

Das Salzlager des Mittleren Muschelkalkes in süddeutschen Raum, Schichtenfolge und Ausbildung—Rückschlüsse auf die Genese

Helmut Wild

*Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Zweigstelle
Stuttgart, Urbanstrasse 53, D 7000 Stuttgart 1*

ZUSAMMENFASSUNG

Im nördl. Württemberg sind im Mittl. Muschelkalk 3 Salzsedimentationszyklen mit folgendem Aufbau bekannt: grobspätiges Unt. Salz (12–18 m mächtig), fein- bis mittelspätiges Bändersalz (8–10 m) mit 2 Anhydritbänken und grobspätiges, meist stärker verunreinigtes Ob. Salz (10–15 m). Nach Schachl (1954) wurde sowohl das Unt. als auch das Obere Salz nach einer ursprünglich geschichteten Ausbildung zu grobspätigem Salz umkristallisiert. Dabei entstand eine nur selten auftretende vertikale Streifung. Im Unt. wie im Ob. Salz ist eine nach oben zunehmende Verunreinigung (Ton, Anhydrit) zu beobachten. Diese Umkristallisation mußte z. B. beim Unt. Salz vor Ablagerung des hangenden Bändersalzes erfolgt sein. Dafür spricht auch das vielfach napfartige Eintauchen des geschichteten Bändersalzes in das Unt. Salz. Bemerkenswert ist auch das Auftauchen von sog. „Pilzen“—d. s. mit einer Tonsteinhülle umgebene Anhydritaufwölbungen—aus dem liegenden Anhydrit. Vermutlich kam es nur im Innern von synsedimentär entstandenen, flachen Mulden zur Ausbildung u. Erhaltung von mehreren Salzyklen. Am Rande solcher flacher Mulden muß das Salz vielfach primär wieder aufgelöst bzw. „gekappt“ worden sein, wobei die Lösungsfläche mitten durch die Folge eines Ausscheidungszyklus gehen kann. Über einer solchen Lösungsfläche folgt unmittelbar geschichteter Anhydritstein der nachfolgenden Ob. Anhydritregion. Nur unter besonders günstigen Bedingungen kam es noch zur Ausbildung eines 4. Sedimentationszyklus (Übergangsregion: Wechsel von Salz, Anhydrit und Tonstein).

Wenn auch die Mächtigkeit des Salzlagers im Mittleren Muschelkalk in Süddeutschland im Verhältnis zu anderen Lagerstätten gering ist, so sind doch sein Aufbau und die darin enthaltenen Besonderheiten um so bemerkenswerter.

Die frühzeitige Entdeckung dieses Lagers und auch die frühe wirtschaftliche Erschließung—das Königsreich Württemberg besaß in Wilhelmshäfen bei Schwäbisch Hall in außeralpinen Raum das älteste Salzbergwerk von Mitteleuropa—ist dem Umstand zu verdanken, daß der Mittlere Muschelkalk relativ hoch in der Schichtenfolge des süddeutschen Raumes liegt.

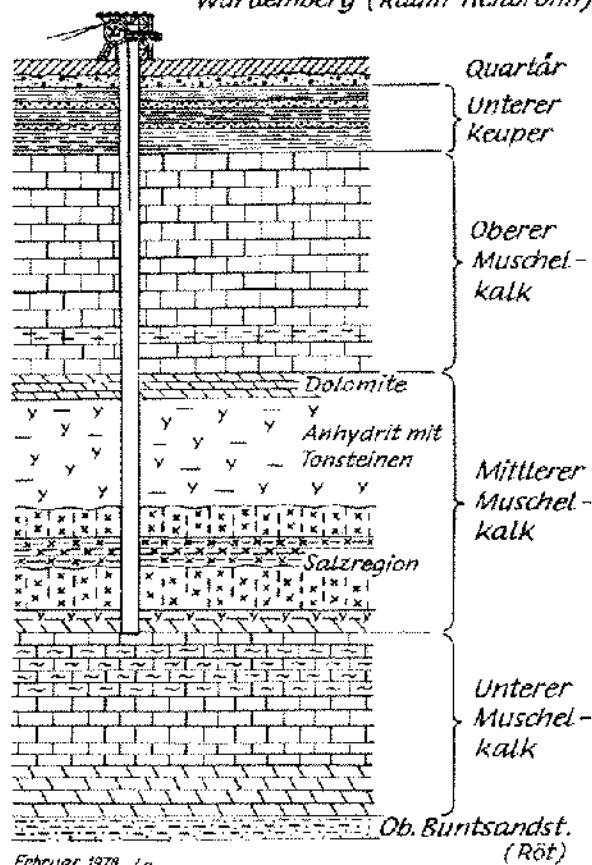
Seit den Darlegungen von G. Bestel (1929) ist die Entstehung der Salzlagerstätten im Mittleren Muschelkalk—zumindest im süddeutschen Raum—in einem einheitlichen Meeresbecken wohl allgemein anerkannt. E. Schachl hat

dies nach umfangreichen Untersuchungen in den Salzbergwerken Heilbronn, Bad Friedrichshall-Kochendorf und Stetten/Haigerloch noch einmal bestätigt. Wir werden sehen, daß wir diese Aussage variieren müssen.

Die Schichtenfolge des Mittleren Muschelkalkes mit seinem Salzlager ist eingebettet in eine Kalkausscheidungsfolge im Liegenden und eine solche im Hangenden, d. h. in eine rd. 70 m-Kalk- und Kalkmergelfolge des Unteren Muschelkalkes und in eine rd. 85 m-Kalkfolge des Oberen Muschelkalkes.

Der Aufbau dieser Schichten ist im nördlichen Württemberg, im Heilbronner Raum, besonders sorgfältig untersucht worden. Die Lage des Muschelkalk-Salzes innerhalb der Muschelkalk-Folge im nördlichen Württemberg zeigt Fig. 1.

Lage des Mittleren Muschelkalk-Salzes innerhalb der Muschelkalkfolge im nördlichen Württemberg (Raum Heilbronn)



Figur 1. Lage des Mittleren Muschelkalk-Salzes.

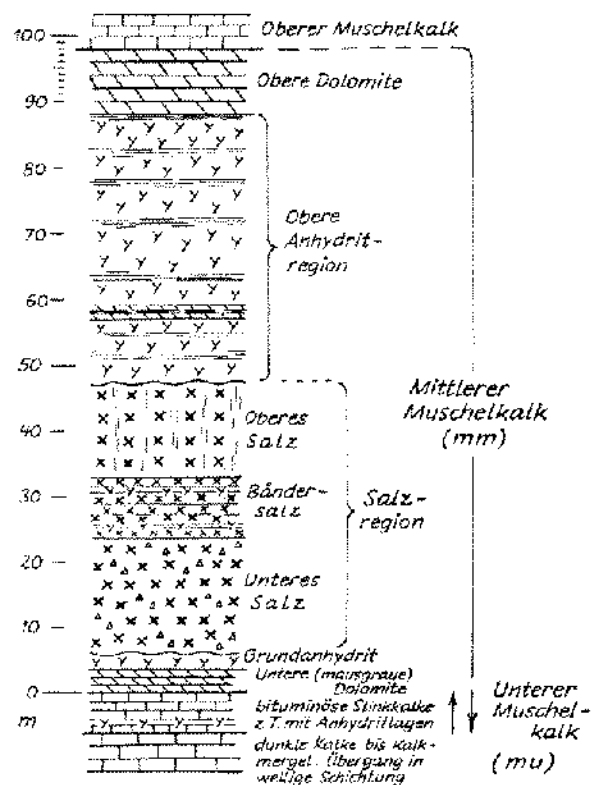
Der Aufbau und die Gliederung des Mittleren Muschelkalkes—wie sie sich im Heilbronner Raum darstellen—ist aus der Fig. 2 zu ersehen:

Das "Untere Salz" ist grobspätig ausgebildet, etwa 12–18 m mächtig und enthält, besonders im oberen Abschnitt, mehr oder weniger große Anhydritknoten und Tonfetzen. Besonders auffallend ist eine deutlich erkennbare vertikale Streifung. Darüber lagert—scharf abgegrenzt—das Bändersalz. Es ist rhythmisch geschichtet, fein- bis mittelspätig, mit einer 5–8 cm starken, hellen und dunklen Bänderung und enthält zwei charakteristische Anhydritbänke, die über eine größere Entfernung verfolgbare sind.

Das darüberfolgende "Obere Salz" ist ebenfalls grobspätig und besitzt eine sehr ähnliche Ausbildung wie das Untere Salz.

Im engeren Heilbronner Raum ist eine solche dreigeteilte, zyklische Salzfolge mit einer Mächtigkeit von ca. 40 m gegeben. Schon wenige Kilometer weiter nördlich, im Raum Bad Friedrichshall, ist bei etwa gleicher Mächtigkeit des Unteren Salzes das Salzlager nur noch 20–25 m mächtig. Das Bändersalz ist nur noch etwa 4–5 m stark; das Obere Salz fehlt. Über dem Rest des

Normalprofil des Mittleren Muschelkalks im Heilbronner Raum



Figur 2. Normalprofil des Mittleren Muschelkalks im Heilbronner Raum.

Bändersalzes lagert unmittelbar die in nordwürttembergischen Raum überall etwa 45 m mächtige Obere Anhydrit-region. Die Ausbildung des Salzlagers im Raum Friedrichshall-Kochendorf zeigt die Fig. 3.

Hier ist auch das Eintauchen des Bändersalzes in das Untere Salz zu erkennen, eine Erscheinung, die für die Erkenntnisse über die Entstehung des Salzlagers bemerkenswert erscheint. Ferner ist hier noch das oft unvermittelte Aufwölben des Grundanhydrits (sog. "Pilze") zu erwähnen.

Aus dem eben Dargelegten ist zu folgern, daß wir hier einen mehrfachen Ausscheidungszyklus—mit zeitlichen Unterbrechungen—vor uns haben. Schon Schacht (1954) hat festgestellt, daß sowohl das Untere Salz als auch das Obere Salz nach einer wohl ebenfalls geschichteten Ablagerung einer Fastauflösung und anschließend einer Rekristallisation unterworfen war, wobei es zur grobspätigen Ausbildung und der erwähnten senkrechten Streifung kam.

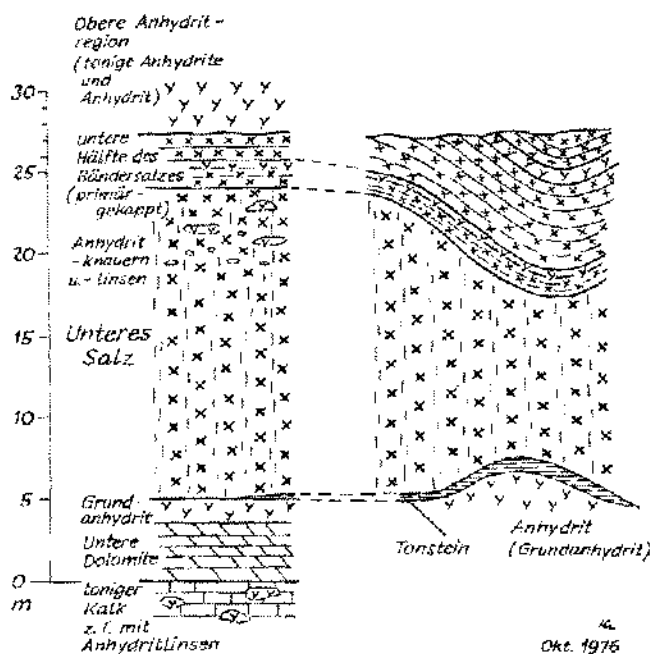
Das in einem zeitlichen Abstand nach dem Unteren Salz sedimentierte Bändersalz ist einer solchen Umkristallisation nicht unterzogen worden.

In den 60er Jahren wurde allerdings entdeckt, daß westlich von Heilbronn über dem Oberen Salz eine weitere

Salzwerk Kochendorf Ausbildung des Salzlagers im Mittleren Muschelkalk

Ausbildung in
der Nähe des
Schachtes :

Ausbildung in
verschiedenen
Abbaustrecken :

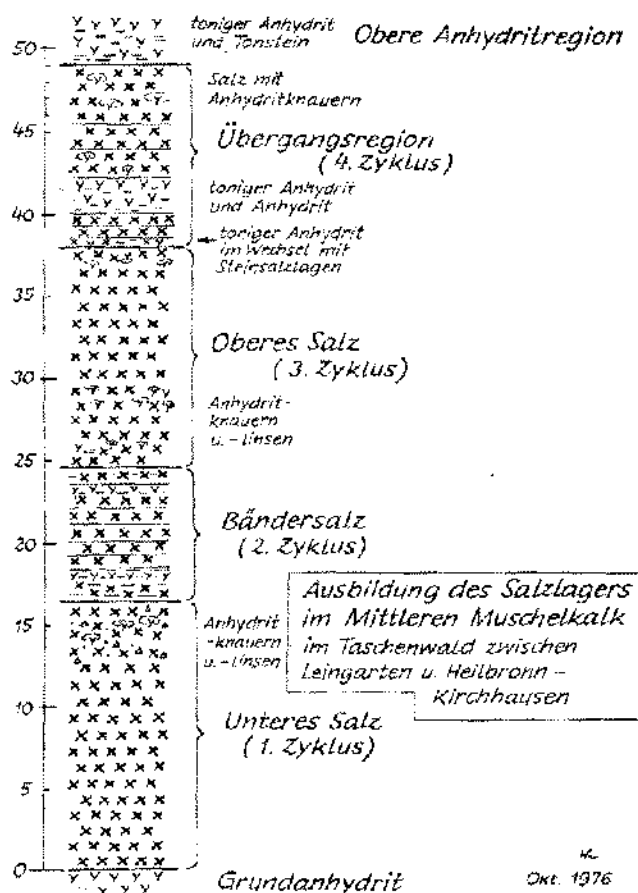


Figur 3. Salzwerk Kochendorf. Ausbildung des Salzlagers im Mittleren Muschelkalk.

geschichtete Salzfolge vorhanden ist, die ich "Übergangs-region" nannte: ein 4. Ausscheidungszyklus. Die in Nordwürttemberg am mächtigsten, aber nur an wenigen Stellen entwickelte gesamte Schichtenfolge des Salzlagers (mit 4 Sedimentationszyklen) ist aus der Fig. 4 zu erschen.

Dieser 4. Zyklus besteht im wesentlichen aus einer Wechsellagerung von geschichtetem Salz und Anhydritlagen (Wild 1973). Eine Folge von 3 oder 4 Zyklen konnte anscheinend nur ausgeschieden und erhalten werden, wenn—wie noch zu erwähnen ist—besondere Voraussetzungen gegeben waren. Eine weitere Besonderheit ist das Auftreten von oft kopf- bis mannsgroßen Anhydritknollen oder -brocken, die sich im oberen Teil des Unteren Salzes häufen. Von besonderer Wichtigkeit ist es aber, daß es gelang, im Unteren Salz an ganz wenigen Stellen das Vorhandensein von geschichtetem Salz nachzuweisen. Naturgemäß tritt dieses nur im untersten Teil des Salzlagers auf. Es ist geschichtet und fein- bis mittelspätig ausgebildet.

Für die Entstehung der erwähnten, etwa 5–8 m langen und 3–4 m hohen Aufwölbungen haben wir noch keine fundierte Erklärung; es scheint jedoch ein Zusammenhang zu bestehen zwischen den vielfach aneinandergereihten "Pilzen" und den eingetauchten "Näpfen", die weit in das



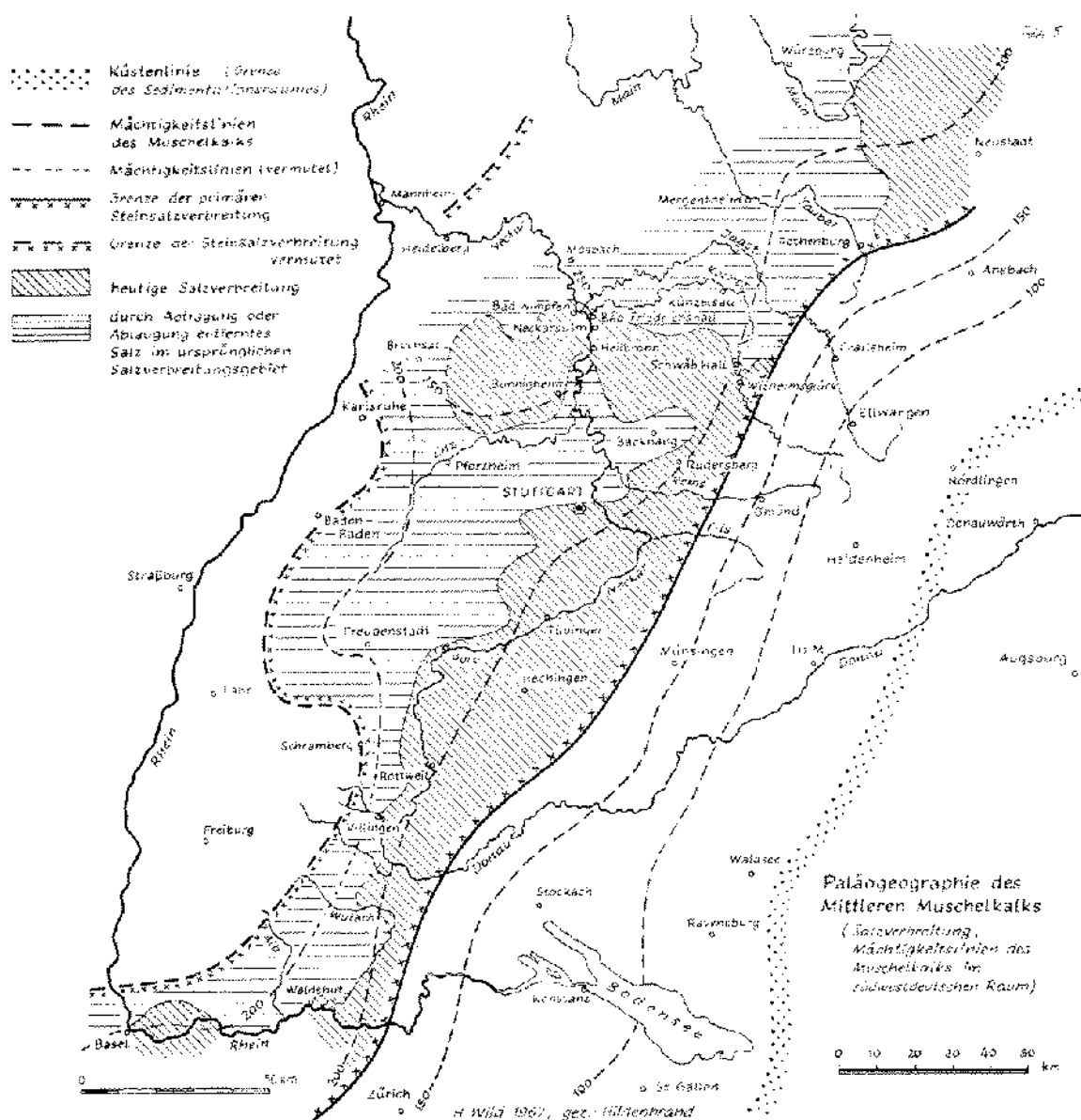
Figur 4. Ausbildung des Salzlagers im Mittleren Muschelkalk im Taschenwald.

Untere Salzlager hineinreichen und solche "Pilze" sogar berühren können. Auf jeden Fall müssen sie vor der Ablagerung des 2. Zyklusses, dem Bändersalz, entstanden sein, da es Anlagerungsstrukturen von Bändersalz an solchen "Pilzaufwölbungen" gibt. Hier liegt wohl noch ein interessantes statisches Problem verborgen.

Welche Folgerungen sind aus den eben beschriebenen Gegebenheiten im Hinblick auf die Genese zu ziehen? In welchem Abschnitt des Mittleren Muschelkalk-Meeres konnte das Salz ausgeschieden und erhalten werden?

Bis vor wenigen Jahren wurde allgemein angenommen—das hat Schachl (1954) noch stark betont, und auch ich habe vor Jahren noch diese Ansicht vertreten —, daß das Salz im Beckeninnern weitgehend gleichmäßig in einem einheitlichen Meeresbecken zur Ausscheidung kam. Die schon früher bekannten Mächtigkeitsschwankungen bzw. Verminderungen des Salzlagers wurden weitgehend auf Subrosion zurückgeführt.

Aus der Fig. 5 (Paläogeographische Karte des Mittleren Muschelkalkes) ist der Raum zu erkennen, in dem es in Süddeutschland zur Ausscheidung von mehr oder weniger mächtigem Salz kommen und dieses auch erhalten bleiben konnte.



Figur 5. Paläogeographie des Mittleren Muschelkalks.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß es zur Mittleren Muschelkalk-Zeit noch keine unmittelbare Verbindung über die Rhonepforte zur südlichen Thetys gab. Wir müssen jedoch eine schmale Verbindung des süddeutschen Muschelkalk-Salinars mit dem nördlichen Hauptbecken annehmen.

Die Auswertung vieler Bohrungen im nördlichen Baden-Württemberg in den letzten Jahren ließ jedoch erkennen, daß die Voraussetzungen für die Salzausscheidung wohl in einem einheitlichen, relativ schmalen Becken gegeben waren, die Salzbildung selbst und vor allem die Salzerhaltung jedoch viel differenzierter waren.

Es konnte beobachtet werden, daß auch auf engem Raum bei sonst gleichen geologischen und tektonischen Voraussetzungen, auch unter großer Keuperbedeckung in Tiefen

von mehreren hundert Metern, sehr unterschiedliche Mächtigkeiten des Salzes vorhanden sind.

Angesichts der großen Tiefen des in diesen Gebieten erbohrten Salzes, der ungestörten Lagerung der Schichten in diesem Bereich und der nahezu gleichen Mächtigkeiten der hangenden Anhydrit-Schichten—der Oberen Anhydrit-Region—müssen wir für diese Fälle Subrosion ausschließen und annehmen, daß diese starken, unterschiedlichen Salzmächtigkeiten primär bedingt, daß primäre Unterschiede in der Ausscheidung bzw. in der Erhaltung des Salzes gegeben waren. So kann die Grenzfläche zwischen dem Salz und dem hangenden Anhydritstein durch die verschiedensten Abfolgen des Salzes ziehen: etwa durch die obere Hälfte des Unteren Salzes, mitten durch das Bändersalz oder oberhalb des Oberen Salzes. Selbstver-

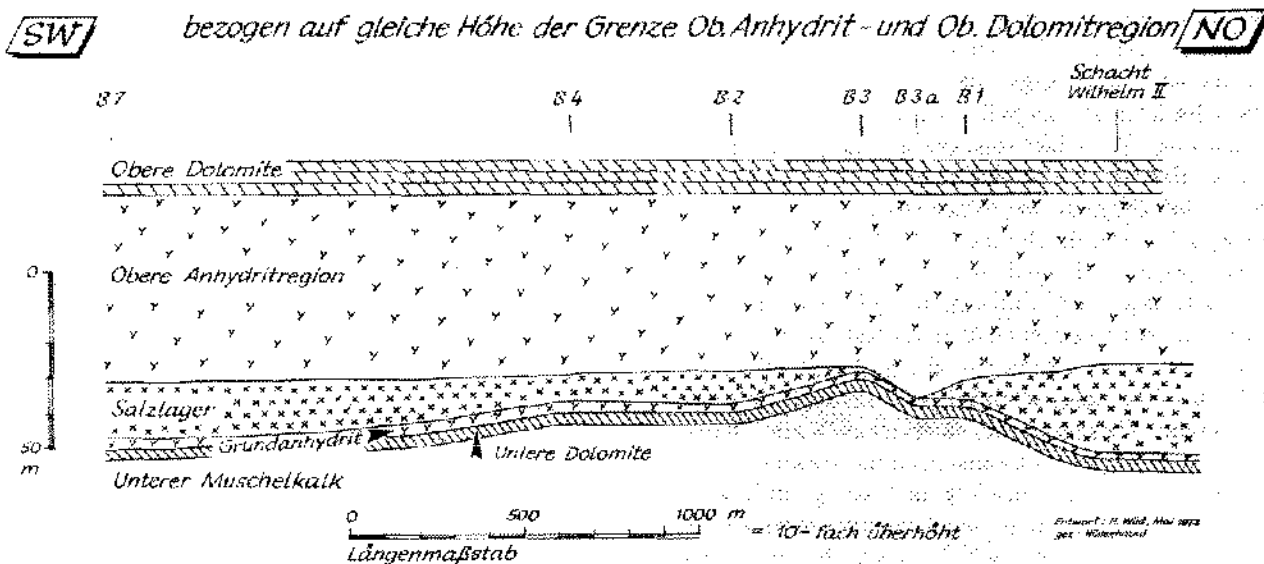
ständig gibt es auch hier—z.B. bei höherer tektonischer Lagerung oder bei Störungen—echte, viel später eingetretene Subrosionserscheinungen.—Auf diese soll aber hier nicht eingegangen werden.

Die ursprüngliche Salzoberfläche bildet—sieht man von späteren, also posttriadischen Bewegungen ab—eine mehr oder weniger gewellte Ebene. Man kann also von einer Art Ablaungs- bzw. Korrosionsfläche, die in einer bestimmten Lage durchzieht, sprechen. Dies kann an den Ergebnissen von Untersuchungsbohrungen westlich von Bad Friedrichshall-Kochendorf gezeigt werden. Die etwas wellige, aber weitgehend ebene Ablaungsfläche kommt deutlich zum Ausdruck, wenn—was hier berechtigt ist—die Profilverläufe auf die Grenze Obere Anhydritregion/Obere Dolomite bezogen sind und somit spätere tektonische Verbiegungen in der Darstellung ausgeschaltet werden.

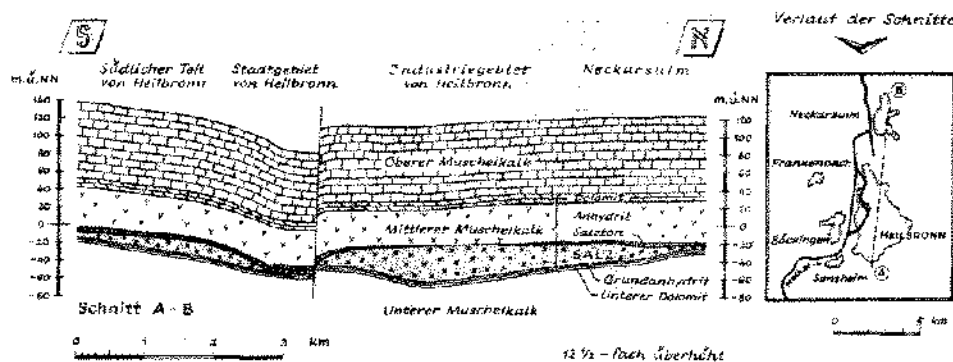
Aus Fig. 6 ist die zwar etwas gewellte, aber doch fast horizontal durchziehende Salzoberfläche und die Zunahme der Salzmächtigkeit mit der nach SW gerichteten, flachen Einmündung des Liegenden zu erkennen. Im Bereich von Schwellen sind Aufarbeitungs- und wahrscheinlich auch Erscheinungen von einer primären Ausräumung des Salzes festzustellen. In solchen Fällen wird das entfernte Salz durch Anhydrit oder Tonstein ersetzt.

Fig. 7 zeigt die flache, weitgespannte Mulde bei Heilbronn mit dem dazugehörigen Salzlager. Das Auskeilen des Salzes ist hier allerdings weitgehend durch das tektonische Ansteigen der Schichten im Norden der "Heilbronner Mulde" bedingt. Hier ist wohl echte Subrosion wirksam gewesen.

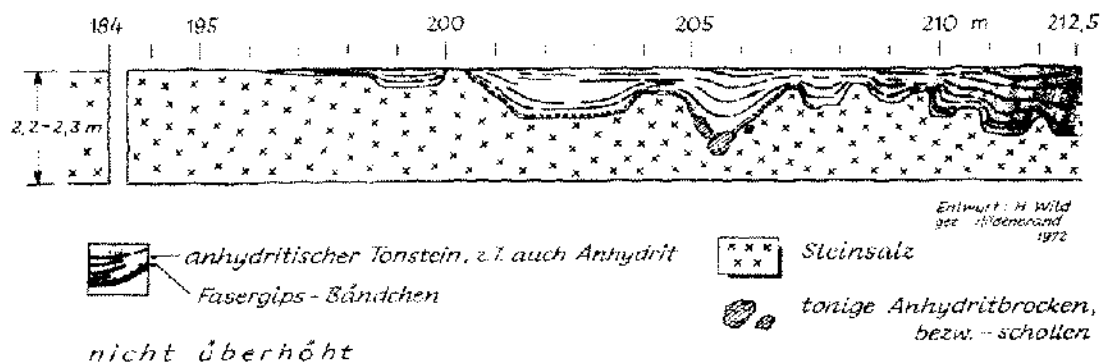
Verfolgt man die Grenzfläche Salz/Hangender Anhydrit im Detail, so erkennt man die schon erwähnten welligen



Figur 6. Schnitt durch die Obere Anhydritregion und das Salzlager westlich des Salzwerkes Kochendorf.



Figur 7. Salzmächtigkeiten im Heilbronner Raum und Schichtlagerung unter und über dem Salz, dargestellt an 2 Schnitten.



Figur 8. Verlauf der Grenze zwischen Salz und hängendem Anhydrit in einer Wetterstrecke des Salzbergwerks Kochendorf.

Formen der Salzoberfläche,—einer Art Korrosionsfläche infolge submariner Wiederauflösung. Weiterhin ist dort zu beobachten—und das erscheint wichtig—wie sich der hängende Anhydritstein förmlich in diese Unebenheiten, in diese kleinen Vertiefungen, einfügt und wie sich die Verbiegungen nach oben ausgleichen.

Die Schwankungen der Salzmächtigkeiten gehen keineswegs mit einer Zu- oder Abnahme der hängenden Anhydritregion Hand in Hand. Wie schon kurz erwähnt, wird vielmehr die Zunahme der Mächtigkeit des Salzes zum überwiegenden Teil durch eine flache Vertiefung bedingt: eine weit gespannte Einmuldung der Liegendschichten.

Das Salz lagert auf diesen Schichten konkordant; die Muldenform ist also sicher *nicht* erosiv bedingt. Die Mächtigkeiten des *liegenden* Anhydrits oder der Unteren Dolomite sind durch solche Salzmächtigkeitsschwankungen in keiner Weise berührt. Sie sind in dem untersuchten Raum, in dem solche Salzmächtigkeitsschwankungen nachgewiesen sind, erstaunlich gleichartig, -mächtig und völlig unabhängig von der Ausbildung und Stärke des darüberliegenden Salzes.

Daraus müssen wir den Schluß ziehen, daß diese weitgespannten Mulden *nur nach* der Ablagerung des Grundanhydrits und während der Salzbildung—also syngenetisch—entstanden sind, wie das auch Hauber auf diesem Symposium dargelegt hat (s. auch Hauber, 1971). Diese Erkenntnisse werden bestätigt, wenn man für einen etwas größeren, überschaubaren Raum die Salzmächtigkeitskurven zusammenstellt, wo in dem dargestellten Gebiet etwa die gleichen tektonischen Verhältnisse und Überdeckungen vorliegen (Fig. 9: Kurven gleicher Salzmächtigkeit am unteren Neckar).

FOLGERUNG

1. Auch im süddeutschen Raum müssen innerhalb des allgemeinen, triadischen, epirogenen Senkungsraumes zur Zeit des Mittleren Muschelkalkes noch Bewegungen stattgefunden haben, die zur Bildung von flachen Spezialmulden geführt haben, in denen sich Salzlaugen sam-

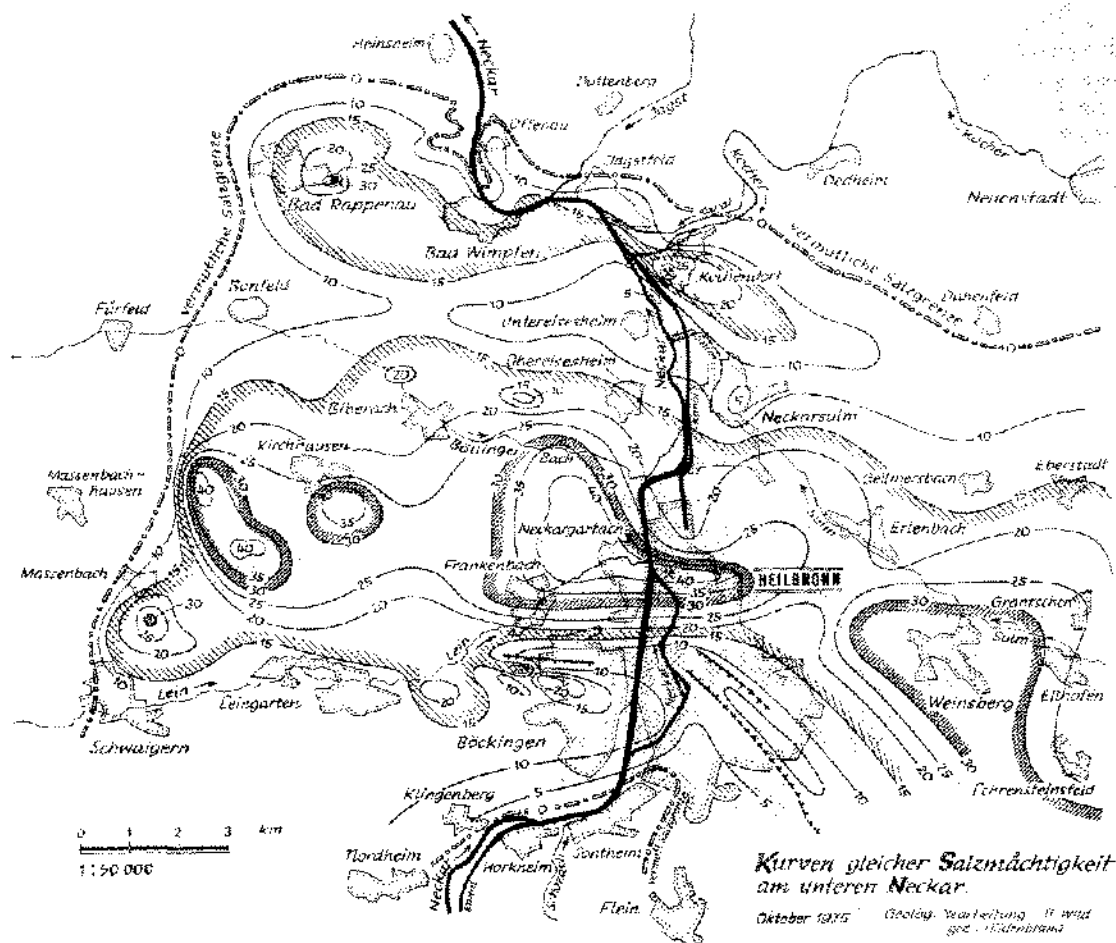
melten, die noch nicht nach Süden, zur Thetys, abgeführt werden konnten.

2. Innerhalb eines solchen Spezialbeckens hat naturgemäß das älteste Steinsalz (Unteres Salz) die größte Verbreitung. Die jüngeren Salzfolgen, also der 2., 3. oder gar 4. Ausscheidungszyklus, sind auf das Innere solcher weiten Beckenformen beschränkt geblieben und konnten *vor allem* nur dort erhalten werden.
3. Die Abscheidungen der einzelnen Salzfolgen müssen zeitlich unterbrochen gewesen sein. Dazwischen können größere Zeiträume liegen. So wurde z.B. das Untere Salz *vor* der Ablagerung des Bändersalzes umkristallisiert (Hydrometamorphose nach Schachl); es wurde stellenweise wieder abgetragen, wobei eine etwas unregelmäßige Lösungsfläche mit Vertiefungen entstand, in die sich das Salz des 2. Zyklusses (Bändersalz) eintiefen bzw. einlagern konnte.
4. Die tektonischen Bewegungen, die zur Bildung der erwähnten flachen Mulden und Schüsseln führten (über-tiefte Depressionen), sind zeitlich zu erfassen: sie müssen etwa über die Dauer der Salzentstehung erfolgt sein und gingen offensichtlich während der Sedimentation des hängenden Anhydrits zu Ende. Den Ausführungen Trusheims (1971) muß also voll zugestimmt werden, wonach "ein im Prinzip syngenetischer Sedimentationsmechanismus anzunehmen ist, bei dem sich Senkung und Auffüllung etwa die Waage hielten".

Es könnte allerdings eingewandt werden, daß die synsedimentäre Bildung solcher Becken viel zu lange dauere, wenn man die Sedimentationsgeschwindigkeit des Salzes dem gegenüberstelle.

Hier scheint ein wichtiger Punkt angesprochen worden zu sein: Schon Trusheim hat 1971 erwähnt—wobei er sich auf Überlegungen von Jung und Sloss stützt —, daß die bisher angenommene Sedimentationsgeschwindigkeit des Salzes zu hoch läge.

Wir müssen also annehmen, daß—zumindest in Süddeutschland—die Bildung der Salzlager doch erhebliche



Figur 9. Kurven gleicher Salzmächtigkeit am unteren Neckar.

Zeiträume in Anspruch genommen hat. Es scheint mir bei diesen Überlegungen bisher nicht genügend berücksichtigt worden zu sein, daß—wie dargelegt—zwischen den Ablagerungen der einzelnen Salzfolgen zeitliche Unterbrechungen liegen, daß teilweise Wiederauflösungen und teilweise Abtragungen ganzer Salzfolgen stattgefunden haben, daß Umkristallisationen vor der Sedimentation eines neuen Zyklusses erfolgten usw.,—alles Vorgänge, die die Sedimentationszeit dieses Salzlagers im Bereich solcher ausgedehnten Mulden wesentlich verlängerten. Die so gewonnenen Zeitvorstellungen können durchaus im Rahmen von epirogenen Absenkungsraten liegen.

Mit diesen Ausführungen sollte dargelegt werden, wie viele Faktoren und welches Zusammenspiel dieser Faktoren notwendig waren, damit dieses zwar wenig mächtige, aber in seiner Struktur so interessante und markante Salzlager entstehen und erhalten werden konnte.

DISKUSSION

Richter-Bernburg

“Zusätzliche Bemerkungen”. 1) Der Umkristallisation des primären, gut geschichteten Salzes zum grobkristallinen Unteren Steinsalz ging eine Teilauflösung—man könnte sagen: eine Vorverdauung—voraus, die mit einer “Wurzelbildung” (Vortrag Richter-Bernburg) verbunden war.

2) Intraformationale Teilauflösung bis zum völligen Auskeilen des Muschelkalksalzes im Gebiet Heilbronn habe ich vor etwa 25 Jahren in einem Bericht für den dortigen Bergbau bereits schriftlich niedergelegt. Ich stimme dieser Auffassung von Dr. Wild also voll zu, die sich auch weitgehend mit der von Dr. Hauber deckt.

“Stellungnahme”. 1) Stimme Auffassung völlig zu, daß der Umkristallisation von geschichtetem, feinkristallinem Salz zum grobkristallinen Salz eine Art Teilauflösung vorausging. (Jeder Zyklus hat seine eigene Entstehungsphase abgeschlossen.)

Was die sog. "Wurzelbildung" anbelangt, so kann ich dazu keine Stellung nehmen, da ich sie weder in Heilbronn noch in

Kochendorf gesehen habe. Wenn sie zur Erklärung der Vertikalstreifung herangezogen wird, muß ich Bedenken anmelden. Die Vertikalstreifung geht über viele Meter—vermutlich entsprechend der Stärke des Unteren Salzes—durch, ohne Verbreiterung nach oben. Sie biegt deutlich bei sog. "Pilzaufwölbungen"—auf deren Oberfläche zu—um.

Auch für Prof. Richter-Bernburg ist dies nur der Versuch einer Erklärung. Er denkt u. a. auch an tiefgreifende Polygonalstrukturen, die durch Auflösungserscheinungen unter Wasser entstanden sein könnten. Meines Erachtens müssen zur Klärung dieser Fragen (Entstehung der Vertikalstreifung) detaillierte chemische und mineralogische Untersuchungen durchgeführt werden.

2) Intraformationale Teilauflösungen, z. B. nach Ablagerung des Unteren Salzes, sind sicher gegeben.

LITERATUR

- Aldinger, H., u. Schacht, E. 1952. Die Verbreitung des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk der Umgebung von Heilbronn. Jh. geol. Abt. würt. statist. Landesamt 2.
- Bestel, G. 1929. Das Steinsalz im Germanischen Mittleren Muschelkalk. Jb. Preuß. geol. L.—Amt 50.
- Hauber, L. 1971. Zur Geologie des Salzfeldes Schweizerhalle-Zinggibrunnen (Kt. Baselland). *Eclogae geol. Helv.* 64.
- Richter-Bernburg, G. 1953. Über saline Sedimentation. *Z. dt. geol. Ges.* 105.
- Schacht, E. 1952. Das Muschelkalksalz in Kochendorf, Heilbronn und Stetten/Hohenzollern. *Iber. Mitt. oberh. geol. Ver.* N.F. 34.
- Trusheim, F. 1971. Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. *Beitr. geol. Jahrb.* 112.
- Wild, H. 1958. Die Gliederung der Steinsalzregion des Mittleren Muschelkalkes im nördlichen Württemberg, ihre ursprüngliche und heutige Mächtigkeit. *Jh. geol. Landesamt Baden-Würt.*
- . 1965. Ablaugungserscheinungen (Subrosion) am Salzlager des Mittleren Muschelkalkes und Schichtenlagerung unter und über dem Salz im Heilbronner Raum. *Jh. geol. Landesamt Baden-Würt.* 7.
- . 1973. Neue Erkenntnisse über Genese und Lagerung des Salzes im Mittleren Muschelkalk in Süddeutschland. *Iber. Mitt. oberh. geol. Verein*, N.F. 55: 95–132.