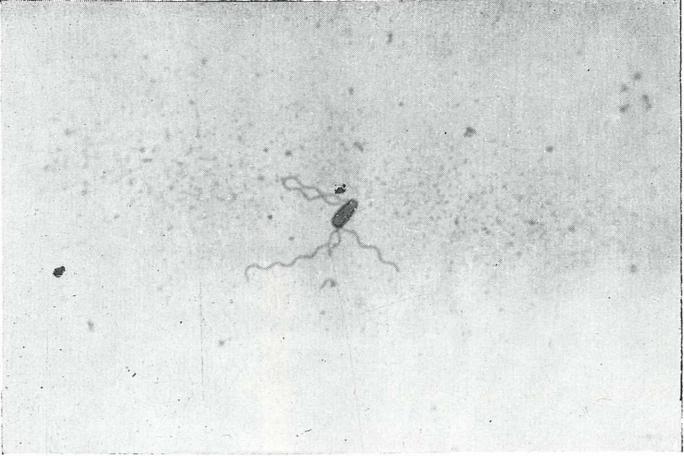


Abb. 6

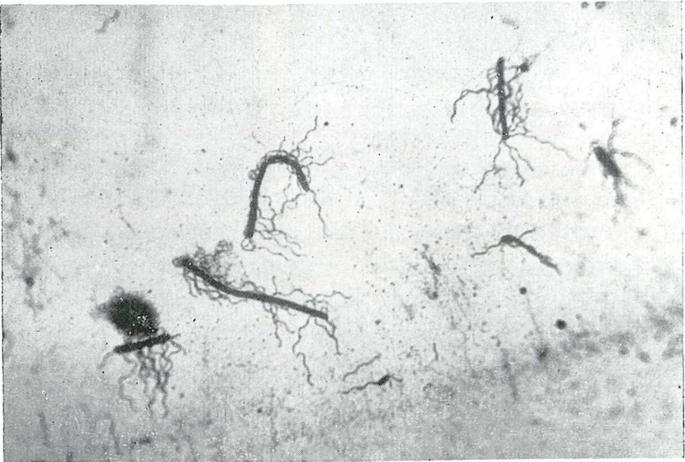
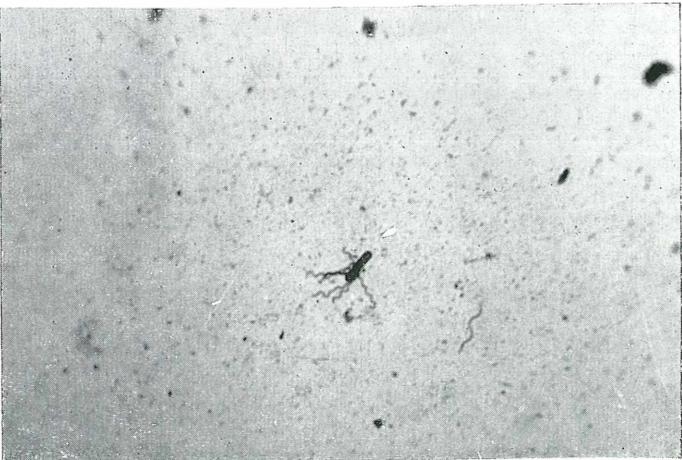


Abb. 7



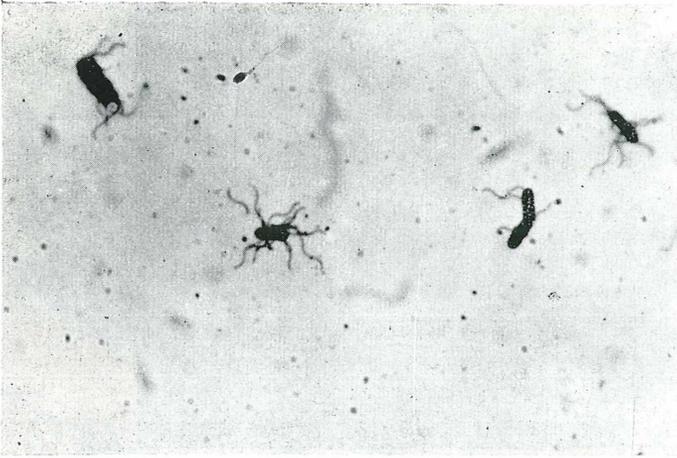


Abb. 8

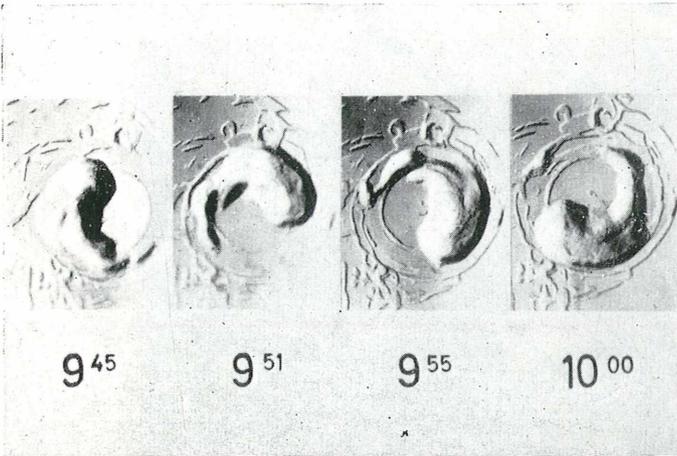


Abb. 9

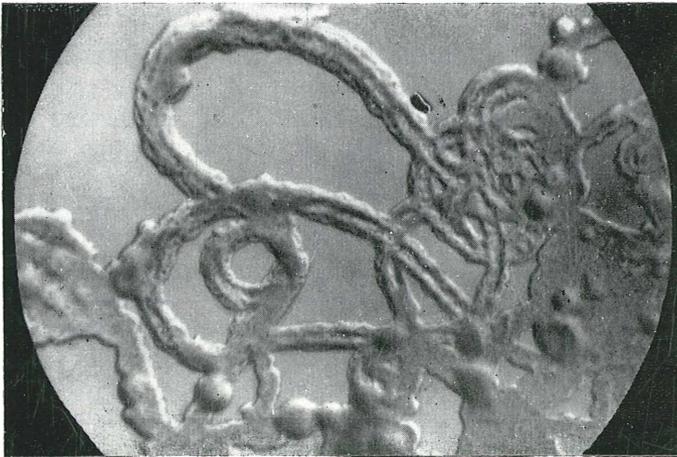


Abb. 10

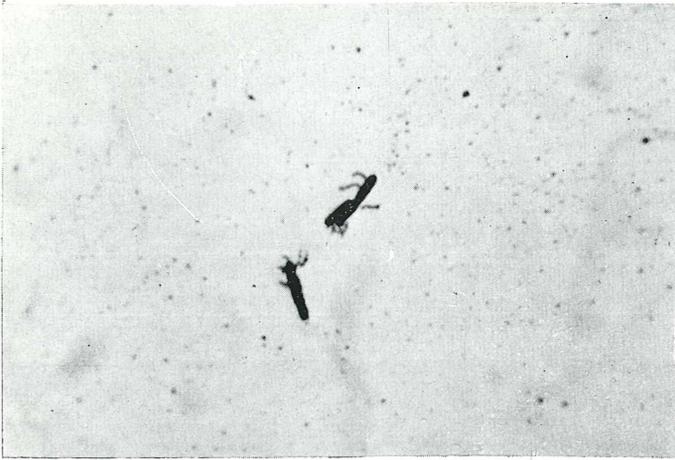


Abb. 11



Abb. 12

eine Kreisbahn nahezu vollständig umwandert. Alter der Kolonie 16 Stunden. Abbildgs.-Maßst. 30:1.

Abb. 10: „Bahnspur“ einer 24 Stunden alten Agarkolonie von *Bacillus circulans*, Stamm 11/III. Man erkennt die Bahn, die die circulierende Kolonie zurückgelegt hat. Abbildgs.-Maßst.: 24:1.

Abb. 11: N. N. Stamm 33/VIII. Lebend isoliert aus Steinsalz aus dem Mitteldevon von Kanada. Abbildgs.-Maßst.: 1 000:1.

Abb. 12: N. N. Stamm D/VIII. Lebend isoliert aus mitteldevonischem Steinsalz aus Kanada.

Die Bakterien der Abbildungen 11 und 12 stellen die *ältesten bisher bekannten lebenden Organismen* dar. Individuelles Alter ca. 320 Millionen Jahre. (Vervollständigung hierzu siehe Text.)

(Die Färbung sämtlicher dargestellten Bakterien erfolgte mittels Silberimprägnation nach Zettnow.) — (Folgen: S. 12—15 = Abb. 1—12.)

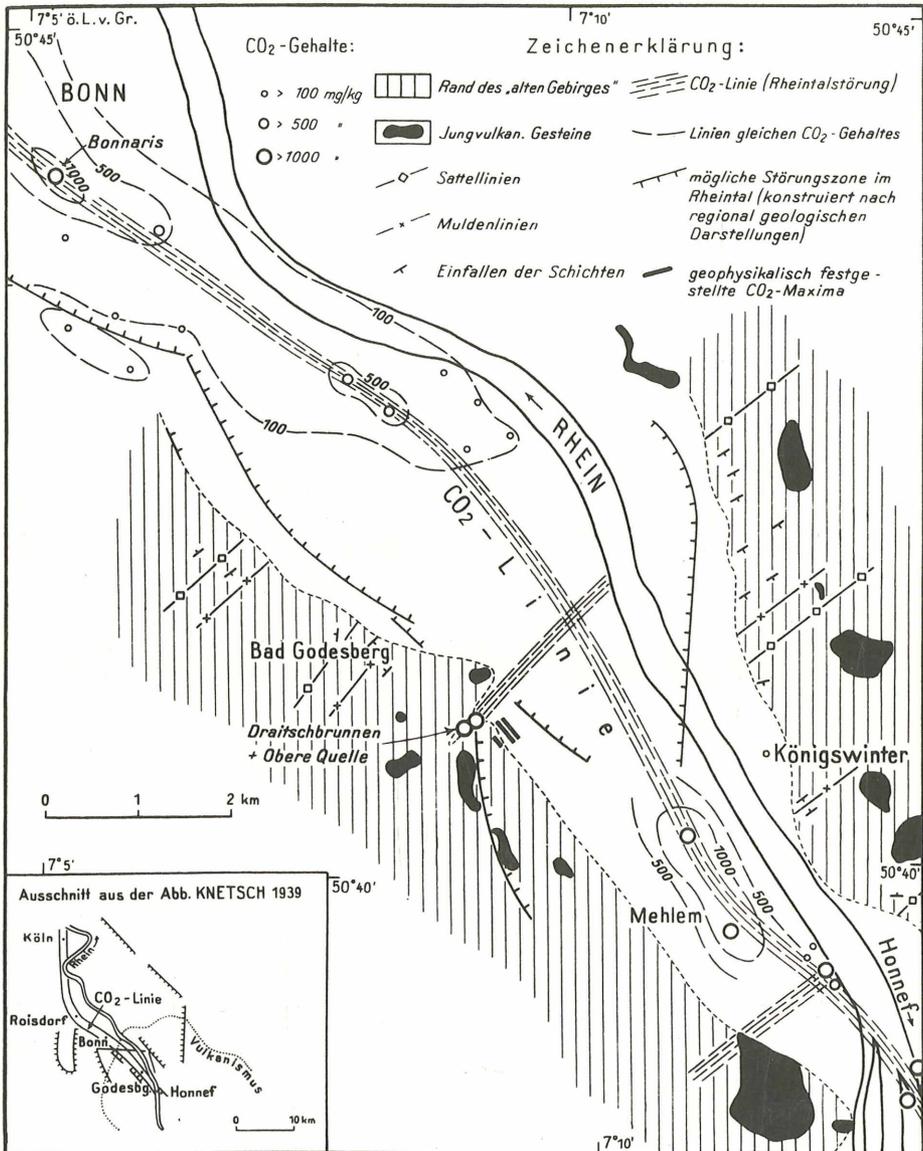


Abb. 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [030](#)

Autor(en)/Author(s): Dombrowski H.

Artikel/Article: [Über biogene Formelemente in Mineralwässern und ihre Herkunft. 15-28](#)