SALINARE TIEFENWÄSSER IN SÜDDEUTSCHLAND

Von W. Carlé, Korntal b. Stuttgart

I. Einleitende Übersicht

In steigendem Maße enthüllt der süddeutsche Raum ausgedehnte Tiefenwasser-Körper. Zwar kennt man seit vielen Jahrzehnten die Tiefenwässer der Bäder Mergentheim und Hersfeld oder diejenigen der Salinen Friedrichshall und Dürrheim, aber man vermochte deren Mineralwasserschatz lange Zeit nicht in einem größeren Rahmen zu sehen. Nachdem sehr viele Bohrungen auf Trinkwasser und Erdöl abgeteuft worden sind, verfügen wir über ein riesiges Tatsachenmaterial, das der Auswertung harrt. In der leider gebotenen Kürze soll nachstehend über die geologisch-hydrologischen Verhältnisse dieses Großraumes unter weitgehender Beschränkung auf die salinaren Tiefenwässer berichtet werden.

Die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und ein Teil von Hessen gehören einer geologischen Einheit an, der Südwestdeutschen Großscholle (CARLÉ 1955), die etwa so zu definieren ist:

> Ein Schichtenpaket von ursprünglich 2000 m Mächtigkeit liegt über einem eingeebneten Gebirgsrumpf aus kristallinen und gefalteten Gesteinen. Diese Schichten wurden samt ihrer Unterlage verbogen und zerbrochen. Von Hebungszonen ausgehend, in denen heute der alte Sockel freiliegt, wurden die Schichten abgetragen, sodaß eine Schichtstufen-Landschaft entstand — das Produkt einer Gesteinszerstörung. Ihr stehen umfangreiche Senkungszonen gegenüber wie das eingebogene oberdeutsche Molasse-Becken zwischen Donau und Alpen oder der an Verwerfungen eingebrochene Oberrhein-Graben; beide stellen Sammelbecken für die Abtragungsprodukte der gehobenen Gebiete dar und sind somit Bereiche neuer Sedimentbildung.

43 v. H. aller Mineral- und Thermalwässer dieses großen Raumes sind salinare Wässer (Solen, Natrium-Chlorid-, Natrium-Sulfat-, Calcium-Chlorid-, Calcium-Sulfat-Wässer und deren vielfältigste Mischungen). In allen Formationen vom Zechstein bis zum Tertiär trifft man salinare Tiefenwässer an. Ordnet man diese Wässer in die einzelnen Formationen ein, so ergibt sich folgende Verteilung[1]:

---

1 Die Anzahl der im genannten Raum bekannten Orte mit Mineralwasser-Vorkommen wurde = 100 gesetzt, nicht etwa die Zahl der einzelnen Fassungen.

© Landesmuseum für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

aus Zechstein . . .	17 v. H	aus Keuper . . .	18 v. H
aus Buntsandstein .	14 v. H	aus Jura	4 v. H
aus Muschelkalk . .	28 v. H	aus Tertiär . . .	19 v. H

Die Existenz dieser Salzwässer ist leicht erklärlich, wo Formationen Salzlager einschließen, wie der Zechstein, der Muschelkalk und das Oberrheingraben-Tertiär; schwieriger aber wird das Verständnis der Herkunft von Salzwässern in Formationen und Gebieten ohne Salzlager.

II. Die regionale Verteilung der salinaren Mineralwässer (Abb. 1)

Die Übersichtskarte enthält alle bekannt gewordenen Mineralwasser-Vorkommen, gleichgültig, ob sie genutzt oder nicht genutzt werden; lediglich in der Gruppe der außerordentlich häufigen Calcium-Sulfat-Wässer wurden nur die genutzten Quellen dargestellt.

Die Zechstein-Wässer beherrschen das nördliche Süddeutschland, also das Ablagerungsgebiet des Zechstein-Salzes. Doch greift ihr Verbreitungsgebiet noch beträchtlich über das der Salzflöze hinaus. Diese Tatsache gibt mehrere Fragen auf.

Die Buntsandstein-Wässer sind in der Umrandung der beiden großen tektonischen Hebungszonen zuhause, also im Umkreis des Schwarzwaldes und des Hessischen Schildes. Merkwürdigerweise findet man sie niemals dort, wo der Buntsandstein an der Erdoberfläche verbreitet ist, sondern „dahinter" unter dem Ausstrich des Muschelkalks. Nicht allein dieses Standort-Problem verlangt nach einer Lösung, sondern es erhebt sich auch die Frage nach der Herkunft dieser Wässer, die sich nicht von Salzlagern ableiten lassen..

Mineralwässer im Muschelkalk erscheinen überall dort, wo das Steinsalzlager oder wenigstens noch die Gipsflöze des Mittleren Muschelkalks im Untergrund liegen. Calcium-Sulfat-Wässer können auch am Ausstrich des Mittleren Muschelkalks noch fließen, weil Gips 143 mal schwerer löslich als Steinsalz ist und daher in Oberflächennähe teilweise erhalten geblieben sein kann. Dagegen sind Natrium-Chlorid-Wässer nur dort zu finden, wo Reste des Steinsalzlagers unter beträchtlicher Bedeckung bislang der völligen Zerstörung entgangen sind. Hochkonzentrierte Solen können nur erbohrt werden; man findet sie in den natürlichen Auflösungszonen weithin noch erhaltener Salzkörper.

Die Calcium-Sulfat-Wässer des Keupers sind an die reichlich entwickelten Gipslager dieser Formation gebunden. Die zumeist den Sandsteinen entstammenden Natrium-Chlorid- oder Natrium-Sulfat-Wässer sind genetisch den Mineralwässern des Buntsandsteins gleichzusetzen. Dies

gilt auch für die zumeist nur schwach salinaren Mineralwässer des Unteren und Mittleren Juras.

Im Tertiär der Oberrhein-Ebene ist ein großes Salinar verborgen; hier sei nur an das elsäßische Kaligebiet um Mülhausen und an das badische Kalivorkommen bei Buggingen erinnert, auch wurde bei Worms Salz erbohrt. Die Salzwässer am Oberrhein gehören also zu einem beträchtlichen Teil in die gleiche Kategorie wie diejenigen des Muschelkalks und Zechsteins; möglicherweise ist ein Teil von ihnen aber auch ähnlich wie die Mineralwässer des Buntsandsteins zu erklären. Dagegen konnte man trotz starker Bohrtätigkeit in den oberdeutschen Molasse-Schichten keine Salzlager nachweisen, daher sind die Molasse-Mineralwässer in die genetische Gruppe der Buntsandstein- und Keuper-Wässer einzureihen.

III. Entstehung von Mineralwässern aus Salzflözen

Eindringende elektrolytarme Oberflächenwässer lösen im Top oder am Rand der Flöze das Salz auf. Wo wie bei Bad Kissingen oder Bad Cannstatt Niederschlagswässer in einem großen, hochliegenden Gebiet einsickern, entspringen Salzquellen von teils hoher Schüttung aus bewegten Tiefenwasserkörpern; in Bad Cannstatt sprudeln mehr als 200 l/s ins Freie. Wie tausende von Ölbohrungen erwiesen, ruhen im Untergrund Norddeutschlands unermeßliche Salzwassermengen, zu einem guten Teil der Ablaugung von Salzpfeilern entstammend.

Das Steinsalzlager des Mittleren Muschelkalks wird am leichtesten aufgelöst am Ausstrich dieses Schichtgliedes. Wo die Überdeckung des Oberen Muschelkalks durch den zumeist tonigen Lettenkeuper verloren ging, ist das Salzlager bereits gefährdet und wird angegriffen. Wo gar der Obere Muschelkalk durch tiefe Täler bis auf seine Basis zersägt worden ist, da ist der Abstiegsweg der süßen Wässer auf Spalten nur sehr kurz und leicht begehbar. So ist das Salz unter den fruchtbaren Gäuebenen weithin flächenhaft reduziert, unter den Muschelkalktälern aber zumeist völlig entfernt. Man darf es in vollständiger Erhaltung erst wieder in Nähe des waldigen Keuper-Stufenrandes erwarten.

Wenn süßes Wasser in enge Berührung mit dem Salzlager gerät, so entsteht bald eine konzentrierte Sole von etwa 300 g Salz im Liter Wasser. Kann diese Sole nicht abfließen, so schreitet der Lösungsvorgang nicht fort; das Flöz wird durch seine eigene Sole geschützt. Wo sie aber einem nahegelegenen Vorfluter zuströmen kann, macht sie neuen ungesättigten und daher lösungsfreudigen, zerstörungsgierigen Wässern Platz. Irgendwo mag das Salzwasser teils ausfließen, teils sich im Untergrund über große Flächen ausbreiten, Gips bleibt, wenn auch angenagt, zunächst zurück.

Wie aber können tief unter dem Vorfluter gelegene Salzlager an- oder gar ausgelaugt werden? Auch hier muß man als Agens eingesickerte Oberflächenwässer annehmen. Unter starkem hydrostatischem Druck — Gewicht ihrer Wassersäule — treffen sie auf das Salz. Im Heilbronner Gebiet fließen sie aus den tektonischen Aufwölbungen der Muschelkalk-Sättel mehr oder weniger horizontal zu, aber auf den vertikalen Wasserwegen der Verwerfungszonen auch unmittelbar in die Tiefe (WILD 1957). Das salzbeladene Wasser weicht seitlich aus und steigt unter hydrostatischem Druck talabwärts wieder empor — so entstehen die Salzquellen von Offenau und die versalzenen Talgrundwässer von Bad Wimpfen. Am Rand des noch erhaltenen Salzlagers stehen konzentrierte Solen — hier fördern die Salinen Wimpfen, Rappenau und Jagstfeld (Abb. 2). Weiter talaufwärts folgt die Zone der Salzbergwerke Kochendorf und Heilbronn. Die genauen Unterlagen zeigten, daß auch in der Bergwerkszone große Teile des Salzlagers durch Lösung weggeführt worden sind; nur bei Heilbronn ist die ursprüngliche Mächtigkeit erhalten. Wo Verwerfungen Wege anboten, wurden sie von den lösenden Oberflächenwässern offensichtlich genutzt.

Selbst in Tiefen von über 1000 m ist das Salzlager im Oberrhein-Graben nicht sicher, denn die intensive bruchtektonische Zerstückelung bietet Wasserwege an. Im Nordteil des Grabens traf jede der zahlreichen Ölbohrungen Salzwasser, jede tiefere Bohrung stark konzentrierte Solen an. Man darf also ein zusammenhängendes Sole-Reservoir annehmen. Die spezifisch schwerere Sole unterwandert die Süßwässer, schiebt sie weg und schließlich in die Höhe — so füllt sich das Becken auf. An etwa horizontalen Grenzzonen werden die Wässer nach dem spezifischen Gewicht geschichtet; Diffusions-Vorgänge sind bestrebt, die Konzentrations-Unterschiede abzubauen, doch können wenig durchlässige Schichten diesen Ausgleich lange Zeit verhindern.

Im Tal der Fränkischen Saale zwischen Bad Neustadt und Bad Kissingen traten seit alters Salzquellen aus, durch den hydrostatischen Druck vom höher gelegenen Einzugsgebiet her und durch die Auftriebskraft vulkanogener Kohlensäure emporgetragen. Höher konzentrierte Wässer, ja Solen wurden durch bis aufs Niveau der Zechsteinsalz-Flöze hinabgetriebene Bohrungen erschlossen.

Die Zechstein-Salzwässer sind aber nicht allein auf das Verbreitungsgebiet der Salzflöze beschränkt, sondern reichen weit hinaus ins salzfreie Gebiet (Abb. 3). Ein außerordentlich instruktives Bild von Solebewegungen über weite Entfernungen ersteht, wenn man zwei so gegensätzliche geologische Bereiche wie das völlig salzfreie alte Faltengebirge des Rheinischen Schiefergebirges samt dem Ruhrkarbon und das in weitem Bogen

um den Faltenrumpf herumgreifende Zechstein-Salinar betrachtet (CARLÉ 1958b, Abb. 2). Bezeichnet man Salzlager und Solespeicher als Hochdruckgebiete, das salzfreie Rumpfgebirge als Tiefdruckgebiet, so leuchtet ein, daß dem gewaltigen Druckgefälle folgend Sole in das alte Gebirge einwandern muß. Die Ruhrkohlenzechen sümpfen riesige Solemengen, die auf Drusenkanälen versinterter Verwerfungen angefahren werden. In Siegerländer Eisenerz-Bergwerken fließen Salzwässer aus. Über 150 km lange Wanderwege sind anzunehmen.

Konnte man seither an diesen Wanderungen vielleicht noch zweifeln, so ist das jetzt nicht mehr möglich, denn die Indizienbeweise sind durch einen unmittelbaren zwingenden Beweis ergänzt worden (DOMBROWSKI 1960). In Bad Nauheim steigen mächtige Thermal-Sol-Sprudel in klüftigem devonischem Kalk empor. In diesem Thermalwasser fand man Sporen, die nur aus dem Zechsteinsalz bekannt sind. Sie müssen mit dem Mineralwasser auf tektonischen Wegen aus dem 70 km östlich Nauheim gelegenen Zechstein-Salzlager von Fulda heranwandern, denn unter Nauheim und dem Vogelsberg gibt es kein Salz (Abb. 4). Was hindert nunmehr, Wanderungen über Soden, Wiesbaden bis nach Aßmannshausen (Rhein) und weiter anzunehmen?

Gilt diese Erklärung aber für alle Zechstein-Mineralwässer außerhalb der Salzverbreitung? Seit Anfang dieses Jahrhunderts kennt man salzige Mineralwässer im Zechstein-Dolomit unter Eberbach am Neckar. Wanderwege vom Zechsteinsalz bei Fulda nach Süden wären in Form von Verwerfungen vorhanden; eine Kette von salinaren Wässern wenn auch unterschiedlicher Konzentration scheint eine solche Wasserwanderung anzudeuten (Abb. 5). Der hohe Brom-Gehalt von 33 mg Br'/kg verrät aber, daß hier kein wiederaufgelöstes Salz, sondern eine echte Restlauge der Kali-Bildungszeit vorliegt, in die allein solch bedeutende Brom-Gehalte einzugehen vermögen. In den damals schon von Karsthohlräumen durchzogenen Zechsteinkalk floß diese Lösung ein; bald wurde die Schicht von abdichtenden Tonen überdeckt und die Restlauge blieb, wenn auch wohl nicht unverändert, als fossiles Mineralwasser seit 200 Millionen Jahren erhalten (BECKSMANN 1960).

IV. Zur Entstehung der Mineralwässer in salzfreien Schichten

Die Buntsandstein-Mineralwässer erscheinen an den Flanken des Schwarzwaldes, Odenwaldes und Spessarts, aber auch weitab von diesen Hebungszentren: Mühringen (bei Horb/Neckar), Ludwigsburg (bei Stuttgart), Bad Mergentheim und weitere Umgebung, Fürth (bei Nürnberg), Kolberg (bei Koburg). Sowohl in Bad Mergentheim als auch in Ingelfingen (Kocher) haben tiefe Bohrungen nahezu im gesamten Buntsandstein-

Profil Mineralwässer nachgewiesen (CARLÉ 1956). Es sind offensichtlich ruhende Tiefenwässer, auch Tiefenstandwässer genannt. Die wenigen frei ausfließenden Salzquellen dieser Bereiche sind lediglich als oberste Gipfel praktisch ruhender riesiger Mineralwasser-Körper anzusehen, die von oberflächennah fließendem süßem Grundwasser, dieses etwas mineralisierend, fahnenartig bis zum Austrittspunkt mitgezogen werden.

Die geringen Ausflüsse in natürlichen Quellen, die kleinen in Brunnen ausgepumpten Salzwasser-Quantitäten bewegen das Tiefenwasser in außerordentlich geringem Maße. Auf Grund dieser Entlastung drückt tiefer gelegenes Mineralwasser nach oben. Das ausgeflossene Mineralwasser muß theoretisch am Ausstrich des Buntsandsteins durch Süßwasser ersetzt werden; nur in dieser Hinsicht kann von einem Einsickerungsgebiet gesprochen werden. Für die Mergentheimer Wässer läge es im wesentlichen am Odenwald-Rand.

Will man die Bildung der Buntsandstein-Mineralwässer verstehen, so ist die Kenntnis der paläogeographischen Verhältnisse des Buntsandstein-Ablagerungsraumes nötig. Ein festländisches Becken lag zwischen in Einebnung befindlichen Mittelgebirgen; zumeist herrschte arides Klima. Periodisch zogen Flüsse durch diese wüstenhafte Tiefenregion; sie mündeten in salzige Endseen, deren Lage oft wechselte. Die salzigen Wässer versickerten in den noch unverfestigten porösen Schichten des Untergrundes. Einige Male drang das Meer kurzfristig von Norden her in das Becken ein; es sandte ebenfalls Salzwässer in den Untergrund. Mit den ständig mächtiger werdenden Sedimenten wuchs der gewaltige Wassermengen umfassende Salzwasserkörper.

Im Laufe der Zeit wurde der lockere Sand zu hartem Sandstein verfestigt, Tone wurden zu festem Tonstein. Diese Diagenese der Gesteine wurde vor allem durch die auflastenden jüngeren Sedimente verursacht. Dabei ging der ursprüngliche Porenraum des Tones von 80 bis auf wenige Hundertteile, der Porenraum der Sande von 40 bis 50 v. H. auf 5 bis 10 v. H. zurück. Die in den Poren stehenden Wässer des Bildungsmilieus wurden dadurch größtensteils verdrängt; gewaltige Flüssigkeitsmengen wurden so im Laufe der Zeit bewegt. Sie mögen zum Teil sogar die damalige Oberfläche erreicht haben und wieder in den oberirdischen Kreislauf eingetreten sein.

Entsprechend dem noch verfügbaren Porenraum verblieb ein Teil des Wassers in den Sandsteinen. Dessen Porosität wird aber durch den chemischen Zweig der Diagenese erheblich verringert; die einzelnen Körner werden durch Bildung eines Zements verkittet.

War dem Sand eine leichte Tontrübe beigemischt, so ergibt sich durch mechanische Verdichtung ein toniges Bindemittel. Anderer Zement wird

aus der gelösten Fracht der im Porenraum stehenden Flüssigkeiten geliefert. Es gibt karbonatische, sulfatische und kieselige Bindemittel, meist ist auch Eisen beigemischt. In die Feinkristalle des porenverstopfenden Bindemittels sind also die auch aus Mineralwässern gut bekannten Ionen HCO_3', SO_4'', $Fe^{\cdot\cdot}$ sowie die wenig dissoziierte Metakieselsäure eingegangen. Kochsalz als Bindemittel ist zwar mineralogisch bis jetzt nicht nachgewiesen, doch muß es feinverteilt auch ins Bindemittel dieses in aridem Milieu entstandenen Sandsteines eingegangen sein; denn ein Wasserauszug aus bei Ingelfingen erbohrtem oberflächennahem Buntsandstein ergab etwa 60 mg Kochsalz im kg Gestein.

Ist es überhaupt denkbar, daß unter diesen Umständen noch Restlösungen als fossile Wässer in den sehr verkleinerten Poren die Zeiten bis heute überdauert haben? Es gibt noch einen wasserverzehrenden Vorgang. Tonminerale haben die aus einer Restaffinität herrührende Eigenschaft, daß sie Wassermoleküle in ihr maschenähnliches Gitter aufnehmen. Mit Ausnahme des Kalium-Ions kann die gelöste Fracht hier nicht folgen; sie muß in Kristallform im Porenraum zurückbleiben. Auch bei der Kristallbildung wird häufig Wasser ins Gitter aufgenommen; das bekannteste Beispiel ist das Kristallwasser des Gipses. Im Buntsandstein und in den Keuper-Sandsteinen ist zumeist etwas Ton im Bindemittel und sind zahlreiche Tonzwischenlagen eingeschaltet, also erscheint eine solche „innere Austrocknung" des Gesteins durchaus möglich. Die Existenz verhältnismäßig sehr geringer Restlösungen im Porenraum soll nicht völlig abgestritten werden, doch dürfte der größte Teil der einst in den Wässern des Bildungsraumes gelösten Stoffe ins feste Bindemittel der Gesteine eingegangen sein.

Wie soll man sich die erneute Mobilisierung der als Bindemittel auskristallisierten Salze oder allenfalls die Wiederbefreiung eingeschlossenen fossilen Porenwassers vorstellen? Öffnen sich größere Räume — und hier kann es sich nur um Klüfte handeln —, so können wenig konzentrierte Oberflächenwässer in die Tiefe gelangen und dort wandern. Sollten noch fossile Restwässer vorhanden sein, so entstünde an der Grenze zwischen Kluft- und Porenraum ein Konzentrationsgefälle von Salzwasser zum Süßwasser hin, das die fossilen Wässer zur Überwindung der kapillaren, sie in den Poren festhaltenden Kräfte befähigt; salzhaltige Wässer passieren Poren leichter, als elektrolytarme Wässer. Zumeist wäre aber folgender Vorgang zu denken. Die eingedrungenen Oberflächenwässer beginnen mit der Lösung salinaren Bindemittels an den Kluftwänden, wodurch die Poren infolge Verlustes von Bindemittel erweitert werden. In den nun größer gewordenen Poren können die lösenden Wässer immer weiter in die von Klüften umgebenen weniger permeablen Gesteinsqua-

der vordringen; die an den Kontakten entstehenden Salzlösungen strömen infolge Konzentrationsgefälle in den Kluftraum ein. Solange kein vollkonzentriertes Salzwasser entstanden ist — und man hat es weder im Buntsandstein noch in Sandsteinen anderer Formationen von ähnlicher Entstehung bisher gefunden —, besteht immer noch ein Konzentrationsgefälle; das Porensalz kann also völlig gelöst werden. Durch Diffusion könnte sich während langer Zeiträume im Kluftraum ein ziemlich gleichmäßig konzentriertes Mineralwasser ausbilden.

Aus diesen Erkenntnissen läßt sich ableiten, wo man im Buntsandstein, aber sinngemäß auch in anderen Formationen, Tiefenwässer antreffen kann. Wo der Buntsandstein an den Flanken der Hebungsgebiete breit ausstreicht, hat der unterirdische Wasserkreislauf den Gesteinskörper bis in die feinsten Poren und Klüfte ausgespült; hier „vorn" trifft man auf die für Sandsteine als typisch angesehenen weichen, kaum mineralisierten Wässer. Wo aber die Sandsteine unter die nächst höhere Schicht, den Muschelkalk, tauchen, bergen sie ausgedehnte Mineralwasser-Körper. „Hinten" unter der abermals nächsten Schichtstufe des Keupers nimmt infolge größerer Tiefenlage und höherer Belastung die Kluftdichte meist ab; weniger durchlässige Gesteinskörper verhindern die Ausbildung ergiebiger Mineralwasser-Körper. Doch können auch noch hinter dieser rückwärtigen Grenze schmale Mineralwasser-Züge tief ins „Hinterland" vorstoßen, wenn hier ziehende Verwerfungen oder Aufwölbungszonen durch offene Kluftnetze begleitet sind; diese laden zur Bildung, Speicherung und Wanderung von salinaren Tiefenwässern ein. Die Mineralwasser-Verbreitung dürfte also etwa den Verlauf der Stufenränder und einzelner tektonischer Zonen nachzeichnen (CARLÉ 1958 a, Abb. 6).

V. Mineralwässer in Abtragungs- und Aufschüttungsräumen — ein Vergleich

Überblicken wir die großen Zeitspannen erdgeschichtlicher Entwicklung, so löst sich das heute so statisch anmutende Bild in einen beweglichen Film auf (Abb. 6 und 7). Entsprechend der Hebung der Schilde wurden und werden die Stufenränder rückwärts geschoben; zusammen mit den Stufenrändern wandern auch die Mineralwasser-Körper rückwärts. Jeweils wird „vorn" am Stufenrand das Salzwasser durch Wegführen im Wasserkreislauf zerstört, wird aber „hinten" neues Mineralwasser entweder gesammelt oder durch Lösung geschaffen; dies verharrt zunächst in fast vollkommener Ruhe — es sei denn, der Mensch erschließe es mittels Bohrungen und greife damit die einer geologischen Zukunft vorbehaltenen Schätze an. Im Augenblicksbild stellen die Tiefenwässer des süddeutschen Schichtstufenlandes einzelne große, im Verhältnis zur flä-

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

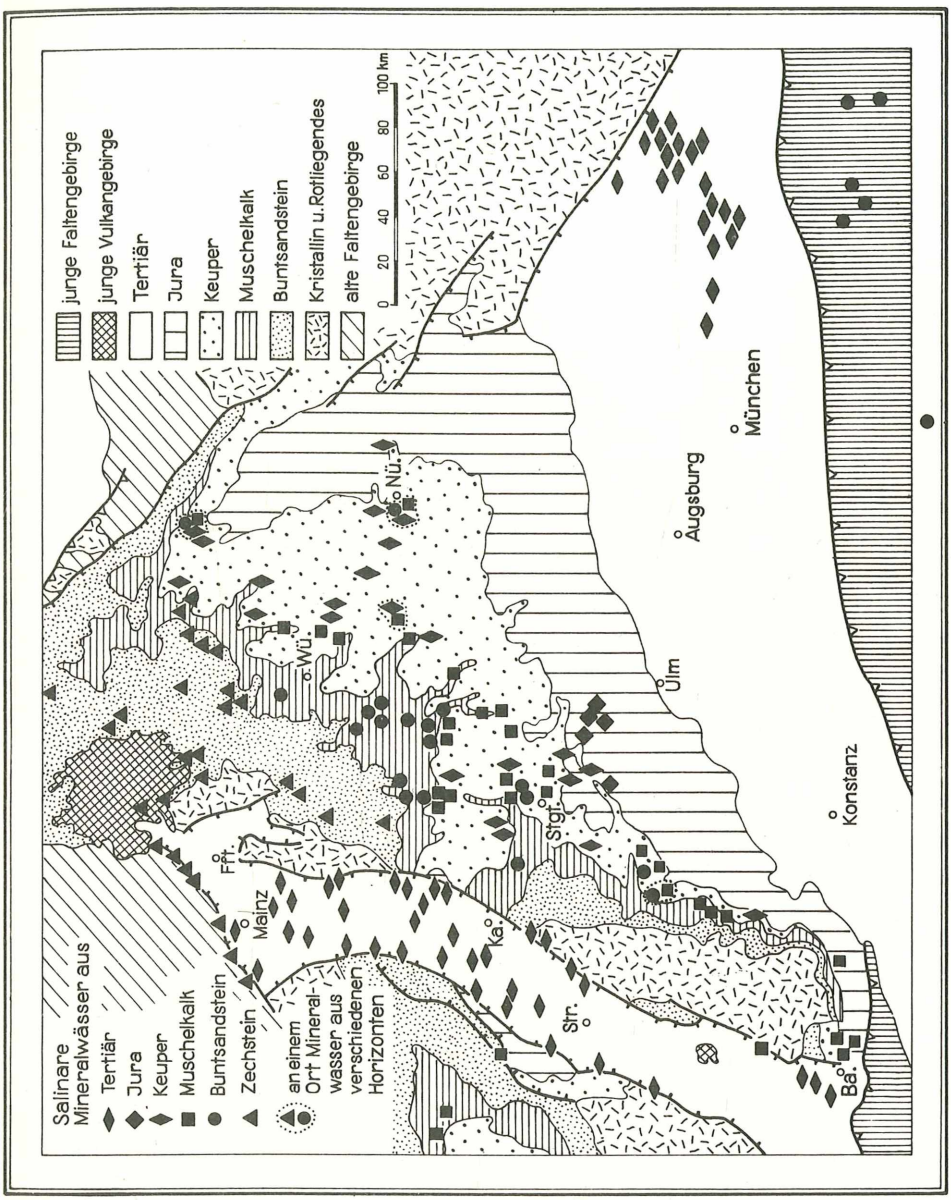

Abb. 1

Abb. 1: Die salinaren Mineralwässer im Rahmen des geologischen Baues von Süddeutschland.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

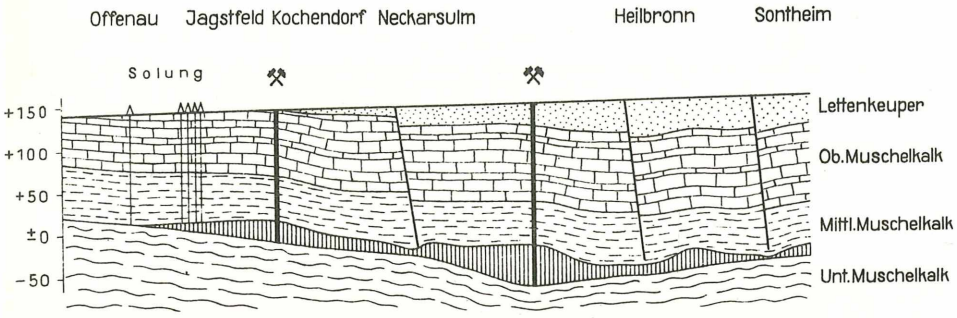

Abb. 2

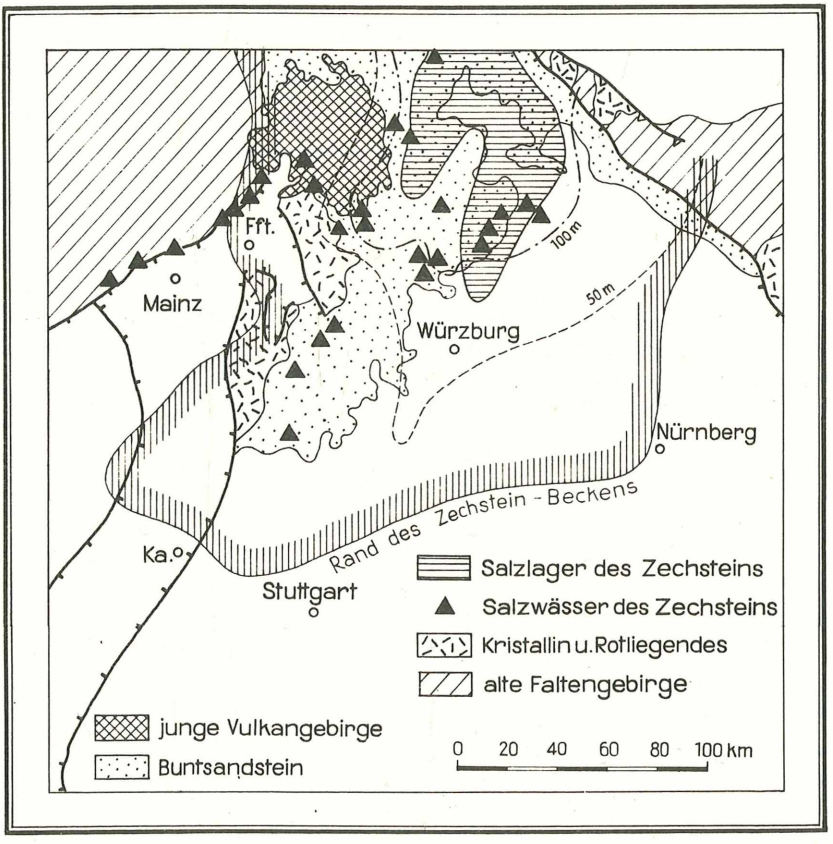

Abb. 3

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Geologischer Schnitt durch den Raum Heilbronn entlang des Neckartales (unter Benützung der Unterlagen von Herrn Dr. HELMUT WILD). Senkrecht schraffiert = Salzlager des Mittleren Muschelkalks. Dargestellt sind die Schächte der Salzbergwerke Kochendorf und Heilbronn, sowie die Solebohrungen der Salinen Jagstfeld, Wimpfen und Offenau.

Abb. 3: Salinare Mineralwässer im Zechstein. Diese Vorkommen reichen weit über die Verbreitung des Zechstein-Salzes hinaus. Die mit 100 m und 50 m bezeichneten Kurven geben die Mächtigkeit der Zechstein-Schichten an; der Rand des Zechstein-Beckens ist mit der 0 m-Linie gleichzusetzen.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

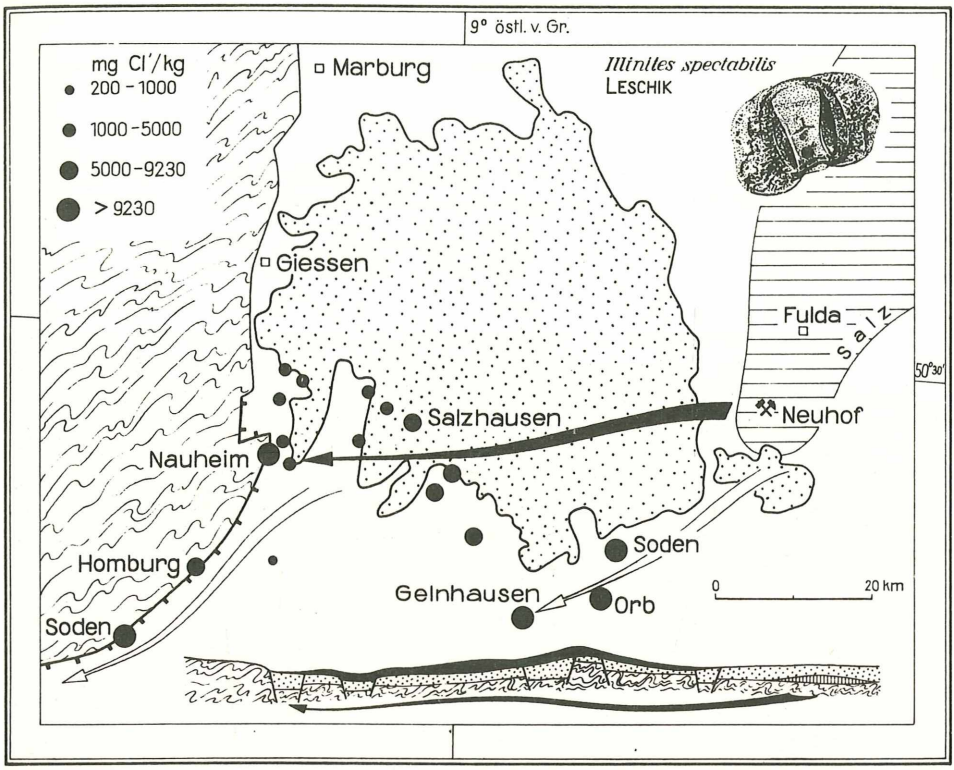

Abb. 4

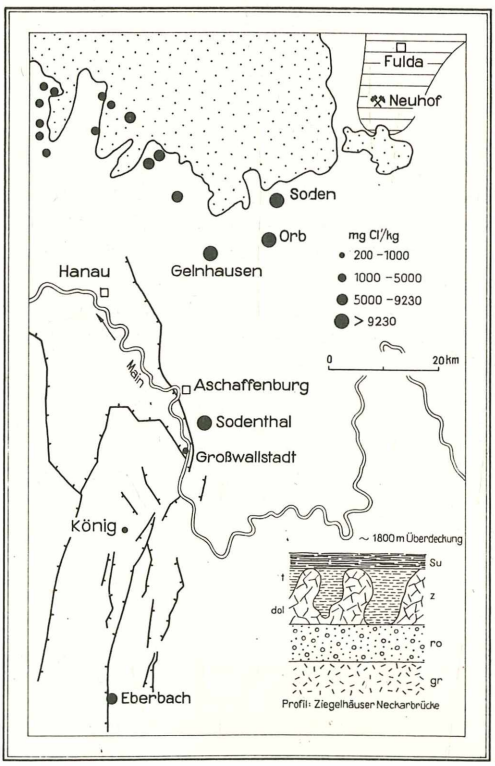

Abb. 5

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Durch natürliche Sporendrift nachgewiesene Wanderung von Zechstein-Solen zwischen Fulda und Bad Nauheim (nach Angaben von DOMBROWSKI 1960). Links das Faltengebirge des Rheinischen Schiefergebirges; in der Mitte die vulkanischen Decken des Vogelsberges. In der rechten oberen Ecke eine der repräsentativen Zechstein-Sporen (*Illinites spectabilis* LESCHIK). Schwarzer Pfeil = nachgewiesener Sole-Wanderweg, helle Pfeile = vermutete Wanderwege, dunkle Scheiben = Salzwasser-Vorkommen. Im Schnitt: unten Faltengebirge, darüber senkrechte Schraffen = Salz, Punkte = Trias, vorwiegend Buntsandstein, darüber schwarz = vulkanische Decken des Vogelsberges.

Abb. 5: Räumliche Beziehung des Mineralwasser-Vorkommens von Eberbach zu anderen Zechstein-Mineralwässern und zum Zechstein-Salz bei Fulda. Links oben der Südteil des vulkanischen Vogelsberges; Zackenlinien = Verwerfungsfeld des hinteren Odenwaldes.
Im schematischen Profil: su = Unterer Buntsandstein (Bröckelschiefer, z = Zechstein (t = Tone in Karsttaschen, dol = verkarsteter Dolomit), ro = Rotliegendes, gr = Granit.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

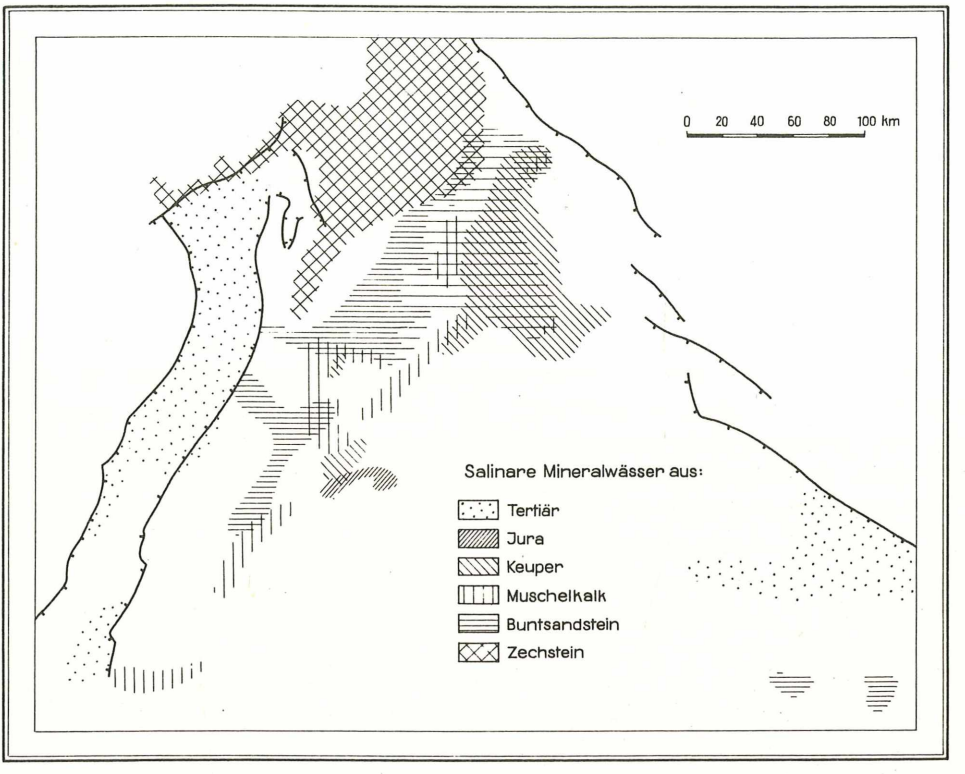

Abb. 6

Abb. 6: Versuch einer Darstellung der flächenhaften Verbreitung von salinaren Mineralwässern in den Schichten Süddeutschlands.

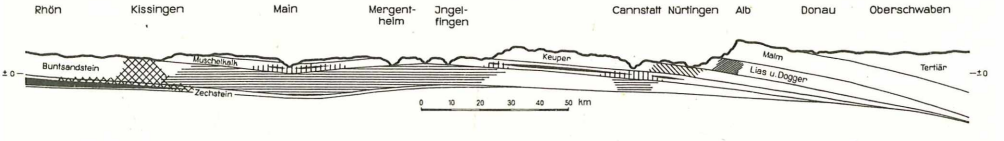

Abb. 7

Abb. 7: Schematischer Schnitt von der Rhön bis Oberschwaben mit mutmaßlicher Verbreitung salinarer Mineralwässer in den einzelnen Schichten. Schwarz = Salzlager des Zechsteins und Muschelkalks. Die anderen Signaturen entsprechen denjenigen von Abb. 6.

chenhaften Ausdehnung aber sehr dünne, zerlappte und durchlöcherte Körper dar. Die einzelnen stratigraphisch verankerten „Platten“ überlappen sich entsprechend dem Bau der Stufenlandschaft.

In starkem Gegensatz hierzu stehen die Tiefenwässer im Tertiär. Sie füllen schüsselartige Becken auf, deren viel jüngere Gesteine einen viel geringeren Grad der Diagenese erlitten haben, als die Gesteine des Schichtstufenlandes. Hier besteht eine viel größere Möglichkeit der Erhaltung fossiler Wässer aus dem Bildungsmilieu der umgebenden Gesteine. Freilich müssen auch hier beträchtliche Wasserwanderungen stattgefunden haben, wie anders wollte man erklären, daß mit Sicherheit limnisch entstandene Schichtpakete Mineralwässer von Meerwasserkonzentration enthalten. Im Oberrhein-Graben treten zu diesen syngenetischen Salzwässern mit Sicherheit auch noch solche hinzu, die der Ablaugung der im Untergrund des tektonisch außerordentlich stark zerstückelten Grabens verborgenen Salzflözen entstammen. Im Zusammenwirken beider Vorgänge ist der Oberrhein-Graben ein riesiger Thermal-Sole-Speicher geworden, dessen Zerstörung noch kaum begonnen hat. Im Gegensatz dazu scheint die Zerstörung des Salzwasserkörpers in der ostbayrischen Molasse bereits im Gange zu sein; die Durchspülung des Gesteinskörpers zum Vorfluter der Donau hin hat schon beträchtliche Teile des Untergrundes entsalzt (LEMCKE & TUNN 1956).

VI. Schlußbetrachtungen

Hier konnte ein weiteres großes Fragengebiet nicht behandelt werden, die Diagenese der Tiefenwässer selbst. Die Wässer reagieren durch Stoff-Aufnahme und -Abgabe mit dem Nebengestein, sei es durch Lösung oder Ausfällung, durch Kationenaustausch. Sie reagieren mit ihresgleichen durch Diffusion und Mischung. Auch in dieser Hinsicht harrt ein großes Material der Auswertung.

Einige Worte noch zu den im Untergrund enthaltenen Mineralwassermengen. Versucht man den Inhalt einzelner Tiefenwasserkörper zu summieren, so erhält man auch bei vorsichtiger Schätzung gewaltige Mineralwassermengen. Auf Grund der berechtigten Annahme, daß im fränkischen Buntsandstein unter 1 km^2 1,25 Mio m^3 Mineralwasser enthalten sind, würde allein derjenige Teil der Formation, in dem Wässer durch Bohrungen nachgewiesen sind und der eine Fläche von etwa 4000 km^2 einnimmt, die unvorstellbare Menge von 5 km^3 Mineralwasser enthalten sein. Und doch ist diese Menge klein im Vergleich zum größten Mineralwasser-Vorkommen der Erde, dem Weltmeer; sie steht zum Inhalt der Ozeane im Verhältnis 1 : 274,4 Millionen.

© Landesmuseum für Bu[illegible] www.biologiezentrum.at

LITERATUR:

BECKSMANN, E.: Die König-Heinrich-Quelle in Eberbach. — Eberbacher Geschichtsblätter *59,* 11 S. Eberbach am Neckar 1960.

CARLÉ, W.: Bau und Entwicklung der südwestdeutschen Großscholle. — Beih. geol. Jb. *16,* 272 S. Hannover 1955.

CARLÉ, W.: Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung in Bad Mergentheim (Buntsandstein, Zechstein, Mineralwasser). — Jb. f. Statistik u. Landeskd. v. Baden-Württ. *2,* S. 229—260. Stuttgart 1956.

CARLÉ, W.: Bewegte und ruhende, vorwiegend salinare Tiefenwässer in Süddeutschland. — Heilbad u. Kurort *10,* S. 30—39, Gütersloh 1958 (1958a).

CARLÉ, W.: Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheintal-Graben und seiner weiteren Umgebung. — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. *40,* S. 77—105, Stuttgart 1958 (1958b).

DOMBROWSKI, H. J.: Probleme und Ergebnisse der Balneobiologie. — Münch. med. Wochenschr. *102,* S. 526—529, München 1960.

LEMCKE, K. & TUNN, W.: Tiefenwasser n der süddeutschen Molasse und in ihrer verkarsteten Malmunterlage. — Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing. *23,* S. 35—56, Bern 1956.

WILD, H.: Mineralwasseraufbrüche im Stadtgebiet von Heilbronn und die natürliche Ablaugung des Steinsalzlagers im Mittleren Muschelkalk. — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. *39,* S. 73—85, Stuttgart 1957.

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): Carlé W.

Artikel/Article: Salinare Tiefenwässer in Süddeutschland. 5-14