

Jahrbuch
der
Preußischen
Geologischen Landesanstalt
zu Berlin
für das Jahr

1929



Band L, Teil I



Berlin

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1929

16/19

Das Steinsalz im Germanischen Mittleren Muschelkalk

Von Herrn **Gerhard Bestel** in Stuttgart

Mit 3 Abbildungen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung: Deutschlands Steinsalzbergbau	263
Die Zechsteinsalze	263
Das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks	263
II. Die Steinsalzaufschlüsse im Germanischen Mittleren Muschelkalk	265
Unterer Neckar, Schachtprofile	265
Unterer Neckar, Bohrprofile	270
Stuttgarter Bohrloch	271
Oberer Neckar	272
Nordschweiz	274
Lothringen	276
Maingebiet	279
Thüringen	281
Norddeutsche Steinsalzvorkommen	285
III. Die theoretischen Bildungsbedingungen der Hauptgesteinsbildner des Mittleren Muschelkalks	291
Allgemeines	291
Dolomit	292
Anhydrit	293
Steinsalz	294
Mechanische Beimengungen	295
IV. Stratigraphische Vergleichung der wichtigsten Steinsalzaufschlüsse im Mittleren Muschelkalk	296
Liegendes	296
Steinsalzführendes	298
Hangendes	304
V. Bildungsgeschichte des Mittleren Muschelkalks	308
Das Meer im Mittleren Muschelkalk	308
Die Steinsalzausscheidung	313
Sekundäre Zerstörungen	315
VI. Zusammenfassung	315
Anhang: Literaturverzeichnis	315

I. Einleitung: Deutschlands Steinsalzbergbau

Die Zechsteinsalze

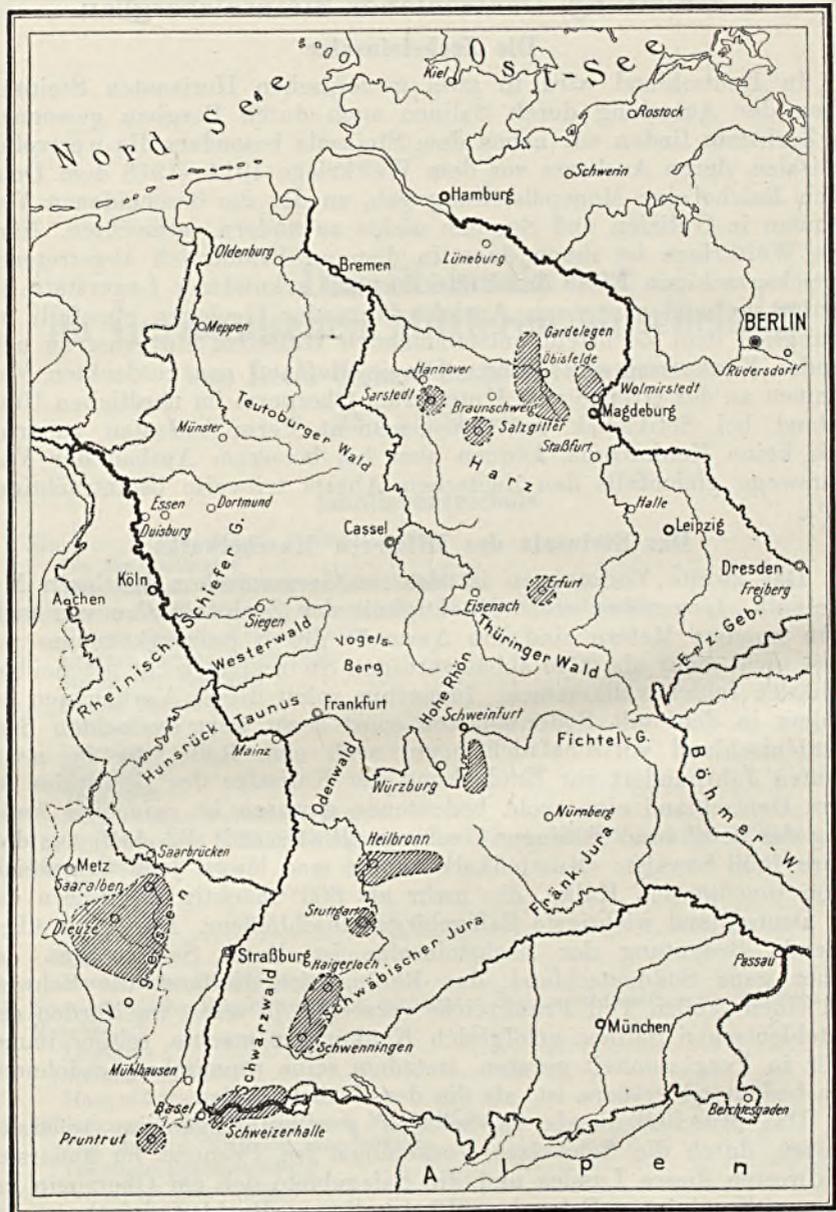
In Deutschland wird in zwei geologischen Horizonten Steinsalz neben der Aussolung durch Salinen auch durch Bergbau gewonnen. Im Zechstein finden wir neben dem Steinsalz besonders die wertvollen Kalisalze, deren Ausbeute vor dem Weltkriege 1914—1918 dem Deutschen Reiche eine Monopolstellung gab, an der die bescheidenen Vorkommen in Galizien und Spanien nichts zu ändern vermochten. Nach dem Weltkriege ist ihnen dann in dem an Frankreich abgetretenen deutschsprachigen Elsaß durch die dort auf sekundärer Lagerstätte im Tertiär vorhandenen, nach Ansicht führender Geologen ebenfalls ursprünglich dem Zechstein entstammenden Kalisalze ein ernst zu nehmender Konkurrent erwachsen. Die in Rußland neu entdeckten Vorkommen an der Grenze vom Unter- zum Oberperm im nördlichen Uralvorland bei Solikamsk im Gouvernement Perm bedeuten zunächst noch keine Konkurrenz, können aber bei besserem Ausbau der Verkehrswege gleichfalls den deutschen Absatz teilweise beeinträchtigen (75¹).

Das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks

Das zweite Vorkommen ist das im Germanischen Mittleren Muschelkalk. Gegenüber einer Mächtigkeit der Zechsteinsalze von mehreren hundert Metern sind die Ausmaße dieses Salzvorkommens mit meist nicht mehr als 20 m abbauwürdigen Steinsalzes recht bescheiden; Kalisalze fehlen vollkommen. Immerhin spielt dieses Vorkommen besonders in dem mit Bodenschätzen sonst recht karg bedachten Südwestdeutschland wirtschaftlich heute noch eine Rolle, die im neunzehnten Jahrhundert vor Entdeckung der Kalisalze des Zechsteins für ganz Deutschland eine recht bedeutende gewesen ist, wie eine Äußerung des berühmten Tübinger Geologen QUENSTEDT (92, 119) aus dem Jahre 1856 beweist: »Muschelkalk nannte man längst jene ausgezeichneten rauchgrauen Kalke, die mehr als 800' mächtig im Innern das für Deutschland wichtigste Salzgebirge einschließen«. Durch die überragende Bedeutung der Zechsteinsalze ist dieser Salzhorizont, der früher ganz Süddeutschland, das Rheingebiet, Holland, die Schweiz und einen großen Teil Frankreichs versorgte, ja selbst im Norden den mitteldeutschen Salinen erfolgreich Konkurrenz machte, seither immer mehr in Vergessenheit geraten, trotzdem seine räumliche Ausdehnung eine bedeutend größere ist, als die der Zechsteinsalze.

Das Muschelkalksalz ist bekannt aus Lothringen im äußersten Westen, durch die Schweizer Vorkommen bei Pruntrut im äußersten Nordwesten dieses Landes und die Salzgebiete der am Oberrhein gelegenen Vereinigten Schweizer Rheinsalinen. Rechtsrheinisch ist das Steinsalz durch Bergbau und Bohrungen nachgewiesen auf einer Linie

¹) Die eingeklammerten Zahlen im Text beziehen sich auf das am Schluß beigefügte Literaturverzeichnis. Die Zahl vor dem Komma weist auf die laufende Nummer des angeführten Werkes hin, die Zahl nach dem Komma bedeutet die Seitenzahl.



Im Mittleren Muschelkalk aufgeschlossenes Steinsalz

Abb. 1.

vom Oberrhein, am Neckar entlang, bis zum Main in der Gegend von Schweinfurt. In Thüringen, in der Gegend von Erfurt und Gotha ist es noch heute Gegenstand der Ausbeutung durch Salinenbetrieb; früherer Bergbau ist hier erst 1912 still gelegt worden. Solquellen an der Werra sollen ihren Salzgehalt dem Mittleren Muschelkalk verdanken. Schließlich hat man bei einer Reihe von Zechsteinbohrungen in der weiteren Umgebung von Hildesheim, Hannover, Braunschweig und Magdeburg vollständig unerwartet einwandfreie Muschelkalksalze gefunden. Es ist anzunehmen, daß auch ein Teil der Salze des Lüneburger Salzstocks dem Mittleren Muschelkalk angehört, wenn diese auch in neuerer Zeit gerne als eingepreßte Zechsteinsalze angesprochen werden. An vielen anderen Stellen lassen Salzmaße und Ausscheidungen typischer Meeressedimente annehmen, daß das Meer zur Zeit des Mittleren Muschelkalks auch hier vorhanden gewesen ist.

Das Ziel der folgenden Arbeit soll es nun sein, eine Zusammenstellung aller bekannt gewordenen Vorkommen von Steinsalz im Mittleren Muschelkalk zu geben, und diese, soweit möglich, geologisch miteinander zu vergleichen. Daraus lassen sich dann Rückschlüsse auf Ausdehnung und Beschaffenheit des Meeres zur Zeit des Mittleren Muschelkalks sowie die anderen Voraussetzungen zur Abscheidung und Erhaltung des Steinsalzes tun.

II. Die Steinsalzaufschlüsse im Germanischen Mittleren Muschelkalk

Unterer Neckar, Schachtprofile

Das Schlüsselgebiet für die geologische Untersuchung des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk der außeralpinen Ausbildung ist das Gebiet am unteren Neckar, nahe der Stadt Heilbronn. Hier ist die einzige Stelle, wo das Salz heute noch bergmännisch in größeren Mengen gewonnen wird. Die Salzwerk Heilbronn A.-G. und das staatlich württembergische Steinsalzbergwerk Kochendorf fördern hier. Außerdem liegen hier der Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ersoffene Steinsalzschatz von Friedrichshall und der kurz darauf abgeworfene Grubenbau von Wilhelmglück bei Schwäbisch-Hall, lange Zeit ein Mittelpunkt der Forschungen der württembergischen Geologen. Dazu kommen eine große Reihe von Bohrungen bis in die neueste Zeit hinein, von denen aber leider der größte Teil nur mit dem Meißel ausgeführt wurde, da er allein für den Aussolbetrieb der Salinen bestimmt war. Von den Kernbohrungen ist andererseits wieder ein Teil wenig brauchbar, weil entweder durchweg mit Wasserspülung gebohrt wurde, oder aber mit der Laugenspülung zu spät begonnen wurde. Es bleibt also bei kritischer Durchsicht des Materials, das in so großer Fülle vorliegt, letzten Endes recht wenig Brauchbares übrig. Ein weiteres Übel der Salzbohrungen besteht darin, daß sie oft mit den bergmännischen Aufschlüssen gar nicht recht übereinstimmen wollen. Ein bezeichnendes Beispiel dafür bietet die Bemerkung von LICHTENBERGER (72, 137), daß man an der Stelle des heutigen Schachtes der Salz-

werk Heilbronn A.-G. das Steinsalz 20 m mächtig erbohrt hatte, während man es später beim Abteufen mit 40,5 m Mächtigkeit antraf. Vielfach Schuld an dieser mangelnden Übereinstimmung sind die für das Muschelkalksalz typischen sporadischen Einsprenglinge, die aus Tonen und Anhydriten, oft mit sandigen und mergeligen Schmitzen bestehen; in den Bohrkernen mit ihrem kleinen Durchmesser werden sie dann gerne als trennende Schichten angesprochen. Eine Reihe Bohrungen sind infolge Gestängebruchs im Steinsalz stecken geblieben, oder aus salinentechnischen Gründen stehen gelassen worden. Die Bohrregister sind von Bohrmeistern geführt worden, die mehr auf die Farbe als auf die Art der Gesteine geachtet haben. In älterer Zeit fand eine gleichzeitige oder nachträgliche geologische Begutachtung durch Fachleute meist überhaupt nicht statt. Heutzutage zieht man vielfach private Geologen hinzu, die auf dem in Frage kommenden Gebiet über besondere Erfahrung verfügen, verpflichtet sie aber gleichzeitig zu größter Verschwiegenheit und dadurch gehen die wertvollen privaten Aufzeichnungen, die in den seltensten Fällen aktenmäßig festgehalten werden, bald verloren. In den Bohrakten findet man dann später oft auch nicht den geringsten Hinweis. Aus diesem Grunde ist auf die Literatur bis in die neueste Zeit hinein oft wenig Verlaß. Man findet Folgerungen, ohne die Gründe nachprüfen zu können.

Aus der zahlreichen Literatur über das Steinsalz am unteren Neckar ragen nur wenige Werke dadurch heraus, daß sie auf eigener Anschauung fußen. ALBERTI (6, 10) verdanken wir eine gute Zusammenstellung seiner Erfahrungen beim Schachtbau von Friedrichshall, BUSCHMANN (18) und LICHTENBERGER (72) dasselbe vom Schacht der Salzwerk Heilbronn A.-G., ENDRISS (28, 6ff.) ein Profil des Treppenschachtes von Wilhelmglück und BAUR (9) eine Beschreibung des Steinsalzbergwerkes Kochendorf. Bei dem Buch von ENDRISS ist im übrigen zu berücksichtigen, daß es der Mittelpunkt eines wissenschaftlichen Streites im Jahre 1899 war, der um die Wahl des Ortes für den Ersatzschachtbau für die ersoffene Grube Friedrichshall geführt wurde. Dieser Kampf ist äußerst tendenziös geführt worden, da dabei nicht nur »Staatsraisons«, sondern auch private Hintergründe eine Rolle gespielt haben. In der Arbeit von BAUR kann man die Nachwehen noch gut spüren, da er aus seinen mitgeteilten Beobachtungen die Folgerungen oft nur recht vorsichtig andeutet.

Das deutlichste Bild gibt das Profil des Schachtes der Salzwerk Heilbronn A.-G., der in den Jahren 1884/85 niedergebracht wurde. Da es meines Wissens bisher noch nirgends in vollständiger Form abgedruckt wurde, möchte ich es folgen lassen, soweit seine Schichtfolge für diese Arbeit in Frage kommt. Dazu ist zu bemerken, daß BUSCHMANN und nach seinen Angaben ENDRISS (s. o.) teilweise davon abweichende Angaben machen. Die heute hinter der Schachtmauerung unzugängliche Schichtfolge läßt sich nicht nachprüfen, ich möchte deshalb dem eingehenderen amtlichen Profil den Vorzug geben. Die Hängebank liegt bei 153,33 m über NN.

Schachtprofil Heilbronn

0—10,60 m	10,60 m	Diluvium
10,60—35,00 „	24,40 „	Lettenkohle
35,00—110,90 „	75,90 „	Oberer Muschelkalk, zu unterst 0,95 m heller Rogenstein und 2,9 m Tonschiefer mit 0,35 m Encrinitenbank.
105,50 m Mittlerer Muschelkalk		
I. 17,40 m Dolomitische Schichten		
110,90—119,00 m	8,10 m	blauer dünnschichtiger Kalk, mit Dolomit verwachsen
119,00—119,20 „	0,20 „	heller Kalk mit Gipsknollen und Koproolithen
119,20—119,80 „	0,60 „	Rogenstein
119,80—124,10 „	4,30 „	hellgrauer, gebänderter Stinkstein mit Fasergips, bei 122,8 bis 123,0 m Jaspis
124,10—125,70 „	1,60 „	Dolomit
125,70—127,60 „	1,90 „	Stinkstein mit Gips und Marienglas
127,60—128,30 „	0,70 „	Rogenstein
II. 31,80 m Anhydritische Schichten		
128,30—128,60 m	0,30 m	Gips mit schaligem Anhydrit
128,60—137,50 „	8,90 „	Anhydrit
137,50—138,25 „	0,75 „	Tonschiefer mit Gips
138,25—160,10 „	21,85 „	Anhydrit
III. 9,20 m Tonige Schichten		
160,10—161,30 m	1,20 m	Tonschiefer mit Gips und Anhydrit
161,30—162,70 „	1,40 „	Heller Ton mit Gips und Marienglas
162,70—164,35 „	1,65 „	Rotbrauner Salztou mit Marienglas
164,35—167,10 „	2,75 „	Blauer Ton mit Gips und Anhydrit
167,10—168,35 „	1,25 „	Gips, Ton und Anhydrit
168,35—169,30 „	0,95 „	Roter Gips, Ton und rotes Faseralsalz
IV. 40,40 m Steinsalzföhrende Schichten		
169,30—182,80 m	13,50 m	Ungeschichtetes Steinsalz
182,80—188,00 „	5,20 „	Gebändertes Steinsalz
188,00—188,60 „	0,60 „	Gebänderter Anhydrit
188,60—190,10 „	1,50 „	Gebändertes Steinsalz (Anhydritsporaden)
190,10—209,70 „	19,60 „	Ungeschichtetes Steinsalz
V. 6,70 m Liegende Bildungen		
209,70—211,00 m	1,30 m	Derber Anhydrit
211,00—211,50 „	0,50 „	Gebänderter Anhydrit
211,50—211,60 „	0,10 „	Tonstreifen
211,60—211,90 „	0,30 „	Anhydrit
211,90—216,40 „	4,50 „	Stinkstein (Dolomit)

Wellenkalk

An dem Profil sind gegenüber dem Original einige kleine Änderungen vorgenommen worden. Die zwischen 110,90 und 119,00 m Teufe vorkommenden, mit Dolomit verwachsenen dünnschichtigen blauen Kalke rechnet man statt zum Oberen besser zum Mittleren Muschelkalk, da die Dolomitbeimengung noch als ein Ausklang des eingeeengten Meeres zur Zeit des Mittleren Muschelkalks angesehen werden muß. Eine scharfe Abtrennung ist allerdings nicht möglich, da es sich zwischen den einzelnen Formationsabschnitten immer nur um allmähliche, oft mehrfach hin- und herschwankende Übergänge handeln kann.

Ferner ist bei 188,60—190,10 m ein in der Grube überall vorhandenes Paket von gebändertem Steinsalz abgetrennt worden. Ein Nachprüfen der oberen Grenze des gebänderten Steinsalzes von 182,80 bis

188,00 m war nicht möglich, da hier in der Grube keine Aufschlüsse mehr zugänglich sind. Unter der in der Literatur mehrfach erwähnten »Heilbronner Zwischenschicht« ist stets das gebänderte Steinsalz mit Einschluß des dazwischen liegenden gebänderten Anhydrits verstanden. Der gebänderte Anhydrit wird in dieser Arbeit künftig allein als trennende Schicht angenommen und erhält zur besseren Unterscheidung die Bezeichnung »anhydritische Zwischenbank« nach seinem bedeutendsten mineralogischen Bestandteil.

Das Schachtprofil von Heilbronn ist seiner übersichtlichen und zuverlässigen Einteilung wegen zu einem stratigraphischen Vergleich mit den Profilen der anderen Steinsalzgebiete des Mittleren Muschelkalks besonders geeignet. Nach dem Überwiegen der dolomitischen, anhydritischen und tonigen Bestandteile gliedert sich das Hangende in drei Abteilungen, als vierte folgt darunter das eigentliche Salzlager. Die fünfte Gruppe ist das aus Anhydrit und Ton bestehende, in Dolomit übergehende Liegende. Seine im amtlichen Schachtprofil mit »Gips und Anhydrit« bezeichneten Schichten zwischen 209,70 und 211,90 m sind nach den Aufschlüssen eines später niedergebrachten Gesenkes nochmals unterteilt worden.

Noch geeigneter zu einer eingehenden stratigraphischen Beschreibung und Vergleichung des Mittleren Muschelkalks wäre das Profil des Schachtes von Kochendorf, der 15 Jahre nach dem Schacht von Heilbronn abgeteuft wurde. Von diesem staatlichen Schacht, dessen Abteufen infolge sehr großen Wasserzuflusses die größten Schwierigkeiten machte, ist aber leider bisher kein Profil bekannt gegeben worden. Auch BAUR (9) beschränkt sich darauf, auf die außerordentliche Übereinstimmung in der Ausbildung des Salzlagers hinzuweisen, während er von seinem Hangenden und Liegenden keine Angaben macht. Die Übereinstimmung der Ausbildung des Salzlagers bis in die kleinsten Einzelheiten ist tatsächlich überraschend; um so auffälliger ist es, daß das Lager im Hangenden plötzlich abgeschnitten ist. Deutlich zeigt dies die Tafel 4 der genannten Arbeit. Das »Jüngere Steinsalz« entspricht der »Heilbronner Zwischenschicht«. Das Hangende wird hier von einem ausgesprochenen Ablaugungsrückstand gebildet. Nach der einen Feldegrenze zu stellte man ein Verschwinden des Lagers fest. Wie ich mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, geht das Lager, nachdem es schon vorher zwischen Hangendem und Liegendem etwas abnimmt, seitlich gleichfalls in einen ausgesprochenen Auslaugungsrückstand über, der im wesentlichen aus feuchtem gipsigem Ton mit Salzausblühungen besteht.

Zur Unterstützung dieser Annahme einer nachträglichen Auslaugung führe ich die Profile von drei im Jahre 1925 beendeten Bohrungen aus der Gegend von Gundelsheim an, die ich der Liebenswürdigkeit von Herrn Bergrat Dr.-Ing. BAUR in Kochendorf verdanke; diese gliedern sich wie folgt:

	I	II	III
Dolomit	10,46 m	11,85 m	12,60 m
Anhydrit und Ton	23,10 „	21,00 „	39,47 „
Ausgelaugtes Salzlager	14,90 „	16,00 „	1,80 „
Steinsalz	—	6,70 „	—
Liegender Anhydrit	5,10 „	1,95 „	4,38 „

Während I und II einander entsprechen, zeigt III eine stärkere Entwicklung der einzelnen Schichtabschnitte des Hangenden. Eine Abgrenzung zwischen Anhydrit mit Ton und ausgelaugtem Salzlager, also ebenfalls vorwiegend Ton mit Anhydrit, ist stratigraphisch aber wohl kaum in dieser Schärfe aufrecht zu erhalten. Die Mächtigkeit des Hangenden bleibt hinter der von Heilbronn in I und II um etwa 17% zurück.

Das Profil des 1854—59 abgeteufte Schachtes von Friedrichshall findet sich in wenigstens drei verschiedenen Lesarten vor: zunächst bei v. ALBERTI (6, 10) und nach ihm wiederholt bei E. FRAAS (152, 9); daran anklingend bei O. FRAAS (36, 31); zuletzt scheinbar auf Grund anderer Unterlagen bei C. BAUR (8, 11). Das letztere Profil wiederholt KOKEN (63, 48). Nach ihm mißt die dolomitische Schichtfolge 7,16 m, die anhydritische und tonige zusammen mit fasrigem Steinsalz als Übergang zum eigentlichen Salzlager 50,06 m. Im Vergleich dazu kann man v. ALBERTI's Angaben zusammenfassen in 12 m Dolomit, 32 m Anhydrit und 16 m Ton. Der Gesamtmächtigkeitsunterschied erklärt sich aus der verschiedenen Festlegung der Grenze des Mittleren gegen den Oberen Muschelkalk. Die Angaben v. ALBERTI's scheinen mir schon seiner Persönlichkeit wegen die maßgebenderen zu sein. Dazu kommt, daß, besonders gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, die Grenze gern zu tief gezogen wird, weil man zu sehr auf die unbedingte Fossilfreiheit des Mittleren Muschelkalks pochte. Die Bezeichnung des Hangenden in dem erwähnten Profil von O. FRAAS als »98,08 m Hauptmuschelkalk mit unterem und oberem Dolomit« sehe ich als Beweis für meine Annahme an.

Das am klarsten gegliederte Profil von dem 1823/24 abgeteufte Seigerschacht von Wilhelmglück, dem ältesten in Württemberg, gibt uns QUENSTEDT (91, 51). Unter 9,35 m dolomitischen und bituminösen Mergelschiefern folgen 28,90 m Anhydritgebirge und 10,35 m Tongips mit Salznestern und dünnen Dolomit- und Anhydritlagen. Besonders erwähnt sind in dieser Schicht kleine Schweifen roten Sandes. Eine Abweichung von dem Normalen ist unmittelbar unter dem Salzlager von 5,50 m eine zum Teil dolomitische, nach oben Anhydrit aufnehmende Bank von 5,50 m Kalk. Erst unter dieser folgt das eigentliche Liegende mit 3,85 m Anhydrit, von Fasergipsschnüren und Ton durchzogen.

Das älteste Profil des Seigerschachtes stammt von v. ALBERTI (3, 228—231), ein eingehender und genauer bearbeitetes wurde ein Jahr später von SCHÜBLER (114a) veröffentlicht und von v. ALBERTI (5, 440—441) später wenig verändert wiederholt. Der QUENSTEDT'sche Mergelschiefer entspricht bei v. ALBERTI den Schichten 3 und 4

mit 9,70 m, während er bei SCHÜBLER in den »Muschelkalk« einbezogen worden ist. Der Anhydrit reicht bei v. ALBERTI von Schicht 5—10 einschließlich, bei SCHÜBLER von Schicht 37—46 und erreicht 31,2 m Mächtigkeit; das Salzliegende bildet bei v. ALBERTI Schicht 11, bei SCHÜBLER Schicht 47—50 mit 11,20 m. Das Steinsalz hat nach SCHÜBLER, Schicht 51—52, 5,73 m, der in Kalk übergehende Anhydrit, Schicht 53—58, 5,72 m, der liegende Anhydrit, der in Ton übergeht, Schicht 59—60, 4,01 m Mächtigkeit. Da sämtliche Schichten bei beiden im gleichen Prozentsatz stärker angegeben sind, als bei QUENSTEDT, nehme ich an, daß das Einfallen der Schichten bei der Profilaufnahme nicht berücksichtigt wurde, trotzdem die höheren Zahlen mit dem Heilbronner Profil besser übereinstimmen.

ENDRISS (28, 6—21) nimmt im Vergleich dazu ein Profil aus dem 1844/45 erstellten Treppenschacht von Wilhelmglück auf. In diesem unterscheidet er dolomitische Schichten von 8,20 m und darunter oben und unten gebänderte anhydritische von 29,30 m Mächtigkeit, übergehend in Zwischenbildungen von rund 8,00 m, diese wieder verlaufend in das Steinsalz. Die Mächtigkeit des Steinsalzes gibt er für die Grube mit 5—12 m an. Während er den oberen dolomitischen Horizont stratigraphisch scharf abtrennt, werden seine Angaben nach dem Liegenden zu immer undeutlicher. Immerhin scheint so viel aus dem Profil hervorzugehen, daß eine Bank von 1,60 m dolomitischem Kalk mit Anhydrit im Wechsel von den »Zwischenbildungen«, — ein Ausdruck, unter dem sich der Geologe wenig vorstellen kann, — abgetrennt und noch zur anhydritischen Gruppe gerechnet werden muß. Der Anhydrit wird dann 30,90 m stark, der Ton nur 6,40 m. Die geringe Mächtigkeit des Tones und des Dolomits gegenüber Heilbronn scheint primär zu sein, da alle drei Autoren darin übereinstimmen und v. ALBERTI im Hangenden die Trochitenkalke ausdrücklich erwähnt. Das Liegende hat ENDRISS nicht selbst aufgenommen.

Unterer Neckar, Bohrprofile

Als Ergänzung zu diesen Schachtprofilen finden wir eine große Reihe von Bohrungen. Die meisten der Profile sind in der oben bereits erwähnten Arbeit von KOKEN (63, 48—61) gesammelt, der sie zum Teil von REGELMANN (147, 25—35) übernommen hat. Die älteren Bohrlöcher der Saline von Friedrichshall stellt v. XELLER (148, 410 bis 413) zusammen, auf dessen Angaben aber ENDRISS (28, 61) verzichtet, weil sie mit den Aufzeichnungen von REGELMANN, die dieser auf Grund der Akten der Salinenämter gemacht hat, nicht übereinstimmen. EB. FRAAS (152, 1 und 10 und 24) gibt auch die Salzmächtigkeiten einer großen Reihe von Bohrungen aus dem Badischen und der hessischen Enklave Wimpfen an. Wo die KOKEN'schen Angaben von diesen abweichen, bringt KOKEN Zahlen aus neueren, oft Diamantbohrungen, die in nächster Nähe der älteren angesetzt wurden, beispielsweise in den Scheibigswiesen und im Riedbrunnental bei Untereisheim. Eine Reihe badischer Bohrungen veröffentlicht SCHALOH (157, 6—7).

Nicht unerwähnt soll eine neuere Bohrung bleiben, die E. FRAAS (33) 1914 bekannt gibt. Diese ist bei Erlenbach im Jahre 1912 mit dem Meißel ausgeführt worden. Unter dem Hauptmuschelkalk folgen die dolomitischen Schichten mit 12,40 m, darunter Anhydrit, Gips und Salzton, also die anhydritischen und tonigen zusammen, mit 48,15 m. Das dann folgende Salzgebirge gliedert sich in 0,35 m Steinsalz, 0,50 m Anhydrit und 20 m reines Steinsalz. Das Liegende bildet 4,90 m fester Anhydrit. Die Ähnlichkeit mit der Steinsalzföhrung des Kochendorfer Schachtes ist also auffallend.

Seiner besonderen Eigenart wegen sei noch das Profil des westlichsten Bohrloches der Saline Rappenau, Nr. 6, erwähnt, das in der Literatur viel umstritten wurde. Es wurde zuerst von BENECKE und COHEN veröffentlicht (12, 377), später von O. FRAAS (36, 31—32) und BRANCO (15, 160 und 225) kritisiert. REGELMANN (147, 31) hat es außerdem nach den Akten der Saline Friedrichshall aufgestellt. Auf Grund der mineralogischen Vergesellschaftung kann man voraussetzen, daß der Bohrmeister Gips und Anhydrit gemeinsam als »Gips« bezeichnet hat, der »dichte Gips« ist sicher Anhydrit. Es finden sich dann unter dem Hauptmuschelkalk 8,40 m Dolomite und bituminöse Kalksteine, darunter 44,10 m Anhydrite, zu unterst wechselnd mit Dolomit, die den anhydritischen und tonigen Schichten entsprechen. Das eigentliche Salzlager besteht aus einer Schichtfolge von 28,10 m »Steinsalz und Gips« mit »Gips«. Diesen eigenartigen, beinahe gleichmäßig zu nennenden Wechsel, der bestimmt nicht die wirkliche stratigraphische Lagerung wiedergibt, schreibe ich dem Bohrmeister zu, der von Zeit zu Zeit eine Schmandprobe herausgelöffelt hat, bei der das Salz überwiegend zu Sole aufgelöst worden war, und nun auf Grund der Überbleibsel summarisch für den ganzen Abschnitt sein »Gutachten« einsetzte.

Stuttgarter Bohrloch

Durch die aufgeführten Bohrungen ist eine Verbreitung des Steinsalzes von Heilbronn aus etwa 15 km nach Norden, wo die weitere Fortsetzung sich am Main bei Kitzingen findet, 25 km nach Osten und 10 km nach Westen nachgewiesen. Die direkte Fortsetzung nach Süden soll etwa 25 km neckaraufwärts durch neuere Bohrungen erschlossen sein. Einen älteren Fundpunkt erreichen wir 50 km südlich von Heilbronn, bei Stuttgart. O. FRAAS (34, 34—35) berichtet über dieses 1875 angesetzte Bohrloch, daß man von 191,47—192,20 m graue gesalzene Tone fand. »Bei 192,20 m brachte der Löffel keinen Schmand mehr zu Tage. . . Endlich förderte der Löffel kleine kristallhelle Stücke eines vollkommen durchsichtigen Steinsalzes zu Tage. Am Ende des Monats waren 9 m Salz konstatiert und in 201 m Tiefe ein Zapfen kristallinischen Steinsalzes mit Tonstein verwachsen erbohrt. Am 3. Februar ward unter einer Bank von Gips und Anhydrit dunkler Wellenmergel erreicht.« (36, 29.) Leider war damit die Herrlichkeit zu Ende, da das Gestänge brach und die Bohrung trotz aller Bemühungen nicht fortgesetzt werden konnte. Immerhin war damit der Beweis erbracht, daß die reichen Cannstatter Mineralquellen, deren Tätigkeit man das

Einbrechen des Cannstatter Talgrundes zuschreiben muß, einen Teil ihres Mineralreichtums dem Mittleren Muschelkalk verdanken können. Durch die Auslaugungsrückstände muß aber im Laufe der Zeit das Steinsalz so gut isoliert worden sein, daß es in garnicht weiter Entfernung von diesen Quellen noch vorhanden ist. Als besonders erstaunlich wird das Fehlen der in Friedrichshall und Kochendorf so gefährlich gewordenen Wasserhorizonte in dieser Bohrung ausdrücklich hervorgehoben.

Oberer Neckar

Weiter neckaraufwärts stoßen wir 60 km südsüdwestlich von Stuttgart wieder auf bergmännisch erschlossenes Steinsalz. Man hatte in den Jahren 1852—53 nahe dem hohenzollernschen Dorfe Stetten bei Haigerloch zwei Bohrungen niedergebracht, die beide, wenn auch nur geringmächtig, das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks erschlossen hatten. Im Jahre 1854 setzte man daraufhin etwa in der Mitte zwischen beiden einen Schacht an und fand kein Steinsalz; erst durch Querschläge schloß man dieses nach längerem Suchen südlich vom Schacht auf. Hier geht auch der Abbau bis heute um. Näheres teilt SCHMIERER (161, 16—18 und 54—58) mit. Zwei der angeführten Profile entstammen der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate (I, 1854, S. A 198 und II, 1855, S. A 343). Das Bohrloch Stetten I weist 14,53 m dolomitische, 24,66 m anhydritische und 10,64 m tonige Schichten über dem Salzlager auf, das selbst 8,78 m stark ist mit zwei anhydritisch-tonigen Einlagerungen. Das Liegende wird von 3,14 m Anhydrit gebildet. Die 1450 m westlich davon liegende Bohrung Stetten II zeigt für die Hangendschichten entsprechend 23,03 m, 21,20 m und 14,75 m. Reines Steinsalz ist nur mit 2,20 m Mächtigkeit angegeben, der liegende Anhydrit mit 2,15 m.

1875 veröffentlicht PAULUS (151, 10—12) neben den oben erwähnten Bohrungen zum Vergleich die benachbarten Bergfelden 1 (1839 bis 1840) und Bergfelden 4 (1861/63) der württembergischen Saline Sulz a. N. Diese zeigen entsprechende Mächtigkeiten der Hangendschichten, das Steinsalz erreicht 11,32 m und 14,87 m.

Das Hauptausbeutungsgebiet des Steinsalzes am oberen Neckar liegt noch weitere 30 km südsüdwestlich. Es ist durch eine große Reihe von Bohrungen erschlossen. Man fand in dem badischen Dürnheim 1822, bei den württembergischen Orten Schwenningen 1823 und Rottweil 1824 das Steinsalzlager in abbauwürdiger Mächtigkeit. Sechs Bohrungen der Ludwigssaline bei Dürnheim aus den Jahren 1822 bis 1832 stellt VOGELGESANG (124, 81) zusammen, diese werden später von SAUER (154, 17) wiederholt. v. ALBERTI (3, 186—204) veröffentlicht gleichfalls vier Bohrungen bei Dürnheim, die mit denen von VOGELGESANG nicht recht übereinstimmen wollen, und das Bohrloch II der württembergischen Saline Wilhelmshall bei Schwenningen aus dem Jahre 1822, das das Steinsalz nicht durchteuft hat. Außerdem sind bei ihm noch fünf Bohrungen der württembergischen Saline Wilhelmshall bei Rottenmünster aus den Jahren 1824/25 verzeichnet.

Von diesen gesamten älteren Bohrungen erscheint keine recht verlässlich. Die Profile von VOGELGESANG stimmen miteinander sehr gut überein, während die von v. ALBERTI mit ihnen und auch untereinander kaum parallelisiert werden können. Immerhin sei erwähnt, daß VOGELGESANG unter rund 60 m Hangendschichten 4—5 m toniges Salz, darunter 8 m Anhydrit, teils Gips, mit den verschiedensten Beimengungen, auch Hornsteinnestern, unterscheidet. Das eigentliche Salzlager darunter hat eine Mächtigkeit von 40—45 m. Seine zuweilen auftretenden Verunreinigungen bestehen aus Gips und Ton.

Eine zweite Bohrperiode setzte in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ein. SAUER (154, 14—15) bringt aus dieser Zeit zwei gut verwendbare badische Profile aus der Gegend von Dür rheim, das östlichste an der Geisinger Straße (I) und das südwestlichste, 1 km westlich von I, am Holzplatz (II). Die dolomitische Schicht erreicht in ihnen 22,70 m und mehr als 10,80 m, die anhydritische 25,10 m und 25,20 m, die tonige 9 m und 10,30 m. Das Steinsalzlager von 32,50 m gliedert sich in I in ein oberes unreines Lager von 2,50 m, eine Zwischenlage von 1,25 m oben Anhydrit, unten mit Ton und Salz, und ein unteres Lager von 28,75 m Steinsalz, das, in den oberen 10,70 m Anhydritschnüre führend, durch 0,50 m Anhydrit von einem unteren Lager von 17,55 m reinem Steinsalz getrennt ist. In II haben wir 31,45 m Steinsalz als unteres Lager; oben 21,70 m Steinsalz, dann 0,30 m Ton und darunter wiederum 10,45 m Steinsalz. Das Liegende bilden in I 1,90 m Anhydrit, in II 4,25 m Anhydrit und Mergel.

Der Mächtigkeitsunterschied der dolomitischen Schichten ist daraus zu erklären, daß im Bohrloch II ein Teil des Oberen Muschelkalks noch zu diesen gerechnet werden muß, denn der Mittlere Muschelkalk und der Obere zusammen ergeben in beiden Bohrungen dieselbe Summe, die in II sogar noch etwas größer ist als in I. Außerdem ist das Salzhangende in allen Salzgebieten des Mittleren Muschelkalks ziemlich gleichmäßig 60 m stark. Es ist ferner nicht angängig, den Zellendolomit, der doch erst sekundärer Auslaugung seine Entstehung verdankt, als einen festen Grenzhorizont anzunehmen. Die weiteren Angaben von SAUER (154, 16) beweisen jedenfalls diese Ansicht. Mit der Gliederung der anhydritischen und tonigen Schichten stehe ich in bewußtem Widerspruch zu REIS (99, 187—190). Meines Erachtens ist der Unterschied in der Ausbildung der beiden Profile dadurch zu erklären, daß der mehr anhydritischen Ausbildung von I ein größerer Tongehalt in II gegenübersteht.

Im Gegensatz zu den badischen Bohrungen sind die württembergischen wenig zu verwenden. Von den vier Bohrungen aus dem Jahre 1896, die MARTIN SCHMIDT (172, 99—100) veröffentlicht, gibt die Bohrung Lauffen 1 eine brauchbare Einteilung des Steinsalzlagers. Es besteht aus einer hangenden Steinsalzbank von 1,60 m ziemlich reinen Salzes, unten mit Anhydritschnüren; darunter folgt eine Anhydritbank von 1,60 m; das Hauptsalzlager von 26,20 m weist in seinen oberen 2 m wiederum Anhydritschnüre auf. Hier findet sich zweifel-

los die anhydritische Zwischenbank, ähnlich wie in Heilbronn, oben und unten von gebändertem Steinsalz begleitet. Sämtliche anderen Angaben von diesen Bohrungen sind so summarisch, bzw. ungenau gehalten, daß eine Auswertung heute nicht mehr möglich ist.

Nordschweiz

Weiter in südsüdwestlicher Richtung finden wir keine 100 km entfernt die durch die Vereinigten Schweizer Rheinsalinen ausgebeuteten großen Salzlager der Nordschweiz. Diese sind in einem Gebiet von Basel bis Koblenz an der Wutachmündung, in einer Erstreckung von etwa 50 km, erbohrt. Über die Ergebnisse dieser Bohrungen berichtet VERLOOP (123). Von der großen Zahl der Bohrungen, die damals ausgeführt waren, haben nur wenige das Steinsalz durchfahren. Nur eine einzige, die Bohrung XII bei Schweizerhalle, ist wenigstens teilweise mit Kernbohrung ausgeführt worden, die bei 130 m Teufe mitten im Salzhangenden einsetzt und so wenigstens einen ungefähren Anhalt gibt. Die Anhydritgruppe reicht von etwa 90—187,70 m. Die Stinkmergel von 185,35—187,70 m kann man wegen ihres Dolomitgehalts noch als zum Mittleren Muschelkalk gehörend ansehen. Da an ihrer unteren Grenze Knochenreste (Fische) folgen und die darunter liegenden Mergel nicht mehr dolomitisch sind, ziehe ich hier die Grenze. Erwähnt muß noch werden, daß von 190,70—193,50 m noch einmal Anhydrit mit Mergel folgt, der oben von Zweischalerresten, unten von Knochenresten begrenzt sein soll. Erst hierunter liegt ausgesprochener Wellenkalk mit *Myophoria orbicularis* bei 194,25 m. Dadurch könnte man auf den Gedanken kommen, die liegenden Bildungen mit 11,50 m statt 5,70 m anzunehmen, wie VERLOOP dies tut.

Die Steinsalz führenden Schichten reichen von 151—182 m und sind durch eine 5,30 m starke Schicht von Anhydrit und Salzton getrennt, die der anhydritischen Zwischenbank am unteren und oberen Neckar entspricht. Der besseren Übersicht wegen folgt ein kurzer Profilauszug:

Schweizerhalle XII

31,00 m Steinsalzführende Schichten

A. 16,20 m Oberes Steinsalz

151,00—154,00 m	3,00 m	Grobkristallines reines Steinsalz
154,00—154,60 „	0,60 „	Salzton mit braunem Steinsalz (Salzbreccie)
154,60—155,60 „	1,00 „	Steinsalz, grobkristallin
155,60—156,60 „	1,00 „	Steinsalz mit Lagen und Knauern von Ton
156,60—157,00 „	0,40 „	Steinsalz, grobkristallin
157,00—157,75 „	0,75 „	Ton mit Steinsalz und Anhydrit
157,75—160,00 „	2,25 „	Steinsalz, rein
	—	Schieferlage
160,00—163,10 „	3,10 „	Steinsalz mit vereinzelt Toneinschlüssen
163,10—163,60 „	0,50 „	Anhydrit mit Steinsalzknuern
163,60—167,20 „	3,60 „	Steinsalz mit wenig Toneinschlüssen

B. 5,30 m Anhydritische Zwischenbank

167,20—169,20 m	2,00 m	Anhydrit
169,20—172,50 „	3,30 „	Anhydrit und Salzton mit Steinsalzinfiltrationen, zu unterst am salzreichsten

C. 9,50 m Unteres Steinsalz

172,50—172,90 m	0,40 m	Steinsalz
172,90—173,00 „	0,10 „	Anhydritlage
173,00—174,60 „	1,60 „	Steinsalz mit vereinzelt Anhydritlinsen
174,60—175,70 „	1,10 „	Salzton mit braunem Steinsalz (Salzbreccie)
175,70—180,95 „	5,25 „	Steinsalz
180,95—182,00 „	1,05 „	Salzton mit braunem Steinsalz (Salzbreccie), von Rutschharnischen durchzogen

Das Hangende des Salzlagers nimmt VERLOOP mit 61 m an. Unmittelbar über dem Steinsalz folgen 8 m anhydritischer Kalk und Ton, dann 13 m dolomitische Kalke und Tone mit Gips und Anhydrit, bei 131 m und 134 m mit Hornsteinknuern, nach oben in 20 m Mergel — unten noch mit Gips — übergehend. Als Abschluß, etwa von 90—110 m sollen anhydritische Dolomite vorhanden sein. Nach C. SCHMIDT (111, 57) besteht das Hangende aus 20 m Dolomitmergeln und 40 m anhydritischen Mergeln und Tonen.

In neuester Zeit hat man in der Schweiz noch an einer zweiten Stelle das Muschelkalksalz aufgefunden. Es geschah dieses durch eine Versuchsbohrung auf Kohlen, die man in den Jahren 1917—19 bei Buix, nahe Pruntrut im nordwestlichsten Zipfel der Schweiz, 50 km westsüdwestlich von Basel niedergebracht hat. Man hatte das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks hier nicht vermutet und war darum um so mehr überrascht, die Steinsalz führenden Schichten in der außerordentlichen Stärke von 70,40 m anzutreffen. Das Bohrkernmaterial ist von der Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (112, 17—18 und 24—25 und Tafel I und III a) einer gründlichen Untersuchung unterzogen worden, so daß man sich auf die Ergebnisse unbedingt verlassen kann. Da diese Literatur in Deutschland schwer zu beschaffen ist, zum anderen der besseren Übersichtlichkeit wegen, teile ich den für diese Arbeit benötigten Teil des Profiles im folgenden mit:

Buix, bei Pruntrut

137,00 m Mittlerer Muschelkalk

I. 17,50 m Dolomitische Schichten

822,00—827,50 m	5,50 m	Dolomite, hellgrau, etwas bituminös, steinmergelartig, mit 3 Anhydritlagen
827,50—828,50 „	1,00 „	Anhydritlagen
828,50—830,00 „	1,50 „	Bituminöse Steinmergel
830,00—831,00 „	1,00 „	Anhydritlagen mit Dolomit
831,00—839,50 „	8,50 „	Dolomit, etwas bituminös, mit einigen Anhydritlagen

II. 23,10 m Anhydritische Schichten

839,50—842,50 m	3,00 m	Anhydrit mit schwarzem Ton
842,50—843,00 „	0,50 „	Dolomitbank
843,00—850,60 „	7,60 „	Anhydrit mit schwarzem Ton und mehreren zwischengelagerten Dolomitbänken
850,60—851,50 „	0,90 „	Dolomit
851,50—862,60 „	11,10 „	Anhydrit, derb oder dicht gebändert, untergeordnet Tonlagen

III. 17,40 m Tonige Schichten

862,60—869,35 m	6,75 m	Dunkle Tone und Mergel, wenig Anhydritlagen
869,35—879,65 „	10,30 „	Kernverlust. Salzton mit Salzsole
879,65—880,00 „	0,35 „	Wahrscheinlich Ton mit Anhydrit

IV. 70,40 m Steinsalzführende Schichten		
880,00—886,70 m	6,70 m	Steinsalz mit Ton verunreinigt
886,70—895,50 „	8,80 „	Steinsalz, meist kompakt, kristallin, zum Teil bräunlich oder dunkel gefärbt. Ton- und Anhydritlinsen ganz untergeordnet. Hier und da Adern von rotem Salz
895,50—897,50 „	2,00 „	Steinsalz mit viel Tonlagen
897,50—906,20 „	8,70 „	Steinsalz wie von 886,70—895,50 m
906,20—909,20 „	3,00 „	Tone, graublau mit Salzadern und Anhydrit
909,20—914,20 „	5,00 „	Anhydrit, dicht und derb mit wenig Salz, Adern, Lagen und Linsen
914,20—915,60 „	1,40 „	Tone, graublau mit Anhydritlagen
915,60—950,40 „	34,80 „	Steinsalz, rein, grobkristallin mit eingelagerten Tonlinsen (943,00 m und 944,30 m), oder 0,20 bis 0,30 m mächtigen Anhydritlagen (928,50 m). Selten rot gefärbtes Steinsalz, immer in Gesellschaft von Ton. Fasersalz etwa in Tonklüften
V. 12,80 m Liegende Bildungen		
950,40—953,20 m	2,80 m	Ton mit wenig, zum Teil rotem Salz und mit Anhydritadern
953,20—959,00 „	5,80 „	Anhydrit, dicht und derb, unten mit Zwischenlagen von bituminösen Steinmergeln
959,00—960,80 „	1,80 „	Dolomitischer Steinmergel (Stinkmergel)
960,80—963,20 „	2,40 „	Dichter kompakter Anhydrit, im untersten Teil eine Stinkmergellage eingeschlossen

Das Profil ist aufgestellt nach dem Bohr-Journal auf S. 17—18. Es wurde berichtigt und ergänzt nach dem sehr übersichtlichen graphischen Profil auf Tafel I und das so entstehende Gesamtprofil unter bevorzugter Berücksichtigung der erläuternden Angaben auf S. 24—25 eingeteilt. Die letzteren geben auch den Anlaß zu einer Abtrennung der tonigen Schichten in der angegebenen Weise.

In dem Profil entspricht das Hangende durchaus den anderen, bereits angeführten Profilen. Das Steinsalz weist eine klare Dreiteilung auf in ein oberes Steinsalzlager von 26,20 m, eine mittlere Schicht von in Ton eingebetteten Anhydrit mit 9,40 m und ein unteres Salzlager von 34,80 m. Das Liegende ist ebenso unregelmäßig wie am Oberrhein. Ich nehme die Grenze bereits 4,20 m tiefer an, als sie im Original gezogen ist, nämlich dort, wo die letzten Mergel des Unteren Muschelkalks verschwunden sind, möchte aber nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, daß 16 m darunter noch einmal eine Anhydritbank von 0,90 m erscheint, und erst 2 m darunter die ersten Fossilien.

Lothringen

Die Bohrungen in der Schweiz bedeuten den südlichsten Fundpunkt des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk. Aber auch linksrheinisch hat man dieses aufgefunden. Hier ist der westlichste Salzfundort bei Lunéville, 150 km nordnordwestlich von Buix, wo das Steinsalz in zwei Bohrlöchern in geringer Mächtigkeit erbohrt worden ist (112, 8). Nordöstlich daran anschließend liegt das Lothringische Salzgebiet von Dieuze und Saaralben, in einer Erstreckung von etwa 70 km. Auf der Karte der nutzbaren Lagerstätten Deutschlands (150) werden die beiden Salzgebiete von Saaralben und Mulsach (Moussey) noch unterschieden, sie gehören aber sicherlich zu einem Salzgebiet zusammen. VAN WERVEKE (161, 41) nimmt neuerdings das ganze Gebiet

zwischen Saaralben, Mulsach, Lunéville, Nancy und Salzburg (Chateau-Salins) als salzführend an, außerdem erwähnt er Steinsalzföhrung noch von Brin, La Borde, Raucourt und Pont de Mons.

Die besten Angaben über den Mittleren Muschelkalk von Elsaß-Lothringen finden wir bei VAN WERVEKE (137—145). Man muß sich hier vollkommen auf Literaturangaben beschränken, da wegen der politischen Grenzen zur Zeit keine anderen Angaben zu erhalten sind. Von den Profilen, die VAN WERVEKE (143) zusammenstellt, führen nur drei Steinsalz, die von Dieuze, von Saaralben und von Salzbronn. Eine eingehendere stratigraphische Gliederung weist nur das von Dieuze auf, es soll deshalb als Beispiel folgen.

Dieuze

	77,90 m	Mittlerer Muschelkalk
	I. 6,10 m	Dolomitische Schichten
341,70—346,00 m	4,30 m	Dichter, gelblicher Dolomit mit Einlagerung von 0,15 m körnigem weißem Gips
346,00—347,80 „	1,80 „	Dunkelgrauer, dichter schiefriger Dolomitmergel und Dolomit
	II. 34,20 m	Anhydritische Schichten
347,80—348,00 m	0,20 m	Anhydrit
348,00—348,30 „	0,30 „	Dolomit, dicht, schiefrig spaltend
348,30—371,80 „	23,50 „	Dichter Dolomit in unregelmäßiger Wechsellagerung mit zeitweise überwiegendem Anhydrit, deutliche Schichtung
371,80—372,90 „	1,10 „	Dolomit, oolithisch
372,90—381,00 „	8,10 „	Anhydrit
381,00—382,00 „	1,00 „	Dolomit, dicht
	III. 10,00 m	Tonige Schichten
382,00—386,00 m	4,00 m	Schwarzer schiefriger Ton und untergeordnet dichter Dolomit mit Adern von Salz, bei 385,40 m 1,00 m roter Ton, bei 386,00 m 0,05 m körniger Anhydrit
386,00—390,00 „	4,00 „	Dolomitmergel und dichter Dolomit, im unteren Teil mit Einlagerungen von Anhydrit
390,00—392,00 „	2,00 „	Ton, hellgrau und rot
	IV. 17,70 m	Steinsalzföhrende Schichten
392,00—400,50 m	8,50 m	Zwei Steinsalzsichten, die untere sehr grobkörnig, mit Zwischenlagerung von 1,00 m grauem und rotem Ton
400,50—401,60 „	1,10 „	Hellgrauer und roter Ton, schwarzer Dolomitmergel
401,60—402,50 „	0,90 „	Dolomit, dicht
402,50—409,70 „	7,20 „	Steinsalz, im Liegenden stark durchwachsen mit Anhydrit, mit Zwischenlagerung von 0,35 m schwarzem, schiefrigem Dolomit, 0,05 m Anhydrit (von 405,00—405,05 m), 0,20 m Dolomit, dicht, mit Salzkristallen
	V. 9,30 m	Liegende Bildungen
409,70—410,10 m	0,40 m	Anhydrit
410,10—410,70 „	0,60 „	Dolomit, dicht
410,70—417,00 „	6,30 „	Anhydrit, dicht
417,00—417,05 „	0,05 „	Mergel, rot und hellgrau
417,05—419,00 „	1,95 „	Anhydrit, körnig

VAN WERVEKE rechnet zum Liegenden noch ein Schichtpaket von 28,20 m hellgrauem und rotem schiefrigem Ton mit Adern von Faser-gips hinzu. Seine Stellung erscheint mir aber fraglich. Auffällig sind

an diesem Profil die Abnahme des Hangenden um etwa 10 m auf Kosten des Dolomits, die oolithischen Dolomite und die Einschaltungen von roten und grauen Tonen und Mergeln. Die steinsalzführenden Schichten erscheinen wiederum dreigeteilt. Die genaue Höhenangabe der verunreinigenden Schichten scheint wegen aufgetretener Kernverluste nicht möglich gewesen zu sein.

Die Salinenverwaltung von Saaralben gibt nach VAN WERVEKE die Gliederung des 99,50 m mächtigen Mittleren Muschelkalks wie folgt an. Unter 28 m dichtem Dolomit folgt 31,50 m Salzton und Anhydrit in Wechsellagerung; das dann folgende, im ganzen 23 m mächtige Steinsalzführende gliedert sich, wie folgt:

4,50 m Steinsalz
1,00 „ Anhydrit
3,50 „ Steinsalz
3,50 „ Salzton mit Anhydrit
1,50 „ Steinsalz
1,00 „ Salzton
8,00 „ Steinsalz

Eine Gliederung in ein oberes Salzlager von 9 m Steinsalz, eine Zwischenlagerung von 3,50 m Salzton und Anhydrit und ein unteres Lager von 10,50 m Steinsalz ist auch hier möglich. Die Mächtigkeit der Hangendschichten mit beinahe 60 m entspricht mehr dem Normalen als in Dieuze. Das Liegende wird von 2 m Anhydrit gebildet, unter denen wieder die in ihrer Stellung fraglichen grauen und roten Tone kommen, hier mit einer Mächtigkeit von 15 m.

Die benachbarte Bohrung von Salzbronn aus der Zeit nach 1840 gibt ein Profil nur in ganz großen Zügen. Das angeführte Profil entstammt BENECKE (10, 569), wo die bei VAN WERVEKE fehlenden Mächtigkeitsangaben für den zusammengefaßten Oberen Muschelkalk und oberen Mittleren Muschelkalk vorhanden sind. Die Gliederung ist folgende:

Salzbronn

115,84 m Muschelkalk (in seinem unteren Teile oolithisch) und Mergel mit Knollen von Kiesel. Gipskristalle
14,83 „ Gips und Salzton
7,24 „ Anhydrit
7,90 „ Stinkender bituminöser Ton mit Gips
2,08 „ Roter und grüner Ton mit Nestern von gelbem Fasersalz
19,40 „ Steinsalz in fünf Bänken, durch dünne Lagen grauen Gipses getrennt
2,03 „ Gips (nicht weiter gebohrt)

Bei den Hangendschichten sind 9,98 m tonige und 22,07 m anhydritische Schichten gut zu unterscheiden. Die dolomitischen Schichten, vielleicht auch noch der oberste Teil der anhydritischen Schichten sind mit dem Oberen Muschelkalk, der 73,68 m unter Tage beginnt, zusammengefaßt worden; die Mächtigkeit ist also leider nicht festzustellen, kann aber beim Vergleich mit Saaralben auf etwa 20 m geschätzt werden. Bei den erwähnten Gipsen kann man wohl annehmen, daß es sich wie bei fast allen älteren Bohrungen um Anhydrit handelt. Die bunten Tone machen sich hier, wie auch in Dieuze, unmittelbar über dem Steinsalzlager bemerkbar. Im Liegenden geht die Bohrung

leider nicht weit genug, um ihr Vorhandensein nachzuweisen. Am Rhein-Marne-Kanal bilden nach BENECKE (10, 571) rote Tone und Gipse das Äquivalent der Steinsalzablagerungen von Salzbronn.

Maingebiet

Die bisher beschriebenen Salzgebiete liegen am Rand von Schwarzwald und Wasgenwald — Dieuze liegt 180 km westlich von Heilbronn —. Die Fortsetzung von Heilbronn nach Ostnordost bildet das durch Bohrungen gut erschlossene, bisher nicht ausgebeutete Salzgebiet am Main, in der Gegend von Kitzingen und Schweinfurt. Die Entfernung von Heilbronn beträgt rund 100 km. Die Lage der Bohrpunkte wurde auf Grund eines Gutachtens von THÜRACH (116, 107—148) für das bayrische Staatsministerium im August 1899 bestimmt. Seine Voraussagen, die sich vorwiegend auf tektonische Überlegungen stützen, haben durch die sofort anschließend erfolgte Ausführung der Bohrungen eine glänzende Bestätigung gefunden. Die vom bayrischen Staat ausgeführten Bohrungen wurden von REIS (98) eingehend bearbeitet und erstrecken sich auf ein Gebiet von 60 km nordsüdlicher Erstreckung.

Am eingehendsten wurde das in der Mitte liegende Bohrloch bei Kleinlangheim untersucht (98, 48—57). Es weist eine Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks von 91,54 m auf. Zwischen dieser Mächtigkeitsangabe (98, 49) und dem anschließend aufgeführten Detailprofil besteht eine Schichtdifferenz von 0,81 m. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um eine aus einzelnen kleinen Kernverlusten zusammengesetzte Bohrkerndifferenz. Da die sehr genaue Beschreibung von REIS zum Vergleich zu ausführlich ist und seine Tabelle (98, 96) für das Hangende nicht eingehend genug — auch einige Druckfehler haben sich eingeschlichen — so fasse ich im folgenden das Profil in der Art zusammen, wie es sich am besten in diese Arbeit eingliedern läßt.

Kleinlangheim

124,33—215,87 m 91,54 m Mittlerer Muschelkalk

I. + II. 41,67 m Dolomitische und Anhydritische Schichten

35,42 m Hauptanhydrit einschließlich der oberen Dolomitregion

2,37 „ Wechselnde Bänder von Dolomit und Anhydrit, in der Mitte überwiegt der Dolomit

3,44 „ Gebänderte Kalke, oben hellgrau, dolomitisch, nach unten dunkelgrau, bituminös, tonig, mehr mergelartig; oben mit Anhydritknollen, -linsen und -streifen, dann mit Asphalt und unten oolithische Einlagerungen

0,44 „ Oolith, mit starkem Salzgehalt und dolomitischem Bindemittel; Unregelmäßige Einschlüsse von Steinsalz und Gips

III. 8,38 m Tonige Schichten

0,43 m Dolomit, tiefbraun mit Salzausblühungen, oben noch kalkig, in der Mitte mit flasrigem Ton

0,26 „ dichter Anhydrit

2,92 „ Tonige Gesteine mit wechselnden Zwischenlagen von Dolomit und nach unten zunehmendem Anhydrit; mit feinsandigen, weißen Glimmer führenden Schmitzen, zu unterst fleischroter Quarzsand

0,45 „ Anhydrit, tonig gebändert

0,72 „ Dolomit, hellgelbgrau mit einzelnen Anhydritbändern

0,87 „ Tonige, anhydritische und sandige Schichten im Wechsel, unten bis 0,005 m starke fleischrote Sandlage

- 0,90 m Anhydrit, massig, gebändert
 1,83 „ Anhydrit mit Steinsalzeinschlüssen
- IV. 33,46 m Steinsalzführende Schichten
- 8,60 m Steinsalz, grobkörnig, mit Anhydrit- und Tonsporaden oder -flasern.
 4,50 m von oben 0,60 m dichter Anhydrit, in dessen Mitte eine Einlagerung von knolligem, braungelbem, dolomitischem Material und Schmitzen eines fleischroten Quarzsandes, oben und unten von tonigen Anhydritbändern begrenzt
- 2,40 „ Anhydrit, dicht, feingebändert, unten tonig und tonig-dolomitisch, oben mehr feinsandig
- 21,66 „ Steinsalz, grobkörnig, wie oben
 3,66 m von oben 0,35 m Anhydrit mit starken Steinsalzeinschlüssen.
 Weitere 9,75 m tiefer 0,03 m Anhydrit mit Ton- und Sandschmitzen
- 0,80 „ Steinsalz mit großen Anhydritknollen, übergehend in dichten tonig-sandigen Anhydrit
- V. 7,12 m Liegende Bildungen
- 2,32 m Anhydrit, dicht, mit vereinzelt tonigen und tonig-dolomitischen Bändern, übergehend in Dolomit
- 4,80 „ Dolomit, hart, dunkelschwarzgrau, stark bituminös
- VI. 0,81 m Schichtdifferenz

Bis auf ein Schichtchen habe ich mich an die Einteilung von REIS gehalten. Da aber aus der Beschreibung hervorzugehen scheint, daß die Grenzschicht unter dem Steinsalz zumindest in ihrer oberen Hälfte überwiegend aus Steinsalz besteht, habe ich sie mit 0,80 m noch dem Steinsalzführenden hinzugerechnet, weil auch in Heilbronn das untere, stark durch Anhydrit verunreinigte Steinsalz noch zum Salzlager gerechnet wird. Die Zweiteilung des Steinsalzes ist auch hier gut ausgeprägt. Die Trennung des dolomitischen vom anhydritischen Horizont ist leider nicht möglich. Auffällig ist das Auftreten der Oolithe am Fuße der anhydritischen Schichten mit etwa 0,50 m Mächtigkeit und ihre scheinbar allmähliche Abnahme nach oben. Die tonigen Schichten zeichnen sich durch mehrfache Sandführung aus.

Einen Vergleich ermöglicht das Profil von Burgbernheim I, etwa 35 km südlich von Kleinlangheim. Hier finden wir unter 8,43 m Dolomit 42,60 m Anhydrit (+ Ton?). Darunter folgt 15,85 m mittel- bis grobkörniges Steinsalz. In ihm liegt gut 2 m unter der oberen Grenze eine Anhydriteinlagerung von 0,50 m. Weitere 3,50 m unter dieser sehen wir zwei Einlagerungen von tonigem Anhydrit mit feinkörnigem, rötlichem Quarzsand. Zum Liegenden, 17,55 m Anhydrit, werden außer den liegenden Dolomiten vielleicht auch noch die Myophorienschichten des Wellenkalks gerechnet. In dem 24 m westlich davon liegenden Bohrloch Burgbernheim II soll die Salzmächtigkeit um 0,25 m und der Anhydrit um 0,46 m abnehmen, während der Dolomit gleichbleibt. Im Bohrloch von Schwebheim, 2,25 km nordöstlich von Burgbernheim, wächst der Dolomit um 0,90 m auf 9,33 m; der Anhydrit nimmt um 3,33 m ab. Das Steinsalzführende hat eine Mächtigkeit von 18,26 m bei einem Anwachsen des Zwischenanhydrits auf 1,30 m. In den Bohrungen von Burgbernheim und Schwebheim ist also durchweg eine Zunahme des Salz- und Abnahme des Anhydritgehalts zu verzeichnen.

Auf der anderen Seite von Kleinlangheim, in dem 26,45 km nördlich von diesem liegenden Bohrloch von Bergheinfeld fand man wider

Erwarten kein Steinsalz bei einer Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks von 74,62 m. An Kernen liegen nur 64,53 m vor. Es lassen sich die folgenden Horizonte nach den überwiegenden Bestandteilen unterscheiden:

Bergheinfeld

4,17 m	Dolomit, oben dicht, unten bituminös und mit Anhydrit gebändert
5,29 ..	Anhydrit, oben und unten dolomitisch
3,77 ..	Dolomit, anhydritisch, unten bituminös und tonig
3,60 ..	Ton, etwas anhydritisch
2,65 ..	Anhydrit, massig gebändert
6,00 ..	Ton mit Zwischenlagerung von Dolomit und Anhydrit
6,70 ..	Anhydrit, massig, gebändert
3,90 ..	Anhydrit, in Dolomit übergehend, zu unterst oolithische Schicht mit unbestimmbarem Knöchelchen
0,45 ..	Dolomite, brecciös
6,20 ..	Anhydrite, in der Mitte vergipst, mit Zwischenlagen von Sand und Ton
3,26 ..	Ton und Anhydrit im Wechsel, oben sandig, unten dolomitisch-sandig
2,60 ..	Anhydrit, dicht gebändert
4,59 ..	Anhydrit und Ton
11,28 ..	Anhydrit, übergehend in Dolomit

Die Schichtdifferenz von 10 m will REIS den oberen tonigen Anhydriten zurechnen. Die Abtrennung einer oberen dolomitischen Region von 13,23 m halte ich wegen der Schicht von 5,29 m Anhydrit nicht für gerechtfertigt. Die oolithischen Einschlüsse ermöglichen eine Identifizierung mit Kleinlangheim. Für die darunter liegenden Schichten gibt REIS unruhige Lagerung an. Das Profil von Bergheinfeld führe ich an, trotzdem es kein Steinsalz führt, da es einige Winke für die Bildungsgeschichte des Steinsalzes zu enthalten scheint.

Bei sämtlichen Profilen vom Main ist anzunehmen, daß Teile des Mittleren Muschelkalks noch zum Oberen gezählt wurden und zwar in einer Mächtigkeit von bis zu 10 m. Diese Vermutung stützt sich auf einen Vergleich, den REIS (99) mit den Dürheimer Bohrungen anstellt, wobei er die Zellendolomitbildung als hangende Grenze annimmt. Die Gründe für die Unmöglichkeit einer solchen Grenzziehung sind bereits bei der Besprechung der Dürheimer Bohrungen angegeben worden.

Thüringen

Die weitere Fortsetzung des Steinsalzlagers ist 150 km nord-nordöstlich bei Erfurt durch Salinen bei Erfurt und Gotha und ein 1912 stillgelegtes fiskalisches Steinsalzbergwerk erschlossen. Von der in den Jahren 1857—62 erstellten Doppelschachtanlage konnte ich trotz eifrigen Suchens in der Literatur zunächst keine zuverlässigen Angaben finden. Auf Grund einer freundlichen Mitteilung des letzten Werksdirektors, Herrn Oberbergamtsdirektors a. D. ENGELKE, fand ich in den Akten des Preussischen Oberbergamts in Halle nach einigem Suchen das amtliche Schachtprofil auf. Es war mir eine große Freude, auch die Genehmigung des Oberbergamts zu seiner Verwertung in dieser Arbeit zu erhalten; da spielte mir der Zufall eine Abhandlung von E. E. SCHMIDT (113) in die Hände, in der ein sehr gut bearbeitetes Profil des Schachtes enthalten ist. Die Angaben von FÜRER (48)

und AIGNER (2) zeigen, hiermit verglichen, erst recht deutlich, wie ungenau sie sind.

Brauchbarer sind dagegen die Angaben von ULRICH (122, 174) und QUENSTEDT (93, 460) über vorher an der Stelle der späteren Schächte niedergebrachte Bohrungen für einen Vergleich. Eigenartig mutet es an, daß E. E. SCHMIDT in den Erläuterungen zu dem neun Jahre nach obiger Arbeit von ihm bearbeiteten Blatt Stotternheim der Geologischen Karte von Preußen (166) mit keinem Wort auf seine frühere Arbeit hinweist.

In der erwähnten Arbeit betont E. E. SCHMIDT ausdrücklich, daß er seine Aufzeichnungen im vollen Einverständnis mit der Werksleitung gemacht hat, die ihm sämtliche Unterlagen, auch die heute nicht mehr auffindbare »Nachweisung über die beim Abteufen der Erfurter Steinsalzschächte bekannt gewordenen Gebirgsschichten« zur Verfügung gestellt hat. Auffällig ist an dem Profil die Einteilung des Oberen Muschelkalks in fünf Schichtgruppen nach Fossilien, denen man heute den Charakter als Leitfossilien längst abgesprochen hat. Dadurch ist auch die Grenzziehung zum Mittleren Muschelkalk bedingt. Es gehören hier die Schichten 98 und 99 noch zum Oberen Muschelkalk, erst die dann folgende Mergelschicht bildet die Grenze. Es bleibt demnach als oberstes Hangendes ein Paket von 6,50 m dichtem grauem Kalk (Kalkschiefer). Das ist eine auffällige fazielle Veränderung gegenüber den bisher behandelten süddeutschen Profilen. Im übrigen gibt SCHMIDT an, daß die von ihm übernommene Bezeichnung »Kalk« petrographisch ungenau ist, und daß ein schwankender Gehalt an »kohlenaurer Talkerde« bestimmt vorhanden gewesen sei, er habe diesen aber nur noch in dem darunter folgenden Schichtabschnitt, den er ausdrücklich als »Dolomitischen Kalkschiefer mit Gips und Anhydrit« bezeichnet, nachprüfen können. Dadurch wird die petrographische Unmöglichkeit eines Nebeneinanders von Anhydrit und Kalk glaubhaft erklärt. Diese hangende Gruppe ist 50,60 m mächtig. Im folgenden ist sie zusammen mit den steinsalzführenden Schichten zusammengefaßt in:

Erfurt

Schicht	
102—106	7,70 m Kalk und Anhydrit im Wechsel
107	21,40 „ graue bis schwarze bituminöse Stinkkalke
108—110	6,80 „ fast reine Anhydrite
111	6,90 „ hellgraue Kalke
112—113	6,00 „ Anhydrit, nach unten vergipst
114	1,00 „ grauer Kalk
115	0,80 „ Anhydrit
116	1,30 „ Steinsalz
117	1,70 „ Anhydrit mit dolomitischem Kalk
118	19,50 „ Steinsalz mit 0,05—0,10 m starken Zwischenlagen von Anhydrit
119	0,90 „ Anhydrit
120	0,30 „ Steinsalz
121	1,10 „ Anhydrit
122	6,90 „ Steinsalz in 0,05—0,10 m starken Schichten, dazwischen Anhydrit bis zu 0,10 m

Das Fehlen von Ton ist eine besonders auffällige Eigentümlichkeit dieses Profils, wenn auch damit noch nicht erwiesen ist, daß er überhaupt nicht vorhanden ist. Da das Steinsalz bei SCHMIDT nicht beschrieben ist, füge ich zum Vergleich die Gliederung von AIGNER bei. Unter 2,2 m Anhydrit folgen:

- 24,40 m Unreines Steinsalz mit Anhydritschnüren, welche kein Gegenstand des Abbaus sind
- 1,70 „ Anhydrit, welcher stehen bleibt
- 4,10 „ Steinsalz, Objekt des Firstenbaus
- 0,60 „ Anhydrit (grau) wird gewonnen und teilweise als Düngemittel für Kleefelder verkauft
- 1,60 „ Steinsalz wird gewonnen
- 1,30 „ Anhydrit, das Liegende des Lagers

Die Übereinstimmung mit den SCHMIDT'schen Angaben ist nicht groß, besser trifft das für das folgende im Jahre 1894 von Markscheider HÜBNER aufgestellte amtliche Schachtprofil zu, das ich den Akten des Preußischen Oberbergamts in Halle entnehme; aber auch dies ermöglicht keine einwandfreie Gliederung. Da es bisher noch nicht veröffentlicht wurde, füge ich auch den Oberen Muschelkalk hinzu, zunächst unter Angabe der Gliederung im Original.

Erfurt

	68,00 m	Oberer Muschelkalk
219,00—230,00 m	11,00 m	Mergel und Kalk in vielfachem Wechsel mit Fischschuppen auf den Schichtungsflächen
230,00—230,60 „	0,60 „	<i>Terebratelkonglomerat</i>
230,60—251,00 „	20,40 „	Kalk und Mergel mit <i>Pecten discites</i> usw., zu unterst wieder Fischschuppen, selten Saurierreste
251,00—265,00 „	14,00 „	Kalk dünnplattig, mit Mergelschiefer wechselnd, vorwiegend mit <i>Gervillia socialis</i>
265,00—272,00 „	7,00 „	Kalk mit Mergelzwischenlagen, <i>Lima striata</i> , <i>Pecten laevigatus</i> usw.
272,00—287,00 „	15,00 „	Kalk, fest und grau (Kalkschiefer?), von 280,50—281,00 m Mergelschicht
	mehr als 80,25 m	Mittlerer Muschelkalk
287,00—295,00 m	8,00 m	Kalk mit eingelagerten Anhydritbänken
295,00—316,00 „	21,00 „	Kalk, grau bis schwarz, bituminös, Stinkkalk
316,00—322,00 „	6,00 „	Anhydrit, bei 320,00 m 0,30 m hellgrauer Kalk
322,00—329,00 „	7,00 „	hellgrauer Kalk
329,00—335,00 „	6,00 „	Anhydrit
335,00—339,00 „	4,00 „	Anhydrit im Wechsel mit grauem und dolomitischem Kalk, Spuren von Steinsalz
339,00—358,00 „	19,00 „	Steinsalz, verunreinigt durch Zwischenlagen von Anhydrit
358,00—360,50 „	2,50 „	Anhydrit mit zwischengelagertem Steinsalz
360,50—367,25 „	6,75 „	Steinsalz verunreinigt durch starke Zwischenlagen von Anhydrit

Aus der Tatsache, daß das Liegende des Profils mit 178,07 m unter NN. angegeben wird, ergibt sich zunächst, daß das Profil nicht bei der 185,49 m über NN. liegenden Rasenhängebank, sondern an der 3,69 m höheren Hängebank zu zählen anfängt; es hängt also ein Teil in der Luft. Vielleicht ist diese Tatsache eine Erklärung für die vielfach etwa 2—3 m betragenden Höhenunterschiede gegenüber E. E. SCHMIDT. Andererseits machen die Zahlenangaben oft einen recht grob zuge-

stutzten Eindruck. Schließlich sind auch die Hauptfehler des SCHMIDT'schen Profils, die scharfe Gliederung nach den recht fraglichen »Leitfossilien« und die ungenaue Bezeichnung sicherer dolomitischer Schichten als »Kalk«, vorhanden. Die Grenzziehung zwischen Oberem und Mittlerem Muschelkalk verrät eine wahrscheinlich nur oberflächliche geologische Überarbeitung. Entsprechend dem SCHMIDT'schen Profil fasse ich hier die Mergelschicht bei 280,50—281,00 m als Grenzschicht auf und sehe in der 6 m starken Kalkbank einen Ersatz für die im Süden allgemein vorhandene hangende Dolomitregion des Mittleren Muschelkalks. Die Grenze kann sich im übrigen eher nach oben als nach unten verschieben.

Als Liegendes wird allgemein Anhydrit angegeben, dessen Mächtigkeit nach AIGNER 1,30 m, wahrscheinlich aber mehr beträgt. Als Besonderheit sei ein WALTHER'scher Bericht (133, 215) vom Auffinden eines Baumstammes im Steinsalz des Erfurter Schachtes erwähnt, der in der Sammlung der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin aufbewahrt wird¹⁾.

Als letztes kann das Erfurter Bohrloch, das an der Stelle der späteren Schächte in den Jahren 1852—55 abgebohrt wurde, zum Vergleich herangezogen werden. Die amtlichen Berichte in der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate (I, 1854, S. A 198/II, 1855, S. A 341/III, 1856, S. A 252) sind aber sehr ungenau und vom Augenblick des Auffindens des Steinsalzes an, nach QUENSTEDT (93, 460) am 12. Dezember 1854, hören sie ganz auf. Die Angaben von FÜRER (48, 204), daß man 1854 in 340,30 m Teufe ein Steinsalzlager von 23,50 m Mächtigkeit angefahren habe, stammen wahrscheinlich von hier.

Verwendbar sind die folgenden Zahlen von ULRICH (122, 174), die einen zuverlässigen Eindruck machen:

339,80—344,30 m	4,50 m	Unreines Steinsalz
344,30—356,70 „	12,40 „	Reines Steinsalz
356,70—359,50 „	2,80 „	? ?
359,50—363,30 „	3,80 „	Reines Steinsalz
363,30—366,70 „	3,40 „	Unreines Steinsalz

Es herrscht also eine Übereinstimmung zwischen Bohrloch und Schacht, wie sie besser kaum zu wünschen ist. Da nach ULRICH bis 394 m weiter abgebohrt worden ist, nach AIGNER sogar bis unterhalb 600 m, habe ich die alten Bohrberichte aufzufinden versucht, bisher allerdings ohne Erfolg. Ihre Auffindung wäre insofern von Wert, als sie uns die Beschaffenheit des Liegenden angeben könnten, das für die genetische Beurteilung einer Salzlagerstätte von größerem Wert ist, als das Hangende.

Daß die faziellen Abweichungen des Erfurter Mittleren Muschelkalks vom Typus des süddeutschen Mittleren Muschelkalks keine örtlich beschränkten sind, beweist die allerdings kein Steinsalz führende Bohrung »Schönstedt II« bei Langensalza (163, 33—35), 30 km west-

¹⁾ Vgl. auch Zs. D. G. G. 26, 1874, S. 215.

nordwestlich von Erfurt, gleichzeitig mit einer entsprechenden Äußerung von E. E. SCHMIDT (113). Auch hier finden wir unter 5,50 m grauen Kalken 29 m graue vergipste dolomitische Kalke, entsprechend den Schichten 102—107 von SCHMIDT; die darunter folgenden 8 m Gips entsprechen den 6,80 m Anhydrit der Schichten 108—110; die 7 m dolomitischen Kalke gleichen den hellgrauen Kalken der Schicht 111, die letzten 9 m Kalkstein mit Gips und Anhydrit den Schichten 112—117. Der Gips von 195—203 m Tiefe ist als Ersatz des Hauptsteinsalzlagers anzusehen. Leider ist ein Vergleich in weitere Teufe nicht möglich. Die Grenze zwischen Mittlerem und Unterem Muschelkalk — 34 m unter dem zuletzt genannten Gips — ist in dieser Bohrung anzuzweifeln, aber infolge der ziemlich groben Beschreibung der Schichten schlecht nachzuprüfen. Meines Erachtens gehören nur noch 2 m graublauer mergeliger Kalk und darunter 2 m grauer mergeliger Dolomit zum Mittleren Muschelkalk.

Norddeutsche Steinsalzvorkommen

Den besten Bohraufschluß aus dem norddeutschen Tieflande — Mittleren Muschelkalk mit vollständig ausgebildetem Steinsalzführendem — finden wir 160 km nordwestlich von Erfurt in der Bohrung »Carls-glück II« bei Groß-Förste bei Sarstedt, auf halbem Wege zwischen Hannover und Hildesheim. Es handelt sich hier um eine verunglückte Kali-bohrung, die für die Wissenschaft aber gerade aus diesem Grunde sehr wertvoll ist. Das Profil wurde in großen Zügen bereits von ZIMMERMANN (49, 323) angegeben. Die Veranlassung dazu gaben die auffallenden bunten Schichten an der unteren Grenze des Mittleren Muschelkalks. Einige weitere Bohrungen entnahm ich den »Ergebnissen von Bohrungen« (30). Herrn Bergrat Dr.-Ing. FULDA von der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin bin ich zu großem Dank verpflichtet, daß er mich außerdem noch auf eine Reihe weiterer Bohrungen aufmerksam machte, und mir die Erlaubnis zur Einsicht des Bohrarchivs der Preußischen Geologischen Landesanstalt und zur kurzen Durchsicht der dort aufbewahrten Bohrproben verschaffte.

Das Profil von »Carls-glück II« habe ich an Hand des von ZIMMERMANN bearbeiteten Bohrprofils noch einmal zusammengestellt und durch eigene Beobachtungen an den Bohrkernen ergänzt. Es ergibt sich dann das folgende Profil:

Carls-glück II

150,00 m Mittlerer Muschelkalk	
I. 22,00 m Kalkig-Dolomitische Schichten	
527,00—531,00 m	4,00 m Kalke, massige oder knollige, kristalline
531,00—536,00 „	5,00 „ Dolomit, graugelb, dünn und ebenplattig, bei
	532,00—535,80 m mit größtstrahligem blauem oder wasser-
	klarem Anhydrit auf Klufflächen
536,00—549,00 m	13,00 m Mergel, eben und dünnschiefrig, zum Teil gebändert, auch
	mit einer grauen, stärkeren Tonlage. Bei
	540,00 m die obersten Anhydritknollen,
	546,00 „ eine konglomeratähnliche Lage,

			548,00 „	Dolomit, ebenplattig, etwas salzig, mit Pseudomorphosen nach Steinsalz
	II. 32,00 m Dolomitisch-Anhydritische Schichten			
549,00—579,00 m	30,00 m	Letten und Dolomitmergel, anhydritisch gebändert, bis mergelstreifige Anhydrite, ebenschichtig, aber zum Teil auch mit eingewachsenen Knollen von Anhydrit		
579,00—581,00 „	2,00 „	Dolomit, grau, großzellig, die Zellen mit großspätigem, bräunlichem Steinsalz erfüllt		
	III. keine Tonigen Schichten			
	IV. 79,10 m Steinsalzführende Schichten			
581,00—599,00 m	18,00 m	Steinsalz, grob bis großkörnig oder grobspätig, meist braun oder schwach gelblich-grau, zum Teil auch schneeweiß, selten mit eingewachsenem Anhydrit, bei		
		590,80 m mittel- bis feinkristallin,		
		594,00 m großkristallin, stark verunreinigt,		
		598,10 m wasserklar, sehr gut und groß auskristallisiert		
599,00—619,00 „	20,00 „	Salzton, grau, anhydritisch, teils fest, teils zerfallend, von spätigem grauem und auch fasrigem rotem Steinsalz reichlich durchwachsen, bei		
		605,90 m sehr große Salzkristalle und Fasersalz nebeneinander,		
		616,00 m toniger Anhydrit, durch eingelagertes Steinsalz gebändert		
619,00—660,10 „	41,10 „	Steinsalz, ziemlich rein, grobspätig, weiß, grau bis gelblich-grau, bei		
		659,40 m mittel- bis feinkristallin		
	V. 16,90 m Liegende Bildungen			
660,10—668,00 m	7,90 m	Anhydrit, mit Steinsalz durchsetzt		
668,00—673,00 „	5,00 „	Schieferton, schwarzgrau, dünnblättrig zerfallend, und Dolomitmergel, dünn und eben gebändert		
673,00—677,00 „	4,00 „	Anhydrit- und Dolomitmergel, grüngrau und dünnschichtig und violett-grauer Kalkmergel bis stumpfvioletter Schieferton mit dünnen Anhydritlagen und roten Fasersalztrümmern		

Wenn man das Profil durchsieht, fällt zunächst wieder die oberste Kalkbank auf, die sich schon bei Erfurt dem obersten Mittleren Muschelkalk angegliedert hatte. Desgleichen fehlen die tonigen Schichten vollkommen, dafür tritt aber merkwürdigerweise mitten im Steinsalz jetzt wieder die starktonige Zwischenschicht auf, wie wir sie in der Schweiz beobachtet haben. Die vorhandenen Bohrproben zeigen nicht nur sehr viel Beimengungen von Steinsalz, sondern auch, daß dieser Ton zeitweise auffallend stark mit Anhydrit durchsetzt ist. Der Kern bei 616 m erinnert deutlich an die gebänderten Anhydrite in der Mitte des Heilbronner Steinsalzlagers. In dem darüber liegenden oberen Steinsalzlager ist in 587,90 m Teufe das Steinsalz genau so ausgebildet wie das Heilbronner Fördersalz. Das mittel- bis feinkörnige Steinsalz bei 590,80 m erinnert lebhaft an das gebänderte Steinsalz der »Heilbronner Zwischenschicht«, es ist allerdings noch ein klein wenig grobkörniger. Das tiefere Steinsalzlager ist seiner Struktur nach unbedingt dem Heilbronner Fördersalz gleichzustellen. Ob man die liegenden Bildungen in dieser Mächtigkeit zum Mittleren Muschelkalk rechnen soll, kann umstritten werden. Zweifellos gehören die beiden oberen Schichtenbündel dazu. Die darunter folgenden bunten Schichten fallen durch ihre Eigenart besonders auf und erinnern nur an ähnliche Schichten in Lothringen. An ihrer Basis findet man die erste *Myophoria orbi-*

ularis. Darunter folgen echte *Orbicularis*-Schichten als sehr dünn-schiefrige, graue Dolomitmergel.

Leider sind mir aus der näheren Umgebung der Bohrung »Carls-glück II« keine Bohrungen mehr bekannt geworden, die das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks erschlossen haben und so einen Vergleich ermöglichen würden. Dafür finden wir eine große Zahl, allerdings meist ziemlich ungenauer Bohrprofile in einem Gebiet, das ungefähr von Braunschweig, Magdeburg, Gardelegen und Öbisfelde eingeschlossen ist. Der Eigenart wegen sei auf eine Bemerkung von KOENEN's (61, 26) hingewiesen, daß man im Schacht »Fürst Bismarck«, südlich von Salzgitter beim Aufsuchen von Kalisalzen durch Treiben eines Querschlags in 1075 m Teufe zwar keine Zechsteinsalze antraf, aber Steinsalze im allerdings stark gestörten Mittleren Muschelkalk, die in ihrer Ausbildung mit denen von Erfurt eine gewisse Ähnlichkeit zeigten. Die 450 m westlich von diesem Schacht liegende Bohrung »Gitter I« (165, 187—189) zeigt ebenfalls Mittleren Muschelkalk mit Steinsalzlagen, und zwar graues Steinsalz bei 499—501 m, 503 bis wahrscheinlich 509 m, 522 m, 527—540 m, 545 m, zuletzt bei 559—561 m in »brecciöser Vermengung mit Ton«. Das dann folgende Steinsalzlager von 623—660 m ist vorwiegend rot gefärbt. Bei 664 m findet sich dann noch einmal graues, grobspätiges Steinsalz. Die Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks mit mehr als 250 m ist aber eine darart abnorme, daß sie nur durch beinahe steil stehende Schichten oder größere tektonische Störungen, ich denke dabei auch an sekundäre Einpressung von Zechsteinsalz, erklärt werden könnte. Die »brecciöse« Schicht bei 561 m ähnelt dem normalen Salzliegenden durch die für das Liegende des Muschelkalksalzes typische Ablagerung von in Ton eingebetteten Steinsalzkristallen, die tatsächlich oft einen brecciösen Eindruck machen. In diesem Falle hätte man nur eine Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks von etwas über 100 m. Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme wird aber durch die darunter folgenden roten Steinsalzschiechten völlig in Frage gestellt. H. SCHROEDER (165, 29 und 189) hält diese für umkristallisierte Muschelkalksalze, FULDA dagegen nimmt für den gesamten Mittleren Muschelkalk dieser Gegend eingepreßte Zechsteinsalze an, wogegen allerdings außer Beobachtungen von SCHROEDER auch einige Vorkommen in benachbarten Bohrungen sprechen. Tatsache bleibt, daß wir uns in einer Gegend befinden, deren Tektonik durch Zechsteinhorste eine außerordentlich gestörte ist, wie ja schon die Erfahrungen aus dem Schacht »Fürst Bismarck« zeigten. In der Bohrung »Gitter I« finden sich zu große Schichtlücken, um eine einwandfreie Entscheidung zu ermöglichen.

Fünf Bohrungen finden sich in der Gegend von Groß-Twülpstedt, südwestlich von Öbisfelde. Die beste ist eine Bohrung der Firma Gebr. Krüger und Co., Hannover, bei Volkmarisdorf. Bei 650 m Teufe finden wir unter 3 m, nach unten unreinem Steinsalz eine Einlagerung von 9 m Dolomit, nach unten Steinsalzlagen aufnehmend, darunter 26 m Steinsalz mit Anhydriteinschlüssen, 2 m dolomitische Letten und noch einmal 8 m Steinsalz. Als Liegendes sind 26 m Letten mit geringen Do-

lomiteinlagen angegeben. Das Hangende des Steinsalzes, als 42 m harter Dolomit im Wechsel mit teils dünneren, teils dickeren Lettenlagen bezeichnet, besteht etwa 8 m über seiner unteren Grenze nach einem Bohrkern aus einwandfreiem Anhydrit!

In der Bohrung »Hedwig III« bei Hehlingen finden wir von 940 m Teufe ab:

22,00 m	Gips mit Letten
3,10 „	grauen festen Ton mit Salzton
0,40 „	Steinsalz mit Salzton
2,20 „	Schwarzen Anhydrit, mit Steinsalz durchlagert
26,30 „	Steinsalz mit Anhydriteinlagerungen
1,00 „	Anhydrit mit Steinsalz
1,90 „	Steinsalz
0,50 „	Anhydrit
3,25 „	Helles Steinsalz (nicht durchbohrt?)

Das Liegende ist nicht erbohrt, infolgedessen ist die Stellung dieses Steinsalzes zum Mittleren Muschelkalk nicht unbedingt sicher.

Die Bohrung »Albrechtshall« bei Almke verzeichnet von 301 m ab folgende Schichten:

1,00 m	Anhydrit
12,30 „	Anhydrit mit Lettenlagen
13,30 „	Geschlossener Anhydrit
3,50 „	Anhydrit mit Kalkstein
2,90 „	Anhydrit
41,00 „	Steinsalz
4,00 „	Anhydrit
6,50 „	Schaumkalk

Hier handelt es sich zweifelsohne um echten Mittleren Muschelkalk.

Die Bohrung II bei Neindorf ist eine Meißelbohrung; es heißt von 116,50 m ab im Bohrregister:

2,50 m	Gips mit Anhydrit
6,00 „	Anhydrit
2,00 „	Steinsalz mit Anhydrit
33,00 „	Anhydrit mit Steinsalz
2,30 „	Anhydrit
26,70 „	Letten, schiefrig
1,50 „	Sandstein mit Kalk (Schaumkalk)

Diese Bohrung läßt sich ebenso wenig verwerten wie die Bohrung III bei Almke, in der 54 m Steinsalz im Mittleren Muschelkalk angegeben werden.

Die Groß-Twülpstedt zunächst gelegene Bohrung ist »Albrechtshall IV« bei Rottorf a. Klei bei Süplingen. Wir finden von 548 bis 596,50 m graues Steinsalz mit Anhydrit und blauen Letten durchwachsen. Bis 605,60 m reicht der Anhydrit, bei 616 m liegen *Orbicularis*-Schichten. Die Grenzbestimmungen sind unsicher, da die Bohrkernscheiben nicht in Ordnung sind. Eine Probe Steinsalz mit dünnen Tonzwischenlagen erinnerte stark an Heilbronn.

Bei Eilsleben (Seehausen) führen fünf Bohrungen der Gewerkschaft Burbach, Nr. 13, 32, 35, 39 und 47, sowie die Bohrung »Sieggers-

leben I« Steinsalz im Mittleren Muschelkalk. Als Beispiel soll das Profil von »Eilsleben I« (Burbach Nr. 32) von 230 m Teufe ab folgen:

	Letten und Gips (dolomitisch)	
4,00 m	Anhydrit	
10,00 „	Letten mit Gips	
5,00 „	Anhydrit	
6,00 „	Salzton mit Gips	
3,00 „	Salzton	
15,00 „	Steinsalz	
8,00 „	Anhydrit und Letten mit Einlagerung von dünnplattigem dolomitischem Kalk	

Zuverlässiger ist die Bohrung »Bismarckhall IX« bei Wedringen, 4 km östlich von Neuwaldensleben. Es liegt vom Mittleren Muschelkalk eine reichhaltige, mit sicheren Tiefenangaben versehene Reihenfolge von Kernen vor; diese bestehen aus:

687,00—732,00 m	45,00 m	Dolomite, gelb, eben- und dünschiefrig, bei
		695,00 m Anhydrit auf Spalten, bei
		714,00 m Anhydritknollen, bei
		731,00 m zellig (Auslaugung beim Bohren?)
732,00—733,20 „	1,20 „	Ton mit Steinsalzschnüren
733,20—735,80 „	2,60 „	Steinsalz, gelbgrau, feinkörnig und grobkörnig
735,80—740,00 „	4,20 „	Anhydrite und Kalkschiefer, steinsalzführend

Die Bohrung ist leider hier eingestellt worden, so daß besonders die Frage nach einem zweiten Steinsalzlager nicht geklärt ist. Zu bemerken ist noch, daß die Ausbildung des Steinsalzes einschließlich seiner Einschlüsse stark an Heilbronn erinnert.

Erwähnenswert ist auch die 4 km weiter nördlich liegende Bohrung »Bismarckhall V« bei Neuenhofe bei Uthmöden. Hier folgen bei 337,60 m unter 9,60 m Anhydrit, unten mit Salzton wechselnd, 4,20 m horizontal geschichtetes Steinsalz, 1,50 m fester Anhydrit, 7,20 m Steinsalz mit Anhydriteinlagen und 20 m Anhydrit mit grauen Schieferletten, die zum Teil wohl schon dem Unteren Muschelkalk zugerechnet werden müssen.

Die nördlichste Stelle, an der zweifelsfreies Steinsalz des Mittleren Muschelkalks erbohrt wurde, ist die Bohrung »Zicherie« bei Steinke, 15 km nördlich von Öbisfelde. Bis 680,30 m haben wir hier Anhydrit, dünn und ebenschichtig, mit Tonen und Anhydriten wechselnd, die unteren 2 m salzhaltig, bis 695 m folgt dann vermutlich Steinsalz, obwohl nach einer Probe aus 682 m Teufe dem oberen ähnlicher dolomitischer Anhydrit vorliegt. Bis 705 m finden wir graues Steinsalz, dessen oberste 7 m rein sind, während es unten mit Anhydrit verwachsen ist. Das Liegende bilden 6 m Dolomite, hellgelb, dick- und dünschichtig und blaue dünschichtige, blättrige Mergel. Darunter folgen 4,80 m Dolomitschiefer, mergelig, oben mit Anhydrit, unten in grauen Ton übergehend, zu unterst 1 m ziemlich geschlossener Anhydrit. Die Lagerung ist in der ganzen Bohrung ziemlich horizontal, nur in den Dolomiten unter dem Steinsalz manchmal bis zu 30° geneigt. Die Richtung des Einfallens ist leider nicht angegeben. Bei 658 m liegen Schichten von Fischschuppen.

Die noch etwas nördlicher liegenden Bohrungen »Altmersleben III und IV« bei Calbe a. M. 20 km nördlich von Gardelegen (vergl. außerdem 160, 15) sind auch salzfündig geworden, es läßt sich aber aus den spärlichen Bohrregisterangaben nicht mit Bestimmtheit sagen, ob das unter 85 bzw. 45 m grauem Gips mit noch nicht einem Meter Mächtigkeit angebohrte Steinsalz dem Mittleren Muschelkalk oder dem Zechstein zuzurechnen ist. Ich halte mich hier an die Angaben von FULDA und nehme infolge der starken Entwicklung des Gipses das letztere an.

Rund 100 km nordwestlich des soeben beschriebenen Steinsalzgebietes könnten wir noch einmal einen guten Aufschluß des Steinsalzes des Mittleren Muschelkalkes haben, nämlich am Lüneburger Salzhorst. Es handelt sich hier zweifelsfrei um einen Zechsteinhorst, aber er hat uns auch den Muschelkalk sehr gut erschlossen. GAGEL (49 und 50) berichtet über seine vollständige und auffallende Mächtigkeit bei Gelegenheit der geologischen Bearbeitung von drei neueren Bohrungen. Er weist besonders auf die auffällige Übereinstimmung der Entwicklung von Wellenkalk und Mittlerem Muschelkalk mit Thüringen und Süddeutschland hin, während die matt- und hellroten Mergelschiefer an Westdeutschland erinnern. Die Schichtfolge von 171 bis 256 m im Bohrloch Lüneburg I hat die Salinenverwaltung nicht bekannt geben wollen, hier liegt also höchstwahrscheinlich das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks. Bei dem starken Einfallen der Profile nimmt diese Mächtigkeit, von der wahrscheinlich auch noch einige Begleitschichten abgehen, nicht wunder. Auf der Tatsache, daß in sämtlichen Profilen mehr oder weniger erhebliche tektonische Lücken vorhanden sind, fußt die Ansicht, daß es sich bei dem von der Saline ausgebeuteten Steinsalz um eingepreßtes Zechsteinsalz handelt.

Weiter nach Westen weisen die Bohrungen »Bentheim I« (53) an der deutsch-holländischen Grenze nahe Osnabrück und »Eibergen« (13) in Holland bereits eine Faciesänderung des Muschelkalkes auf. KRUSCH (68) vermutet, daß die Bohrung »Schwarze Erde 14« bei Raesfeld in einem Graben steht, in dem Lias und Muschelkalk erhalten blieben.

Der nächste Aufschluß nach Osten, der auf ein primäres Fehlen des Steinsalzes hinweist, findet sich 150 km östlich vom Magdeburg-Braunschweiger Bezirk in den Steinbrüchen bei Rüdersdorf bei Berlin (90 und 164). Weiter nach Osten lassen sich in der Bohrung »Groß-Zöllnig II« (30, IV, 680) nahe Öls, 30 km östlich von Breslau die Schichten des Mittleren Muschelkalks noch abtrennen. Sie zeichnen sich einerseits wiederum durch einen etwas höheren Anhydritgehalt aus, führen aber andererseits *Lingula* und Fischschuppen. Weiter nach Südosten habe ich Mittleren Muschelkalk in anhydritischer Ausbildung bisher nicht mehr feststellen können. In der Bohrung »Pniow VIII« (30, V, 965) bei Tost, 15 km nördlich von Gleiwitz, ist er jedenfalls nicht mehr vorhanden.

III. Die theoretischen Bildungsbedingungen der Hauptgesteinsbildner des Mittleren Muschelkalks

Allgemeines

Als Mittlerer Muschelkalk wird derjenige Teil des Muschelkalks bezeichnet, der auf eine offensichtliche Einengung des Muschelkalkmeeres bis zu einer Bildung von Steinsalzlagerstätten hindeutet. »Anhydritgruppe« ist für ihn die richtigste Bezeichnung. Ich vermeide sie allerdings in dieser Arbeit, aber nur, um bei weitergehender stratigraphischer Gliederung Mißverständnissen vorzubeugen. Die neuere Geologie ist von der straffen Formulierung abgegangen, insofern sie diese nur für die Hauptausbildungsgebiete aufrecht erhält, während nach den Rändern des Muschelkalkmeeres zu und besonders dort, wo man die Zuflüsse aus dem Weltmeer vermutet, diese Definition aufgegeben wird, da Zuflüsse von Meeres- und Süßwasser das Formationsbild naturgemäß oft völlig verändern. Aus denselben Gründen hat man auch die Lehre von der unbedingten Fossilfreiheit des Mittleren Muschelkalks verlassen müssen.

Aus den obigen Ausführungen ergibt sich also, daß man aus den das Steinsalz führenden Profilen das vollkommenste Formationsbild erhalten muß. Ein Nachteil besteht insofern, als es sich hier im allgemeinen nur um Bohrergebnisse handelt, die an Zuverlässigkeit die Aufschlüsse über Tage und in der Grube nie erreichen werden. Andererseits muß man berücksichtigen, daß einwandfreie Aufschlüsse über Tage bei normaler Ausbildung des Mittleren Muschelkalks infolge der leichten Löslichkeit seiner Hauptbestandteile in unserem Klima nicht erhalten werden können. Das ist wohl auch der Grund, weshalb der Mittlere Muschelkalk trotz seiner volkswirtschaftlich größeren Wichtigkeit bisher gegenüber dem Hauptmuschelkalk und Wellenkalk von der geologischen Forschung so stiefmütterlich behandelt wurde.

Die Profile des Mittleren Muschelkalks zeigen in der Hauptsache drei Gruppen von Mineralien, aus denen sie sich zusammensetzen. Das Gerippe bilden die Dolomite, bzw. Kalke und die Anhydrite, bzw. Gipse. Sie bilden das Liegende, dessen Ausbildung und Grenzen sehr schwanken, letztere sind auch oft nur mit Mühe zu bestimmen, und das Hangende der Steinsalzlager, das im Gegensatz zum Liegenden eine überraschende Gleichmäßigkeit der Mächtigkeit bei wenig wechselnder Ausbildung der Schichten zeigt. Das Steinsalz und seine Begleiter treten nur örtlich auf und schwanken in ihrer Mächtigkeit bei vollkommener Horizontbeständigkeit erheblich, ohne indessen auf die Mächtigkeit des Hangenden und Liegenden von größerem Einfluß zu sein. Die dritte Gruppe sind die gelegentlichen Beimengungen, in der Hauptsache Tone und Sande, die im Gegensatz zu den ersten beiden Gruppen nicht chemische Absätze aus dem Meereswasser sind, sondern hauptsächlich mechanische Ablagerungen von Süßwasser und Wind.

Die verschiedene Vergesellschaftung der einzelnen Mineralien gibt uns den besten Überblick über die für die Bildung der Steinsalzlager-

stätten möglichen Bedingungen. Es sei deshalb auf die Bildungsgeschichte der Hauptminerale im folgenden kurz eingegangen.

Dolomit

Während die Kalke als ein Meeressediment aufzufassen sind, das sich aus dem Wasser der offenen Weltmeere unter den verschiedensten Bedingungen, besonders aber in der Tiefe, abscheidet, vollzieht sich die Dolomitbildung nach PFAFF (85) in einer Tiefe von 180 bis 1800 m in salzigen Meeren entweder primär oder durch nachträgliche Einwirkung der angereicherten Salzlösung auf schon gebildete Kalke. Nach PHILIPPI (87) ist der Anwesenheit von Magnesiumsalzen ein entscheidender Einfluß zuzuschreiben. Gleichzeitig beobachtet PHILIPPI aber auch Dolomitbildung in Sedimenten, die sehr rasch unter Meeresbedeckung erhärten, wie im Korallenkalk, eine Ansicht, die von WALTHER unterstützt wird (136, 321—323). Für diese Dolomitisierung dicht unter der Meeresoberfläche nimmt PHILIPPI den Einfluß des chemisch veränderten Wassers der Lagunen als Erklärung an. Das entspricht also einer Anreicherung des Salzgehaltes etwa nach den Grundsätzen der OCHSENIUS'schen Barrentheorie (80, 11 und 81, 123). Damit hängt es wahrscheinlich auch zusammen, daß in der Südsee Neubildungen von Dolomit besonders häufig beobachtet worden sind. Nach den wissenschaftlichen Ergebnissen der Deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer »Valdivia« (88) ist außerdem die Anwesenheit von Ammoniak der Dolomitbildung förderlich, die von Kohlensäure hinderlich. Die Ammoniakbildung ist aber an die Verwesung reichlicher Mengen organischer Substanz unter bestimmten Bedingungen gebunden, wodurch auch der meistens ziemlich erhebliche Bitumengehalt seine Erklärung findet. Eine wesentliche der Bedingungen scheint nur in den höheren und höchsten Wasserschichten erfüllt zu sein. Auch die Möglichkeit der Einwirkung von Bakterien ist heranzuziehen. Eine Dolomitisierung von Tiefseeschichten konnte nirgends nachgewiesen werden. Daraus folgt ohne weiteres, daß man Dolomite nur als eine Flachmeer-, bzw. Randfacies anzusehen hat. Weitere Bedingungen sind die Anreicherung des Wassers an Salzen, also Binnenmeer- oder Lagunenbildung und letzten Endes auch eine tropische Temperatur. Daraus erklärt sich zwanglos, daß der Dolomit in bunten Schichten fast ganz fehlt.

Bei den Zellendolomiten und -kalken handelt es sich um Auslaugungsreste, also sekundäre Erscheinungen. Ihre Entstehung ist von NEMINAR (79) eingehend beschrieben worden. Eine eigenartige primäre Ausbildungsform des Kalks, bzw. des Dolomits sind die Oolithe, deren Entstehung sehr umstritten ist. WALTHER (136, 321) sieht in ihnen eine Einwirkung der Wüste auf das Meer. »Seichtes Wasser, das sich stark erwärmt, und dessen Salzgehalt durch die Wüsten Sonne konzentriert wird, eine reiche Fauna (ich denke besonders an das Plankton), welche infolge dieser Umstände stirbt und das Wasser mit Zersetzungsprodukten anreichert, und Wüstenstürme, die feinste Staubteilchen in

das Wasser treiben, um welche sich solange kleine Kalkkrusten ausscheiden, bis sie so schwer werden, daß sie zu Boden sinken — das sind die Umstände, unter denen hier ein großes Oolithlager entsteht.« LINCK (74), der die Dolomit- und Eisenoolithe für sekundär aus kalkigen entstanden ansieht, unterscheidet sogar noch weiter die rezenten, aus Aragonit bestehenden Oolithe ausdrücklich von den fossilen, in Kalkspat umgebildeten. Die Oolithbildung im offenen Meere ist gekennzeichnet durch vortreffliche Schichtung, in der große und kleine Oolithe gemischt sind; Kreuzschichtung und Klassierung deuten dagegen auf ausgesprochene Strand- bzw. Dünenbildung. Der Ansicht, daß die Dolomitisierung immer eine sekundäre ist, möchte ich nicht unbedingt zustimmen. Die Vorbedingungen zur Abscheidung primären Dolomits werden wahrscheinlich auch Anlaß zur primären Bildung oolithischen Dolomits geben, wenn die Voraussetzungen der oolithischen Ausbildung außerdem gegeben sind.

Anhydrit

Eine weitere Einengung des Meeres bringt die Abscheidung von Anhydrit; die Bildungsbedingungen von Dolomit und Anhydrit liegen nicht weit auseinander. VANT HOFF (57, 183—190) hat sich mit den theoretischen Voraussetzungen zur Bildung des Anhydrits eingehend beschäftigt. Das Ergebnis seiner vielen Versuche ist, daß »die Bildungstemperatur des unlöslichen natürlichen Anhydrits unter derjenigen des löslichen Anhydrits und noch tiefer unter derjenigen des Halbhydrats« zu liegen scheint, »da durch die vorliegenden Beobachtungen feststeht, daß man es von 25° an bei der natürlichen Salzlagerbildung im wesentlichen mit Anhydrit zu tun hat, und das Auftreten von Gips unberücksichtigt bleiben kann«. Die Begründung ist rein chemisch und wird aus der Tension der Lösungen gefolgert. Die natürliche Voraussetzung ist wieder die Anwesenheit von NaCl, MgCl₂, KCl und reichlich SO₄-Ionen. OCHSENIUS (82, 191) nahm vorher an, daß das sich an der Oberfläche ausscheidende CaSO₄ beim Durchsinken der Lauge sein Kristallwasser an diese abgibt und folglich als Anhydrit am Boden ankommt.

Die Ausscheidung des Anhydrits erfolgt — mehr in flachem Wasser, als in größerer Tiefe — in zwei Hauptformen. Die normale ist die Ausscheidung in Bänken, entweder rein oder in inniger Vermengung mit Dolomit und Steinsalz, sowie zufälligen Beimengungen von Sand und Ton. Die zweite Form der Ausbildung, in Knollen, ist auf weniger dichte Lösungen, meist wohl infolge von Süßwassereinschwemmungen, vielleicht auch von neuen Meereseinbrüchen, zurückzuführen; deshalb finden wir sie in den roten bzw. bunten Schichten fast ausschließlich. In den Schichten mit Anhydritknollen finden sich ziemlich häufig Versteinerungen, während diese sonst schon in den Dolomiten aufhören. Hinweisen möchte ich noch darauf, das durch die Zersetzung von Organismen, also Eiweiß, scheinbar viel SO₄-Ionen entstehen, die die Bildung von Anhydrit außerordentlich begünstigen.

Viel Streitigkeiten hat es wegen des Vorkommens von Gips auf Steinsalzlagerstätten gegeben. Meines Erachtens ist eine primäre Ausscheidung von Gips nur in dem einen Falle möglich, wo Süßwasser ein Anhydritlager mit höchstens geringem Salzgehalt aufgelöst hat und dieses dann als Gips an anderer Stelle wieder ablagerte. Es ist außerdem die Einschränkung zu machen (105, 531), daß Gips selbst in rein wäßriger Lösung nur unterhalb 63,5° stabil ist. In sämtlichen anderen Fällen handelt es sich um sekundäre Vergipsungen von Anhydritlagern an Ort und Stelle. Eine Gipsabscheidung am Rande eines Laugenbeckens ist so gut wie unmöglich, entweder ist die Lauge durch das einströmende Süßwasser zu dünn, um überhaupt CaSO_4 abzuscheiden, oder aber es tritt durch die Verdunstung auch wieder eine Anreicherung der Meeressalze ein und damit die Vorbedingung zur Ausscheidung von Anhydrit.

Steinsalz

Noch weitere Einengung des Meeres bringt die Ausscheidung des Steinsalzes, und anschließend der Kalisalze. Über diese sind eine Unmenge Veröffentlichungen aus Anlaß der Auffindung und Nutzbarmachung der deutschen Kalilagerstätten erfolgt. Im folgenden will ich deshalb nur die wesentlichsten Merkmale zusammenstellen, die sich auf die Ausscheidung des Steinsalzes beziehen. Es ist übrigens ein besonderes Kennzeichen des Steinsalzes des Mittleren Muschelkalks, daß es fast absolut rein von Beimengungen der sogenannten Mutterlaugensalze ist; man kann die Solquellen des Röt z. B. geradezu an ihrem Kali- und Glaubersalzgehalt von den dem Mittleren Muschelkalk entstammenden unterscheiden.

Grundlegend sind hier die Arbeiten USIGLIOS (38) und VAN'T HOFF's (57), die Meereswasser eindampften und dabei ihre Untersuchungen anstellten. Maßgebend für die Salzabscheidung ist die Größe der zuströmenden Wassermengen aus dem Meere, bzw. von Süßwasser, die geringer sein muß, als die verdampfende Menge. Weiter ist arides Klima Voraussetzung der Bildung, wenn auch WALTHER (136, 310) Ausscheidungen in kalten Nächten und durch Winterkälte beobachtet hat. Als beschleunigende Faktoren gelten wandernde Dünen, eine dünne Süßwasserschicht auf der schweren Salzsole, heiße trockene Winde und einiges andere.

Der Vorgang der Steinsalzbildung vollzieht sich derart, daß sich die Kristalle an der Oberfläche bilden, hier oft eine dicke Salzdecke bilden, und bei Erreichung einer gewissen Schwere zu Boden sinken. Beim Durchsinken der Lauge und am Boden wachsen sie weiter, bis sie irgendwie im Wachstum behindert werden. Je bewegter die Oberfläche ist, desto kleinere Kristalle werden deshalb absinken; je tiefer das Meer, je langsamer die Ausscheidung und je geringer die Menge der mechanischen Beimengungen ist, desto größer werden die einzelnen Kristalle. Es bildet sich dann am Boden eine Art Salzschlamm. Da kleinere Salzkristalle bedeutend leichter löslich sind als größere, werden dann die kleineren Komponenten der durchfeuchteten Salzmasse

zugunsten der größeren aufgezehrt. Konzentrierte Laugen absorbieren die Wärme in hohem Maße wegen ihrer geringeren spezifischen Wärme. Das äußert sich in Temperatursteigerung, da sie einen geringeren Dampfdruck haben, und infolgedessen geringere Wasserabgabe und Wärmeverbrauch durch Verdunstung aufweisen. Auf dieser Eigenschaft beruht nach FULDA (39 und 46) auch das zeitweise rhythmische Ausfallen von Anhydrit infolge seiner Übersättigung und die dadurch im Steinsalz bisweilen hervorgerufene Schichtung.

Da das Meereswasser nur 3,6% Salze gelöst enthält, davon 78% Steinsalz — diese Zahlen sind für alle Längen- und Breitengrade und jede Tiefe des Weltmeeres annähernd dieselben — müßten Wasserschichten von ungeheurer Höhe verdampfen, um ein normales Steinsalzlager zu bilden. Bei Buix mit 50 m reinem Steinsalz müßte das Meer z. B. eine Tiefe von mehr als 1700 m gehabt haben; nach der petrographischen Beschaffenheit des Wellenkalks haben wir dort im Gegenteile ein ausgesprochenes Flachmeer. Hier wollen die Barretheorie von OCHSENIUS (80, 11 und 81, 123) und die Wüstentheorie von WALTHER (136, 309—310) einen Ausweg schaffen. OCHSENIUS nimmt an, daß Meereswasser über eine Barre entsprechend der Verdunstung nachströmt; WALTHER setzt ein Wüstewerden des abgeschnittenen Meeresteils voraus, an dessen tiefster Stelle die Salzablagerungen, die durch Süßwasser an allen Seiten wieder aufgelöst wurden, zusammengeschwemmt und wieder zur Abscheidung gebracht wurden. Beide Theorien haben gute Gründe für sich. Die Einheitlichkeit der Ausbildung des Steinsalzes des Mittleren Muschelkalks beweist, daß hier ein ständiger Zufluß vorhanden gewesen sein muß. Die »Barre« kann logischerweise auch durch einen weiten, teilweise verengten Zuflußweg ersetzt werden. Auch Einflüsse der Wüste werden vorhanden sein, denn eine wüstenartige Umgebung ist sicher Voraussetzung und Folge jeder Eindampfung eines Nebenmeeres. Ähnlich der Knollenbildung beim Anhydrit zeigen Pseudomorphosen nach Steinsalz eine Verdünnung der Lauge an und sind besonders als Randbildung charakteristisch.

Mechanische Beimengungen

Einen besonders guten Anhalt für die Beurteilung der Entstehung der Salzlagerstätten geben die mechanischen Beimengungen, also in erster Linie die Tone und Sande. Es ist sicher, daß eine Einschwemmung von Sand nie durch Ozeanwasser erfolgen kann. Dafür spricht die Tatsache, daß sandige Ablagerungen in den heutigen Meeren nur in der Flachsee auftreten und in schmalen Saumen die Festländer umgürten. Außerdem steigert sich die Zunahme des Sand- und Tongehalts nach den Küsten zu bis zum Übergang in Konglomerate. Beim Ton ermöglicht feine Suspension in kolloider Form oft einen weiten Transport, als Beweis diene der Tiefseeton. Wir wissen aber, daß das Anwachsen des Salzgehalts in einer solchen Lösung und das Wärmerwerden den Ton durch Wasserentziehung schnell zum Abscheiden bringt und so einen weiten Transport von Ton in einem Binnenmeer von lagunärer

Beschaffenheit unmöglich macht. Auch wirkt die Anreicherung an Bittersalz schneller als die von Natron- und Kalisalzen.

Sande und Tone muß man besonders bei fortgeschrittener Eindampfung eines Meeresbeckens als Einwehungen oder Einspülungen vom Lande her, d. h. aus der Wüste ansehen. Die Tonablagerungen der Wüste und des Süßwassers zeigen im allgemeinen außerordentlich lebhaft bunte Farben, während bei Ablagerung in salzigem Wasser schmutzige graue und braune, bis schwarze, Farben überwiegen. Andere, seltenere Mineraleinschlüsse, wie Schwefelkies usw. verdanken denselben Bedingungen ihr Vorhandensein.

IV. Stratigraphische Vergleichung der wichtigsten Steinsalzaufschlüsse im Mittleren Muschelkalk

Liegendes

Den wichtigsten Anhaltspunkt für die Beantwortung der Frage, unter welchen Bedingungen die Steinsalzbildung einer Formation stattgefunden hat, gibt die Ausbildung des Steinsalzliegenden. Bei den vorher zusammengestellten Aufschlüssen aus dem Mittleren Muschelkalk ist nun leider in vielen Fällen aus salinentechnischen oder Ersparnisgründen das Liegende nicht mit aufgeschlossen worden. Insbesondere weisen die Schachtaufschlüsse diesen Mangel auf, während ein Teil der Versuchsbohrungen genügend tief geführt wurde.

Den obersten Wellenkalk finden wir im ganzen germanischen Muschelkalkgebiet als Bildung eines vorwiegend flachen Meeres, einer tropischen Lagune vergleichbar. Weitere Erhöhung der Verdunstung oder Verringerung, vielleicht auch zeitweises Aufhören des Zuflusses des Meereswassers kennzeichnen den Beginn des Mittleren Muschelkalks. Die kalkigen Sedimente gehen in dolomitische über, mausgraue, bituminöse, tonige Dolomite, oft als Stinkstein bezeichnet, bilden im allgemeinen die liegendsten Schichten des Mittleren Muschelkalks.

In der von Nordnordost nach Südsüdwest streichenden Hauptsalzwahlinie zeigen die Vorkommen der Nordschweiz bereits im obersten Wellenkalk die beginnende Einengung des Muschelkalkmeeres, da dort schon innerhalb der *Orbicularis*-Schichten Anhydritlagen von 3 m Mächtigkeit auftreten; bei Buix noch tiefer als im Kanton Aargau. Die liegenden Schichten des Mittleren Muschelkalks selbst bestehen in Buix aus 12,80 m anhydritisch-dolomitischen Schichten. Ton ist reichlich vorhanden und äußert sich in der Mergelbildung, um als unmittelbares Salzliegendes einen reinen Komplex von 2,80 m zu bilden mit nur wenig, zum Teil rotem Salz und Anhydritadern vermennt. Bei Schweizerhalle erreichen die liegenden Bildungen nur noch die Mächtigkeit von 5,70 m. Das scheint wesentlich mit dem zurückgehenden Tongehalt zusammenzuhängen. Dieser tritt auffällig nur in den untersten 1,05 m des Steinsalzes hervor, dem er durch reichliche Beimengung ein brecciöses Ansehen gibt. Nach DISLER (24, 58) sollen alle in den Kantonen Aargau und Schaffhausen, sowie bei Donaueschingen ausgeführ-

ten Bohrungen eine ähnliche Ausbildung der Grenze des Unteren gegen den Mittleren Muschelkalk zeigen.

Am oberen Neckar sind die Angaben über das Liegende unzuverlässig. Es wird durchweg als Anhydrit bezeichnet und mit einer höchsten Mächtigkeit von 4,25 m (Dürrheim II) angeführt.

Bessere Aufschlüsse liegen am unteren Neckar vor. Das Heilbronner Schachtprofil, das 6,70 m liegende Schichten verzeichnet, weist über der typischen Grenzschicht von 4,50 m Stinkstein Anhydrite mit wenig Ton auf. Der Ton ist gegenüber der Schweiz auffällig zurückgegangen.

Am Main bei Kleinlangheim nimmt der Tongehalt im Liegenden wieder zu. Das Steinsalzlager, unten vermengt mit Anhydritknollen, geht darunter zunächst in tonig-sandigen Anhydrit über, dem sich tonig und tonig-dolomitisch gebänderter Anhydrit und 4,80 m typischer Grenzdolomit anschließen. Die Mächtigkeit des Liegenden beträgt im ganzen 7,12 m. Bei Bergrheinfeld wird an der oberen Grenze des Liegenden 0,80 m schwarzer Ton erwähnt, dafür scheinen dann die anderen liegenden Schichten fast frei von Ton zu sein. Der Grenzdolomit erreicht eine Mächtigkeit von 6,70 m.

In Erfurt finden wir außer der Angabe, daß Anhydrit das Liegende bildet, keinen weiteren Anhalt. In der Bohrung »Schönstedt II« bilden grauer mergeliger Dolomit und blaugrauer mergeliger Kalk mit etwas Gips das Liegende.

Im Braunschweig-Magdeburger Gebiet sind in den im allgemeinen nicht sehr zuverlässigen Bohrungen Anhydrite mit Letten und dolomitischem Kalk als Salzliegendes in den westlichen Bohrungen und Anhydrite und Kalkschiefer, bzw. graue Schieferletten in den östlichen Bohrungen angegeben. Das nördlichste Vorkommen bei Steimke weist zuoberst Anhydrite, hellgelbe Dolomite und blaue dünnblättrige Mergel in einer Mächtigkeit von 6 m auf. Darunter folgt ein Komplex von 3,80 m mergeligem Dolomitschiefer, oben mit Anhydrit, unten in grauen Ton übergehend; zu unterst folgt 1 m ziemlich geschlossener Anhydrit. Die Liegendschichten erreichen demnach 10,80 m Mächtigkeit. Man könnte versucht sein, die unteren 4,80 m entsprechend den Schweizer Vorkommen noch zum Unteren Muschelkalk zu ziehen, es spricht aber dagegen, daß unter diesen erst die *Orbicularis*-Schichten als dolomitische Kalkschiefer mit vereinzelt Anhydritknollen folgen.

Eine abweichende Ausbildung des Liegenden zeigen die westlich von der eben beschriebenen Hauptsalzlänge gelegenen Vorkommen. Hier finden wir eine nach Westen zunehmende Ausbildung als bunte Mergel, wie sie nach VERLOOP (123, 17) auch am Grüttgraben zwischen Rheinfeldern und Riburg in der Nordschweiz vorkommen soll. Desgleichen erwähnt MARTIN SCHMIDT (168, 31) Rotfärbung bei Altensteig. In Lothringen folgen im Profil von Dieuze unter dem Steinsalz zunächst 9,30 m vorwiegend Anhydrite, oben mit einer Einlagerung dichten Dolomits, unten mit einem dünnen Streifen roter und hellgrauer Mergel. Darunter liegt ein Schichtpaket von 28,20 m aus hellgrauem und rotem schieferigen Ton mit Adern von Fasergips. In Saarlouis finden sich die 15 m

mächtigen roten und grauen Tone bereits unter nur 2 m Anhydrit. In Salzbronn ist die Bohrung leider nicht durch den liegenden »Gips« hindurch fortgesetzt worden. Aber auch in den nicht salzführenden Bohrungen Lothringens sehen wir diese Erscheinung. Teilweise gehen auch die bunten Schichten, wie beispielsweise in Dieuze, noch höher im Profil hinauf.

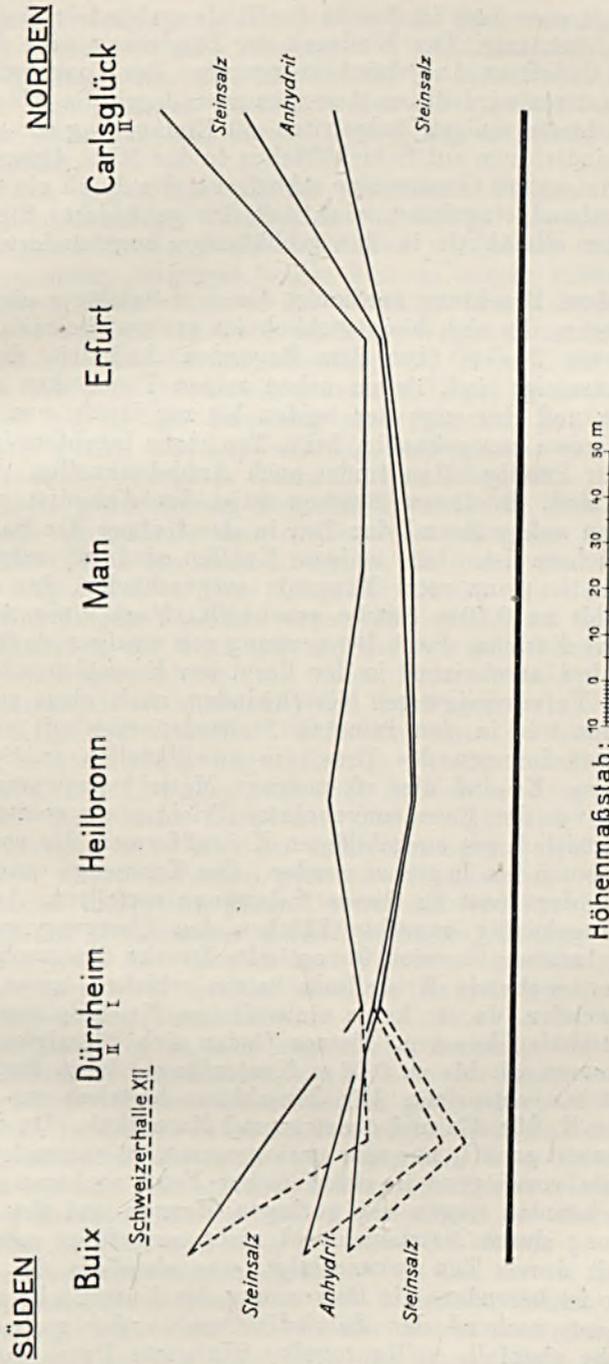
Im Norden zeigt die Bohrung »Carlsglück II« bei Groß-Förste die bunten Mergel in noch eigenartigerer Vergesellschaftung. Hier liegen sie unter 7,90 m Anhydrit und 5 m schwarzgrauem Schieferton und Dolomitmergel in einer Mächtigkeit von 4 m. Unter ihnen folgen dann aber plötzlich wieder echte *Orbicularis*-Schichten als graue sehr dünn-schichtige Dolomitmergel. In den Lüneburger Bohrungen treten gleichfalls diese bunten Schichten auf (49 und 50). BÄRTLING (49, 322) weist sie auch in einem Schurfschacht an der deutsch-holländischen Grenze bei Winterswijk im Oberen Muschelkalk (?) nach. Dergleichen sind sie aus der Bohrung »Bentheim I« bekannt, während andererseits die Bohrung »Eibergen« (53 und 13) keine bunten Schichten führt. Ob die bunten Mergel immer in derselben Höhe vorhanden sind, läßt sich aus den spärlichen Angaben nicht ersehen, ist aber infolge der teilweise unvollständigen Entwicklung des Muschelkalks nicht anzunehmen.

Östlich der Hauptsalzlínie finden wir bei Rüdersdorf eine ausgesprochen marine Ausbildung der Grenze des Unteren gegen den Mittleren Muschelkalk. In den liegenden Schichten des Mittleren Muschelkalks liegen zahlreiche Versteinerungen. Von der Bohrung »Groß-Zöllnig II« (30, IV, 680) ist ähnliches zu sagen, doch treten hier auch Anhydrite auf. Nach Oberschlesien zu scheint der Mittlere Muschelkalk seinen salinaren Charakter zu verlieren, vielmehr scheint zu Beginn des Mittleren Muschelkalks hier eine litorale Dolomit- und Schaumkalkfacies vorhanden zu sein, wie aus dortigen Bohrungen hervorzugehen scheint.

Steinsalzführendes

Das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks finden wir, wenn auch vielleicht nicht am vollkommensten ausgebildet, so doch am besten aufgeschlossen in der Grube der Salzwerk Heilbronn A.-G. Seine Ausbildung ist von der der Zechsteinsalze vollständig verschieden. Bei der Hauptmasse des Salzes fällt vor allem das Fehlen jeglicher Schichtung auf. Die Salzmasse besteht aus einem Gefüge von haselnußgroßen unregelmäßigen Salzindividuen, die meist leicht gelblich gefärbt sind. Sie sind verhältnismäßig locker miteinander verzahnt, so daß besonders die kleineren bei längerem Transport gern auseinander fallen. Zwischen den einzelnen Individuen findet sich der verunreinigende graue Ton, der bis auf 5% in den unteren 2—3 m des Salzlagers anwachsen kann, während er weiter oben teilweise fast ganz verschwindet. Diese eigenartige Verwachsung gibt dem Lager eine unansehnliche, schmutziggraue Farbe, während das geförderte Steinsalz in gemahlenem Zustande reinweiß aussieht.

Stratigraphische Vergleichung des Steinsalzführenden.



Höhenmaßstab: 0 10 20 30 40 50 m

Abb. 2,

Im Gegensatz dazu ist das im Profil als »gebändert« angesprochene Steinsalz feinkörnig. Der Eindruck der Bänderung wird durch seinen ungleichen Gehalt an Anhydrit hervorgerufen, der Tongehalt geht stark zurück; verstärkt wird dieses Aussehen noch durch die Ablagerung von wohlgeschichteten tonigen Anhydriten mit Einlagerung von großen gelblichen Salzindividuen auf Schichtflächen in der Mitte dieses Lagerteils. Während die untere Grenze eine scharfe ist, die durch ein etwa 0,05 m starkes Tonband eingeleitet wird, soll das gebänderte Steinsalz nach oben wieder allmählich in das grobkörnige ungebänderte übergehen (18, 886).

Besondere Beachtung verdienen die dem Salzlager eigentümlichen Beimengungen, die sich hauptsächlich im groben Steinsalz finden. In den untersten 2—3 m über dem liegenden Anhydrit, die besonders stark verunreinigt sind, liegen neben reinen Tonstücken reine Anhydritbrocken und Gemenge der beiden bis zur Größe von 1 cbm. Die Form ist immer unregelmäßig, beim Ton mehr lagenförmig, beim Anhydrit mehr knollig. Man findet auch Anhydritknollen, die von Ton eingehüllt sind. In diesen Stücken weist der Anhydrit gut abgerundete Kanten auf, während der Ton in das Gefüge der Salzindividuen hineingewachsen ist. Die tonigen Knollen sind oft aufgerissen. In den Spalten ist dann rotes Fasersalz ausgeschieden, das von feinsten Äderchen bis zu 0,10 m Stärke anschwillt. Nach einer Analyse wird die intensive Färbung durch Beimengung von weniger als 0,05 % Fe_2O_3 hervorgerufen, anscheinend in der Form von Eisenglanzschüppchen.

Diese Verunreinigungen verschwinden nach oben zu fast ganz. Dafür sehen wir in den reineren Steinsalzpartien oft eigentümliche Setzungserscheinungen des Tons, die unwillkürlich an Strudelbildungen erinnern. Es sind dies oft mehrere Meter hohe wasserhelle Klar-salzpartien von der Form umgekehrter Trichter aus reinstem Kristallsalz mit äußerlich gut ausgebildeten Kristallformen, die von einer Tonlage nach unten hin begrenzt werden. Die Tonmenge entspricht schätzungsweise der sonst in dieser Salzmenge verteilten. An den Seiten bilden unregelmäßig gewölbte Flächen den Übergang zum normalen Steinsalz. Institute, die sich für optische Zwecke dies nach dem Würfel vollkommen spaltende Kristallsalz hatten schicken lassen, konnten es nicht verwenden, da sie keine einheitlichen Kristalle von genügender Größe ausschälen konnten. Ferner finden sich Flüssigkeitseinschlüsse in Hohlräumen mit bis zu 0,02 m Kantenlänge, deren Begrenzung den Kristallflächen entspricht. Die Einschlüsse bestehen aus wasserklarer Lauge, die K, Mg, Ca und überwiegend Na enthält. Da die vorgefundenen Mengen an SO_3 nur sehr gering waren, ist anzunehmen, daß alle Bestandteile vorwiegend in chloridischer Form vorkommen. Genauere Analysen konnten wegen der geringen Mengen und der sehr starken Überdeckung durch Natriumchlorid nicht ausgeführt werden. Ist die Flüssigkeit durch Ton verunreinigt, was ebenfalls des öfteren vorkommt, so ist besonders die Begrenzung der Unterfläche unregelmäßig gewölbt, entsprechend den Salzindividuen in der groben Salzmasse. Eine solche ebenfalls völlig regellos begrenzte Druse fand ich ange-

füllt mit feinsten Anhydritnadelchen ohne jede Spur von Feuchtigkeit. Am Klarsalz können wir auch prachtvolle Gleitflächen nach dem Rhombendodekaeder feststellen. Die Einschlüsse im Kristallsalz treten sporadisch auf. Von größeren Partien in der Mitte gehen Lagen feiner und feinsten Bläschen aus, deren Anordnung im Raum wehenden Schleiern gleicht.

Die Grenze gegen das mittlere gebänderte Steinsalz bildet ein dünner horizontbeständiger Tonstreifen von weniger als 0,01 m Stärke. In dem feingeschichteten Steinsalz finden wir keine tonigen Verunreinigungen mehr, dagegen liegen hier in einem außerordentlich höhenbeständigen Horizont, aber nur streckenweise, Anhydritbrocken, die einen mehr eckigen Eindruck machen. Wegen ihrer innigen Verwachsung mit dem Steinsalz sind allerdings die Grenzen nur undeutlich zu erkennen. An dem grobkörnigen unteren Lager ist noch besonders auffällig eine eigenartige Streifung senkrecht zur Schichtung, die ganz besonders gut in dem kuppelförmig ausgeschossenen neuen Festsaal des Steinsalzbergwerks in Kochendorf zu sehen ist.

Die in dem geschichteten Steinsalz etwa 1,50 m über seiner liegenden Grenze einsetzende Anhydritbank ist ein guter Leithorizont. Bei einer Mächtigkeit von etwa 0,60 m ist sie durch dünne Ton- und Salzlagen wohlgeschichtet. Das Liegende scheint mit dem darunter liegenden feinkörnigen Steinsalz organisch verwachsen zu sein. Es macht den Eindruck, als wenn sich auf die von Boden aufwachsenden Kristalle ziemlich unvermittelt eine weiche Anhydritschicht gelegt hat, die das Wachstum damit unterbrach und die Fugen zwischen den aufwachsenden Kristallen ausfüllte. In diesem Sinne ist wohl auch die Bezeichnung »eigentümliche warzenförmige Fläche« bei ENDRISS (28, 42) aufzufassen. Der Übergang nach oben ist nicht nachzuprüfen, da in der Grube zur Zeit keine Aufschlüsse mehr zugänglich sind. Nach allen Beobachtungen ist es aber das wahrscheinlichste, daß, wie bereits erwähnt, dieser einem normalen primären Eindampfen des Muschelkalkbinnenmeeres entspricht. Zum Unterschied von der in der Literatur angeführten »Heilbronner Zwischenschicht«, zu der außer dem Anhydrit auch noch das darüber und darunter liegende gebänderte Steinsalz gerechnet wird, möchte ich diese Anhydritbank als »anhydritische Zwischenbank« bezeichnen.

An dieser Stelle ist es auch angebracht, nochmals auf die »Salzspiegelercheinungen« hinzuweisen, die sich in der Heilbronn benachbarten Kochendorfer Grube außerordentlich gut beobachten lassen. Da die Grube heute bereits 30 Jahre im Betrieb ist, ohne daß ein Wassereinbruch eingetreten ist, darf man wohl ruhig über diese Tatsache sprechen. Es gibt nur eine einleuchtende Erklärung. Durch tektonische Bewegungen der Erdrinde, die besonders in der Zeit der Heraushebung des Odenwaldes im Neckartal tätig gewesen sein müssen — Heilbronn liegt in einer alten tektonischen Senke — ist das Gebiet in einzelne Schollen zerrissen. Da sich in den sich bildenden Sätteln klaffende Spalten auftaten, wurde dem Wasser der Zutritt zum Salzlager ermöglicht. Hierdurch erfolgte seine Auflösung von der Seite her, ähnlich



wie bei der vom Ausgehenden her erfolgenden natürlichen Auslaugung (vergl. 40), bis der zurückbleibende Ton allmählich das Wasser immer mehr absperre. Deshalb ist auch heute nicht zu befürchten, daß das Wasser durch den Ton plötzlich von selbst durchbricht. Das ist meines Erachtens die einfachste Erklärung für die Zergliederung des Salzgebietes in einzelne Schollen. Da die Flußtäler besonders gern tektonischen Bruchlinien folgen und in Württemberg die Bohrungen auf Steinsalz besonders in den Tälern angesetzt wurden, erklären sich dadurch auch zwanglos die vielen erfolglosen Bohrungen.

Am oberen Neckar geben die älteren Bohrungen keine rechte Vergleichsmöglichkeit für eine Gliederung des Steinsalzführenden, da es sich ausnahmslos um unzuverlässige Meißelbohrungen handelt. Das gilt sowohl von den Stettener als auch von den VOGELGESANG'schen Bohrungen der Ludwigssaline in Dürrheim, in denen ziemlich gleichmäßig über einem unteren Steinsalzlager von 40 m eine Zwischenbank von 8 m und ein oberes Steinsalzlager von bis zu 5 m unterschieden wird. Zuverlässiger sind indessen die neueren Bohrungen bei Dürrheim, bei denen man ähnliche Verhältnisse antrifft. In »Dürrheim I« folgen über 17,55 m reinem Steinsalz 0,50 m Anhydrit und Ton und 10,70 m Steinsalz mit Anhydritschnüren. Das gibt zusammen ein unteres Steinsalzlager von 28,75 m. Die darüber liegenden 1,25 m Anhydrit entsprechen der anhydritischen Zwischenbank. Das obere Steinsalzlager besteht aus 2,50 m verunreinigtem Steinsalz. In der Bohrung II ist die Steinsalzmächtigkeit um 1,05 m geringer, dafür sind die übergelagerten Tone um 1,30 m stärker. Die Tonbank, die 10,45 m über dem Liegenden angegeben ist, kann mit der tonigen Anhydritbank in I nicht identifiziert werden. Es handelt sich wahrscheinlich um die in Bohrungen so oft täuschenden sporadischen Einschlüsse. Die anhydritische Zwischenbank kann in II nicht abgetrennt werden. Auffallend ist aber, daß die Steinsalzbeimengung hier noch bis in die anhydritischen Schichten hinaufreicht. In der Bohrung »Lauffen 1« ist ein unteres, 26,20 m mächtiges Steinsalzlager von verschiedener Reinheit festgestellt, darüber folgen 1,60 m geschlossener Anhydrit — die anhydritische Zwischenbank — und 2,16 m Steinsalz, unten noch mit Anhydritschnüren, oben ziemlich rein. Die Ähnlichkeit mit »Dürrheim I« ist auffallend. Nach SAUER (154, 17) tritt nach Osten eine Verschlechterung des oberen Steinsalzes durch reichliche Beimengung von Anhydrit ein. M. SCHMIDT (172, 101) bemerkt hierzu, daß es nach den Bohrregistern nicht möglich sei zu entscheiden, ob das obere Steinsalzlager primär oder sekundär am Verschwinden sei. Das letztere sei allerdings wahrscheinlicher. Meines Erachtens sprechen die Zellen-dolomitbildung und ähnliche Erscheinungen im Hangenden für eine ausgesprochene sekundäre Ablaugung.

Auch die Schweizer Bohrungen weisen die anhydritische Zwischenbank auf. Während sie in Heilbronn 0,6 m, am oberen Neckar bis 1,60 m erreichte, finden wir sie in »Schweizerhalle XII« mit 5,30 m und bei Buix sogar mit 9,40 m entwickelt. Außer einer Zunahme der Mächtigkeit des Anhydrits zeigt sich wiederum, entsprechend der

Ausbildung des Liegenden ein reicher Tongehalt, der auch als Beimengung im Steinsalz eine große Rolle spielt. Das untere Salzlager erscheint bei Schweizerhalle mit nur 9,50 m verkümmert, erreicht aber bei Buix eine Mächtigkeit von 34,80 m, so daß man ein Anwachsen von 21,10 m in Heilbronn auf 28,75 m am oberen Neckar und 34,80 m bei Buix feststellen kann. Einem oberen Lager von 18,70 m bei Heilbronn steht ein solches von 16,20 m bei Schweizerhalle und 26,20 m bei Buix gegenüber. Am oberen Neckar ist wie bereits erwähnt das obere Steinsalzlager wahrscheinlich sekundär abgelagert.

Größere Gleichmäßigkeit zeigt sich bei der Verfolgung der Hauptsalzlinie von Heilbronn aus nordwärts. Am Main bei Kleinlangheim verstärkt sich das untere Steinsalzlager auf 22,46 m gegenüber 21,10 m in Heilbronn, die anhydritische Zwischenbank wächst auf 2,40 m und nimmt neben reichlich Ton oben auch Sand auf. Das obere Steinsalzlager erreicht nur eine Mächtigkeit von 8,60 m und zeichnet sich ebenfalls durch seine Sandbeimengungen aus. Die obere Grenze könnte primär sein, die Profilbeschreibung bei REIS (98, 53) läßt jedenfalls keine Ablaugung erkennen. Die Bohrungen von Burgbernheim und Schwebheim sind zu grob zu einem Vergleich. Bei Bergheinfeld sind sekundäre Auslaugungserscheinungen, gekennzeichnet durch Auslaugungsrückstände, vorhanden.

Weiter nordwärts bei Erfurt muß man die untersten 28,70 m Steinsalz als unteres Lager zusammenfassen, die 1,70 m Anhydrit mit dolomitischem Kalk der anhydritischen Zwischenbank gleichstellen und erhält dann ein oberes Lager von nur noch 3 m Steinsalz. Diese Gliederung ähnelt dem Kleinlangheimer Profil, sie widerspricht dagegen den Angaben von ULRICH und AIGNER, sowie auch dem Schachtprofil, wonach man ein unteres Lager von 6,90 m, eine Anhydritbank von 2,30 m und ein oberes Steinsalzlager von 22,50 m unterscheiden müßte. Diese Gliederung hatte sich aus der Art des Abbaus ergeben. Man muß nun berücksichtigen, daß das Steinsalz in verhältnismäßig geringer Teufe angefahren wurde, bei zerklüftetem Deckgebirge. Für eine sekundäre Ablaugung spricht besonders der Umstand, daß man sowohl beim Bohren, als auch beim Abteufen noch dicht über dem Steinsalzlager erhebliche Solemengen angetroffen hat. Der wichtigste Grund für die dem Schachtprofil widersprechende Abtrennung ist der, daß die obere Anhydritbank (Schicht 117) petrographisch eine viel schärfere Unterbrechung der Salzbildung bedeutet, als die untere, die in drei Schichtchen (119—121) zerfällt, deren mittelstes wiederum Steinsalz ist. Sie ist wohl am besten nur als hangender Abschluß der untersten 6,90 m Steinsalz im Wechsel mit Anhydritlagen anzusehen.

Am nördlichsten Ende der Hauptsalzlinie finden wir noch einmal ein wohlausgebildetes und durchgearbeitetes Profil in der Bohrung »Carlsgrück II«. Über einem unteren Steinsalzlager von 41,10 m gegenüber 34,80 m in Buix folgen anhydritische Tone in einer Mächtigkeit von 20 m anstatt 9,40 m bei Buix und ein oberes Steinsalzlager von 18 m gegen 26,20 m bei Buix. Die Steinsalzföhrung ist noch stärker als bei Buix, um so mehr muß die Mächtigkeit der Zwischenschicht

auffallen. Nach den vorhandenen Bohrkernen braucht es sich hierbei aber gar nicht um eine geschlossene Schichtfolge zu handeln, sondern man kann vielmehr oben noch einige Meter, allerdings wahrscheinlich stark verunreinigten Steinsalzes abscheiden und erzielt dadurch eine vollkommene Übereinstimmung, da auch die im Liegenden vorhandenen bunten Schichten der normalen tonigen Entwicklung Platz gemacht haben.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß wir bei der Bohrung »Volkmarsdorf« 36 m Steinsalz, unten mit einer Einlagerung von 2 m dolomitischen Letten, darüber 9 m Dolomit, unten mit Steinsalzlagen und darüber nochmals 3 m Steinsalz unterscheiden können. In der Bohrung »Albrechtshall« bei Almke ist eine Mächtigkeit des Steinsalzes von 41 m angegeben. Bei »Albrechtshall IV« finden sich 48,60 m Steinsalz, denen eine Bank von blauen Letten mit Anhydrit eingelagert sein soll. Die Bohrungen »Bismarckhall V und IX« scheinen auf eine primäre Verringerung der Salzabscheidung hinzuweisen, das Gleiche scheint bei der Bohrung »Zicherie« der Fall zu sein.

Eine abweichende Ausbildung der steinsalzführenden Schichten finden wir nur in Lothringen. In Dieuze bestehen sie aus 7,20 m liegendem Steinsalz, einer Zwischenschicht von 2 m oben hellgrauem und rotem Ton, schwarzem Dolomitmergel, unten dichtem Dolomit, und einem oberen Lager von 8,50 m sehr grobkörnigem Steinsalz mit einer Zwischenlagerung von 1 m hellgrauem und rotem Ton. Für Saaralben sind 10,50 m liegendes Steinsalz angegeben mit einer Zwischenschicht von 1 m Salzton, darüber folgen 3,50 m Salzton mit Anhydrit und nochmals 9 m Steinsalz mit 1 m eingelagertem Anhydrit. Im Steinsalzlager selbst scheinen hier die im Liegenden noch vorhandenen grauen und roten Tone verschwunden zu sein. Bei dem unmittelbar benachbarten Salzbronn werden sie dagegen mit 2,08 m über dem 19,40 m mächtigen, angeblich in fünf Bänken abgeschiedenen Steinsalz erwähnt. Ob die in gleicher Höhe liegende stark tonige Zwischenlage von Dieuze und Saaralben der anhydritischen Zwischenbank entspricht, ist schwer zu entscheiden. Es ist aber sehr wohl möglich, daß das liegende Steinsalz nicht voll zur Entwicklung gekommen ist, da man in Lothringen sehr nahe der Küste gewesen sein muß. Im Hangenden des Steinsalzes ist nicht festzustellen, ob sekundäre Ablaugung stattgefunden hat. Überraschend ist die Horizontbeständigkeit der bunten Farben über dem Steinsalzlager bei Dieuze und Salzbronn.

Hangendes

Die hangenden Schichten zeichnen sich gegenüber dem Liegenden und dem Steinsalzführenden durch ihre überraschend gleichmäßige Mächtigkeit aus. In der petrographischen Ausbildung finden wir vom Süden zum Norden eine allmähliche facielle Veränderung.

In der Schweiz bei Buix liegen über dem Steinsalz zunächst 17,40 m tonige Schichten mit einem starken Salzgehalt, oben etwas anhydritisch; die darauf folgenden anhydritischen Schichten, 23,10 m

mächtig, zeigen einen stark tonigen Anhydrit mit kleineren Dolomit-einschaltungen. Die 17,50 m hangenden Dolomite sind immer noch sehr stark anhydritisch bei stark verringertem Tongehalt. Selbst im Oberen Muschelkalk finden wir noch gelegentlich Anhydritlagen. Die Angaben von Schweizerhalle, nach DISLER (24, 59) 8 m Anhydrit mit dolomitischem Kalk und Ton, darüber 13 m dolomitischer Kalk und Ton mit Anhydrit, 20 m Mergel, im unteren Teile mit Gips, und 20 m Anhydrit-Dolomit, sind zum Vergleich zu summarisch.

Besser ist es am oberen Neckar, wo die Bohrungen »Dürrheim I und II« einen guten Vergleich ermöglichen. Die tonigen Schichten, in I besonders stark anhydritisch, erreichen 9 m gegenüber 10,30 m in II. Die anhydritischen Schichten fallen in beiden Bohrungen durch einen starken Salzgehalt auf bei einer Mächtigkeit von 25,10 bzw. 25,20 m. Der Grenzdolomit ist nur in I in seiner vollen Stärke mit 22,70 m angegeben. Er zeichnet sich unten durch einen starken Gipsgehalt aus. Der Tongehalt geht hier ebenso wie im Liegenden und Steinsalzführenden gegenüber der Schweiz stark zurück, während der Anhydritgehalt wächst. Dolomit und Anhydrit verzeichnen eine entsprechende Zunahme der Mächtigkeit auf Kosten der tonigen Schichten. SAUER (154, 16) will beobachtet haben, daß bis zu einem gewissen Grade mit dem Mächtigerwerden des Salzgebirges am oberen Neckar die hangenden Dolomite durch Anhydrit und Gips ersetzt werden. Dem kann ich aus den auf Seite 273 bereits angeführten Gründen nicht zustimmen.

Am unteren Neckar bleiben bis auf einen verringerten Salzgehalt im gesamten Profil die mineralogischen Zusammensetzungen dieselben. Nur die anhydritischen Schichten gewinnen etwas auf Kosten der Dolomite, die schon am oberen Neckar zu unterst stark anhydritisch waren. In Heilbronn führen die 9,20 m mächtigen tonigen Schichten etwas Anhydrit, bzw. Gips, was eine sekundäre Ablaugung andeuten könnte. Die anhydritischen Schichten erreichen 31,80 m und zeichnen sich durch einen nur geringen Tongehalt aus. Die 17,40 m mächtigen dolomitischen Schichten sind unten stark bituminös und werden nach oben kalkig. Der Tongehalt nimmt nach dem Hangenden zu durch das ganze Profil immer mehr ab. Die Profile von Wilhelmsglück zeigen eine verringerte Mächtigkeit des Hangenden. Da die Verringerung in erster Linie den Grenzdolomit betrifft, muß die Frage offen bleiben, ob man es tatsächlich mit einer primären Mächtigkeitsverringering zu tun hat. Aufschlüsse des Hangenden sind leider nicht mehr zugänglich. Im einzelnen sind die folgenden Schichtpakete zu unterscheiden: im Seigerschacht 10,35 m tonige, 28,90 m anhydritische und 9,35 m dolomitische Schichten; im Treppenschacht 6,40 m tonige, 30,90 m anhydritische und 8,20 m dolomitische Schichten. Die Verringerung der tonigen Schichten dürfte primär sein, unter der Annahme, daß man sich hier bereits dicht am Ausgehenden des Mittleren Muschelkalks überhaupt befindet. Die darüber liegenden Schichten ergeben dieselbe Summe ihrer Mächtigkeiten in Treppenschacht und Seigerschacht, so daß die kleinen Differenzen wohl auf verschiedener petrographischer Zusammenfassung beruhen.

In Lothringen hört mit den Hangendschichten des Mittleren Muschelkalks die von der normalen abweichende Ausbildung auf. In den untersten 2 m der in Dieuze und Salzbronn 10 m mächtigen tonigen Schichten finden wir die letzten bunten Tone. Die anhydritischen Schichten wachsen bei Dieuze auf 34,20 m an, sie zeichnen sich, ebenso wie die tonigen, durch einen starken Dolomitgehalt aus, der sich bis zur Bildung von oolithischem und dichtem Dolomit steigert. Das Hangende bilden 6,10 m Dolomite. Die Verringerung ihrer Mächtigkeit und auch der Gesamtmächtigkeit der hangenden Schichten des Mittleren Muschelkalks ist hier nachgewiesenermaßen eine primäre. In Saarlalben, wo die bunten Tone nicht erwähnt werden, finden wir eine normale Mächtigkeit des Hangenden, denn über 31,50 m Anhydrit und Salzton folgen 28 m dichter Dolomit. Im ganzen ist ein Zunehmen der roten Schichten nach Westen bei gleichzeitiger Abnahme des Dolomitgehalts festzustellen. VAN WERVEKE (143, 355) hat den Versuch einer Parallelisierung der Lothringer Profile mit Wilhelmglück unternommen. Dies ist für die hangenden Schichten ohne weiteres möglich, stößt dagegen bei der Vergleichung der steinsalzführenden und liegenden Schichten auf große Schwierigkeiten. Eine Übereinstimmung des Salzhangenden ist sowohl in der Mächtigkeit der einzelnen Schichtenbündel, als auch in ihrer petrographischen Ausbildung unverkennbar und läßt den Schluß zu, daß man es gegenüber der mächtigeren Ausbildung bei Heilbronn mit dem Ausgehenden des Mittleren Muschelkalks überhaupt zu tun hat. Den Mächtigkeitsverlust tragen die dolomitischen Schichten. Diese Lothringer Beobachtungen sprechen gleichzeitig für einen primären Mächtigkeitsausfall bei Wilhelmglück.

Am Main bei Kleinlangheim ähneln die Verhältnisse Heilbronn. Einer geringfügigen Verringerung der tonigen Schichten auf 8,38 m stehen 33 m anhydritische Schichten gegen 31,80 m bei Heilbronn gegenüber. Es ist hierfür die Mächtigkeit von Bergheinfeld angenommen worden (99, 188), da in Kleinlangheim bei dem vorhandenen Profil eine Trennung zwischen anhydritischen und dolomitischen Schichten nicht durchgeführt werden kann. Über den anhydritischen Schichten folgen die dolomitischen Schichten, deren obere Grenze nicht genau angegeben ist. Vielleicht sind die obersten Schichten des Mittleren Muschelkalks schon kalkig entwickelt, wie es sich in Heilbronn bereits ankündigte. In den tonigen Schichten verliert sich der Tongehalt noch stärker, Anhydrit und Dolomit verdrängen ihn mehr und mehr. Sandige Einlagerungen spielen eine auffallende Rolle in ihnen bei Kleinlangheim und eine noch größere in den entsprechenden Schichten von Bergheinfeld. An der Basis der anhydritischen Schichten treten Oolithe auf, gleichzeitig die obere Grenze der Sandvorkommen bildend. In dem gleichen Horizont finden wir den Anhydrit, der auch sonst stark zurücktritt, in Knollenform, in Bergheinfeld sogar mit Fossilresten. Die Oolithe können mit denen in Lothringen nicht identifiziert werden, da sie etwa 10 m unter diesen im Profil liegen. Die petrographische Ausbildung der Hangendschichten ist schon in Kleinlangheim eine außerordentlich wechselnde, in Bergheinfeld finden wir

dann schließlich alles so durcheinander, daß eine stratigraphische Einteilung, wie bei den anderen Salzbohrungen, nicht mehr möglich ist.

Bei Erfurt hat das Salzhangende bereits ein völlig verändertes Aussehen. Die tonigen Schichten sind völlig verschwunden. Wir finden über dem Steinsalz zunächst 50,60 m dolomitische Kalkschiefer mit Gips und Anhydrit, in deren unteren 21,50 m der Anhydrit noch vorherrscht. Dann folgt eine Bank von 21,40 m bituminösem Kalk, besser Dolomit und darüber 7,70 m Kalk, bzw. Dolomit mit Anhydrit im Wechsel. Die hangenden Dolomite werden durch ein Schichtenbündel von 6,50 m dichtem, grauem Kalk (Kalkschiefer) vertreten, so daß die bei Heilbronn und am Main bereits angedeutete Verdrängung des obersten Dolomits durch Kalk jetzt Tatsache wird. Auffallend ist auch das Zurückgehen des Anhydritgehalts.

Bei »Carlsglück II«, also dem vollkommensten Aufschluß aus dem norddeutschen Tiefland, geht der Anhydritgehalt noch weiter zurück. Hier liegen unmittelbar über dem Steinsalz 32 m anhydritisch gebänderte Dolomitmergel, deren Anhydritgehalt sich teilweise nur noch in der Bildung von Anhydritknollen äußert. Von den darüber folgenden Mergeln zeichnen sich die untersten 13 m durch großen Tongehalt aus, in den oberen 5 m überwiegt der Dolomitgehalt. Die hangendste Schicht bilden entsprechend Erfurt 4 m massige oder knollige kristalline Kalke. Bei den übrigen norddeutschen Salzbohrungen ist das Hangende zu schlecht beschrieben, um Vergleiche zu ermöglichen.

V. Bildungsgeschichte des Mittleren Muschelkalks

Das Meer im Mittleren Muschelkalk

Aus der vorhergehenden Zusammenstellung geht deutlich hervor, daß wir es auf der ganzen 650 km langen Strecke von der Nordschweiz bis nach Niedersachsen mit einem einheitlichen Steinsalzlager zu tun haben, dessen Hauptmerkmale, insbesondere seine stratigraphische Gliederung im wesentlichen unverändert bleiben, nur zeitweise beeinflusst durch gestörte Ablagerung und spätere sekundäre Auslaugung. Die Horizontbeständigkeit wird am besten durch die fast gleich bleibende Mächtigkeit der hangenden Schichten bei einer sich allmählich ändernden petrographischen Zusammensetzung bewiesen.

Im Süden herrschten bereits vor der Abscheidung des Steinsalzes, schon zur Zeit des Unteren Muschelkalks, tropisch lagunäre Verhältnisse, wie die Anhydritvorkommen beweisen. Die Bohrung von Buix läßt auf tieferes Wasser schließen, wie es auch von VOLLRATH (126, 282) für den Ausgang des Unteren Muschelkalks angenommen wird. Die außerordentlich starken Toneinschlüsse deuten auf starke Zufuhr von Süßwasser hin, der durchgehende starke Steinsalz- und Anhydritgehalt auf eine stark vorgeschrittene Eindampfung.

Nach Süden ist eine Fortsetzung des Salzgrabens wahrscheinlich, etwa am Westrande des Schweizer Jura entlang, nach dem Rhonetal zu, entsprechend dem von E. FRAAS (32, 59) angenommenen Oberen Muschelkalkarm an der Rhone. BENECKE (10, 725) erwähnt echten

Muschelkalk germanischer Ausbildung vom Südabfall des französischen Zentralplateaus und östlich der Rhonemündung. Darüber hinaus hat TORNQUIST (120, 126) die weitere Erstreckung des Triasbinnenmeeres über Südfrankreich, Sardinien bis nach Südspanien, möglicherweise sogar bis in die marokkanischen Gebirgszüge hinein wahrscheinlich gemacht. Die Begrenzung nach Osten will er in einem durch Ostsardinien und Korsika nach den Westalpen ziehenden Granitzug erkennen, auf dessen Ostseite bereits ozeanische Trias vorhanden sein soll. In diesem südlichen Ende des Triasmeeres fehlt die salinare Ausbildung des Muschelkalks (121, 154 und 161). Die westliche Grenze bilden die roten bzw. bunten Mergel, die man statt des Muschelkalkes in Nordspanien (Aragonien), Nordfrankreich und England abgelagert findet. Sie verdanken ihr Dasein der Abtragung des englisch-norwegischen Old-Reds, die dem ganzen westlichen Muschelkalk ihren Stempel aufdrückt.

Bei Schweizerhalle, dem an Buix unmittelbar östlich anschließenden Salzgebiet, ist die Ausbildung eine durchaus ähnliche. Nur fällt es auf, daß das untere Steinsalzlager verkümmert erscheint. Der Ton- und teilweise auch der Anhydritgehalt gehen stark zurück, woraus zu schließen ist, daß der Zufluß von kontinentalen Wässern hier nicht so groß war. Im Süden von Schweizerhalle müssen wir die Verbindung der TORNQUIST'schen Granitbarre (118) mit dem vindelizischen Festland suchen, zu dem auch das Ries gehört hat. Das stimmt mit der Ansicht von BENECKE (10, 710) überein, der an der Stelle der heutigen mittleren Schweizer Alpen eine Insel vermutet, die im Bayrischen Wald und im Fichtelgebirge ihre Fortsetzung nach Norden fand, wo das alte Ufer bestimmt nachgewiesen ist.

Eine eigenartige Stellung nehmen die Steinsalzablagerungen im Salzkammergut ein. Es wird heute allgemein angenommen, daß dort ein Teil des alpinen Triasmeeres, das sogenannte »Werfener Meer« eingedampft ist und seinen Steinsalzgehalt zur Ablagerung brachte. Eine Verbindung mit dem Mittleren Muschelkalk germanischer Ausbildung ist bisher nicht nachgewiesen worden und auch kaum wahrscheinlich. Es geht aber einwandfrei daraus hervor, daß klimatische Einflüsse bei der Ausscheidung des Steinsalzes in der Muschelkalkzeit eine erhebliche Rolle gespielt haben müssen.

Nach Westen zu scheint eine Einengung des Muschelkalkbinnenmeeres durch eine zum mindesten untermeerische Barre an der Stelle des heutigen Schwarzwald und Wasgenwald vorhanden zu sein. Das geht aus dem Verhalten der beiden zu gleicher Zeit und unter denselben Verhältnissen niedergebrachten Bohrlöcher bei Dürrheim hervor, soweit man überhaupt auf Grund des Verhaltens zweier Tiefbohrungen Schlüsse ziehen darf. Das östlichere, Dürrheim I, zeigt eine stärkere anhydritische Entwicklung, während in dem 1000 m westlicheren, Dürrheim II, der Tongehalt zunimmt. Es muß also von Westen her der größere Zufluß von Kontinentalwässern stattgefunden haben. Für den Unteren Muschelkalk ist das Vorhandensein dieser untermeerischen Barre von FRANK (149) nachgewiesen. WAGNER (124, 174) nimmt sie auch für den Oberen Muschelkalk an.

Für das Vorhandensein dieser Unterbrechung spricht ferner das nördlich davon liegende Lothringer Salzlager, dessen Ausbildung auf eine nach Heilbronn offene Bucht hindeutet. Die bunten Schichten des Liegenden weisen deutlich auf die Herkunft der Sedimentmasse von Westen her. Es muß eine allmähliche Transgression nach Westen zu stattgefunden haben mit ständiger Zunahme des entfärbenden Einflusses des Salzmeeres. Das Steinsalzlager selbst zeichnet sich noch durch mehrfache Zwischenlagen von bunten Schichten aus. Erst die in Dieuze und Salzbronn unmittelbar über dem Steinsalz erwähnten 2 m bunten Tone scheinen den endgültigen Abschluß der bunten Entwicklung zu bilden, bei der Süßwassereinströmungen und Windeinwehungen entscheidend mitgewirkt haben werden. Mit diesem Augenblick kann auch erst eine vollkommen offene Verbindung mit dem Hauptmeere bei Heilbronn angenommen werden. Die Salzausbildung als solche ist schwächer als am Neckar. Daraus geht hervor, daß die Meeresbucht auch keine große Tiefe gehabt haben kann, wie das gleichzeitig das gelegentliche Vorkommen von Oolithen beweist. Die Nordgrenze dieser sich langsam vertiefenden Meeresbucht haben wir am Fuße des Rheinischen Schiefergebirges, dem sogenannten Ardennenfestland zu suchen, wo das Auskeilen des Mittleren Muschelkalks, der nach Westen immer mehr sandig wird, unter Einschuß vieler Pseudomorphosen nach Steinsalz, nachgewiesen ist.

Der geringe Tongehalt, besonders im Liegenden, spricht in Heilbronn dafür, daß wir es nicht allzu nahe am Festland zu suchen haben. In Wilhelmshluck scheint der Tongehalt zuzunehmen. Im Osten haben wir zweifelsfreies Festland in den Hochflächen des Ries und Fichtelgebirges, die an den vindelizischen Landrücken, bzw. das böhmische Massiv anschließen. In Heilbronn macht sich die Abtragung der kalkigen silurisch-devonischen Schichten Böhmens bemerkbar, durch die z. B. der auffallende Kalkgehalt unter dem Steinsalz im Treppenschacht von Wilhelmshluck und der stärkere Dolomitgehalt im Liegenden von Heilbronn erklärt werden kann. Die Verbindung mit dem Weltmeere muß eine bessere gewesen sein, da die Anhydritbildung in den liegenden Schichten wesentlich zurückgegangen ist und statt dessen der normale Stinkstein auftritt. Einen größeren Tongehalt finden wir in Heilbronn einzig in den tonigen Schichten des Hangenden.

Am Main herrschen in den südlichen Bohrungen normale Verhältnisse, im Norden bei Berggrheinfeld finden wir dagegen einen auffälligen ungleichmäßigen Wechsel der verschiedenen Hauptgesteine des Mittleren Muschelkalks. Die Entwicklung des liegenden Grenzdolomits bei Kleinlangheim läßt auch hier auf eine Zufuhr von kalkigen Lösungen aus dem Osten schließen. In den liegenden 0,80 m des Steinsalzes finden sich Anhydritknollen, die nach unten in dichten tonig-sandigen Anhydrit übergehen. 0,50 m unter dem Salzhangenden liegt eine 0,60 m starke anhydritische Schicht mit Einschlüssen von knolligem Dolomit und Schmitzen eines fleischroten Quarzsandes. Dieses regelmäßige Zusammenvorkommen von gutgeschichtetem Ton und Sand mit knolligem Anhydrit und Dolomit spricht für eine Verdünnung der

Lösung, also Transport durch Wasser. Die mehrfach bis 0,005 m starken Lagen von fleischrotem Sand, die besonders in den tonigen Schichten vorkommen, lassen dagegen auch die Deutung als Einwehungen zu. Mit den oolithischen unteren Schichten der anhydritischen Gruppe hören die Sandeinlagerungen unvermittelt auf.

Das Profil von Bergrheinfeld macht von der unteren Grenze der anhydritischen Schichten ab einen durch sekundäre Auslaugung gestörten Eindruck. Der Sandgehalt ist ein wesentlich größerer, er steigt auch höher im Profil hinauf. In den oolithischen Schichten finden wir neben Anhydritknollen in beiden Profilen, in Bergrheinfeld auch Fossilreste, desgleichen in einer 15 m höheren Schicht. Nach Burgbernheim und Schwebheim zu ist auf der anderen Seite von Kleinlangheim eine Zunahme des Steinsalz- und Abnahme des Anhydritgehalts zu verzeichnen. VOLLRATH (125, 260) nimmt an, daß die Sandeinschwemmungen im Unteren Muschelkalk bei Würzburg von der »Tauberbarre« herkommen, die vom Ries aus nach Norden streicht. Das kann aber hier nicht der Fall sein, da die größeren Sandmassen nach Norden zu liegen, anstatt umgekehrt. Es kommt also nur die Möglichkeit der Herkunft von Norden in Frage. Demnach können sie von der »Eisfelder Barre« herkommen, die VOLLRATH (126, 244) für den Wellenkalk vom Fichtelgebirge aus in Richtung des Thüringer Waldes nach Nordwesten vorstoßend annimmt.

Das Vorhandensein einer derartigen Abtrennung wird dadurch noch wahrscheinlicher gemacht, daß wir in Erfurt eine ausgesprochen kalkige Entwicklung vorfinden. Der Ton fehlt völlig und ist noch nicht einmal in Gestalt von Mergeln vorhanden. Das Steinsalz ist reichlich mit periodisch auftretenden anhydritischen Schichten durchsetzt. Das alles deutet auf offeneres Meer. Die anhydritische Zwischenbank zeigt sogar eine Verdünnung der Lauge bis zur Abscheidung von dolomitischem Kalk.

Eine Schichtenvergleiche mit »Schönstedt II« zeigt, daß dort die 140 m höher liegende Schichtenfolge des oberen Mittleren Muschelkalks durchweg gleich wie in Erfurt gegliedert ist und das Steinsalzlager selber durch 8 m Gips vertreten wird. Man kann daher annehmen, daß es sich hier um randliche Bildungen handelt, deren Anhydrit infolge der geringeren Überdeckung und des Einfallens der Schichten vergipst ist. Wir befinden uns wahrscheinlich am Südostrand der »Geisaer Barre«, die VOLLRATH für den Wellenkalk, vom Ardennenfestland nach Osten hin vordringend, festgestellt hat. Nach den Beobachtungen aus dem Mittleren Muschelkalk muß diese — zum mindesten untermeerisch — bis zum Harz vorgestoßen sein. Am Harzrand selbst stellt TORNQUIST (120, 123) das Vorkommen von Pflanzenresten im Unteren Muschelkalk fest. Vielleicht stammt von dort auch der von WALTHER (133, 215) erwähnte Fund eines Baumstammes im Erfurter Steinsalz.

Eine direkte meerische Verbindung von Erfurt nach Hildesheim ist zu Beginn des Mittleren Muschelkalks nicht gut denkbar, trotzdem am Nordharz bei Goslar und Blankenburg das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks aufgefunden sein soll; dagegen sprechen die bunten

Schichten aus dem Liegenden der Bohrung »Carlsglück II«. Die Ausbildung ihrer hangenden Schichten ist im Gegensatz zu Erfurt eine ausgesprochen mergelig-dolomitische. Für die Einwirkung von Kontinentalwässern spricht das öftere Vorkommen des Dolomits in Knollenform und das zeitweise Auftreten von größeren Tonmengen. Gegen Ende des Mittleren Muschelkalks ist die Barre wahrscheinlich wieder überflutet, wenigstens könnte man das aus der gleichmäßigen Ausbildung der oberen Schichten in Erfurt und Carlsglück folgern. Während die bunten Schichten sicherlich aus dem Westen stammen, könnte der Kalk- bzw. Dolomitgehalt dem unter dem Old-Red zwischen England und Norwegen liegenden kalkigen Obersilur seine Herkunft verdanken.

Der Nordrand der »Geisaer Barre« wird nach den Angaben von BLANCKENHORN (14, 35—37) am Nordrande der Eifel zu suchen sein, wo der Mittlere Muschelkalk in seinem unteren Teile ähnlich bunt entwickelt ist, wie in Luxemburg, mit zahlreichen Steinsalzmetamorphosen. Die obere Hälfte ist entsprechend als *Lingula*-Dolomit ausgebildet. Nach MÜLLER (76, 8) reicht die Trias nach Süden bis über die Linie Ochtrup, Ahaus, Borken, Dorsten hinaus. KRUSCH (68, 113) sieht die Ergebnisse der Bohrung »Schwarze Erde 14« bei Raesfeld als Beweis dafür an, daß die Verbreitung des Muschelkalks eine viel größere gewesen ist, als man bisher immer angenommen hatte. Bei Bentheim ist nach HARBORT (53, 509—514) eine Dreigliederung des Muschelkalks im üblichen Sinne nicht mehr möglich. Die Ausbildung ist tonig-dolomitisch mit zahlreich eingelagerten dünnen Anhydritschnüren. Hier müssen wir demnach an der westlichen Grenze des Muschelkalkmeeres sein, in dem während der ganzen Muschelkalkzeit — darauf deutet auch die Fossilarmut — Verhältnisse herrschten, wie wir sie sonst, abgesehen von der Salzabscheidung, im Mittleren Muschelkalk finden. Es war ein flaches, stark verdampfendes Binnengewässer, das den Übergang vom Germanischen Muschelkalk zu den Kalkkonglomeraten Frankreichs und dem New-Red Englands bildete. Den Beginn des Kontinentalsockels vermutet HARBORT bereits westlich der Ems, entsprechend dem »Nordseeland« von DEECKE (21, 8). Bunte Schichten sind vorhanden, scheinen aber von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Aus der Bohrung »Eibergen« bestätigt BENTZ (13, 392 und 400) im allgemeinen die Angaben HARBORT's, nur trennt er den Mittleren Muschelkalk auch rückschließend für Bentheim noch ab, während er das Fehlen des Oberen Muschelkalks als gegeben annimmt: ob primär als Sedimentationslücke, oder sekundär durch Erosion, wird nicht entschieden. BÄRTLING (49, 322 und 7, 1253) will die bunten Schichten an der deutsch-holländischen Grenze zum Oberen Wellenkalk gerechnet haben.

Nach Norden ist die Meeresbedeckung sicher über Lüneburg hinausgegangen, wo wir ebenfalls mehrfach rote Schichten finden, die also auf eine Sedimentation von Westen her hindeuten. Der Muschelkalk ist bei Lüneburg sehr vollständig und auffallend mächtig entwickelt. Auch das Steinsalz scheint im Mittleren Muschelkalk vorhanden zu sein. Wegen der außerordentlich gestörten Schichtenfolge — besonders im

Mittleren Muschelkalk — entbehrt die Vermutung, daß es sich um eingepreßtes Zechsteinsalz handeln kann, aber nicht einer gewissen Berechtigung. Die Entwicklung des Unteren und Mittleren Muschelkalks soll nach GAGEL (49, 318 und 50, 219 und 223) mit der in Thüringen und Süddeutschland ziemlich weitgehend übereinstimmen. Eine Ausnahme bilden die bunten Schichten, die an West- und Südwestdeutschland erinnern. Erwähnt wird auch das Vorkommen fossilführender Bänke im Mittleren Muschelkalk, die an Rüdersdorf erinnern.

Nach Osten zu gewinnt das Steinsalzlager zwischen Braunschweig und Magdeburg das aus dem Süden her gewohnte Aussehen. Die Profile sind aber alle zu ungenau, um ein Nachlassen der Steinsalzausscheidung nach Osten hin nachzuweisen. Die Anzeichen, die auf ein Abnehmen der Steinsalzföhrung deuten, können ebenso gut auch auf eine Abnahme nach Norden hinweisen. Hier wäre es eine dankbare Aufgabe, das Material, das in den vielen streng geheim gehaltenen Zechsteinbohrungen aus dieser Gegend sicher noch verborgen ist, einmal zu sammeln und zu bearbeiten. Es würde über die Ausbildung der Trias sicherlich mancher wertvolle Aufschluß zu erhalten sein.

Die Aufschlüsse von Rüdersdorf, in denen nach ECK (26), RAAB (95) und PICARD (90) durch den ganzen Mittleren Muschelkalk Fossilien gefunden werden, zeigen, daß hier die Steinsalzföhrung primär aufgehört hat. Auch in den Tiefbohrungen (164, 9) ist Steinsalz nicht nachgewiesen, nur reichlich Gips und zuweilen auch Anhydrit. Weiter im Osten finden wir in der schlesischen Bohrung »Groß-Zöllnig II« die letzten Spuren von Anhydrit neben Fossilföhrung. Die oberschlesische Bohrung »Pniow VIII« ermöglicht keine Gliederung des Muschelkalks in mitteldeutschem Sinne mehr. Die Dolomite sind verschwunden, Schaumkalke deuten auf Flachmeer. Die östliche Grenze der Trias vermutet BENECKE (10, 716) in der Gegend von Weichsel und Oder.

Die Steinsalzausscheidung

Aus den vorhergehenden Ausführungen scheint mir für die Bildungsgeschichte des Steinsalzes des Mittleren Muschelkalkes hervorzugehen, daß bereits der Untere Muschelkalk in den äußersten Zipfeln Flachmeer mit lagunären Verhältnissen brachte. Die Zufuhr des Meereswassers erfolgte aus dem südeuropäischen Ozean über Ungarn und Schlesien, wie dies auch TORNQUIST (121, 154) annimmt. Dieser Meeresstrom vermochte die im Steinsalzgebiet stattfindende starke Verdunstung infolge der dortigen klimatischen Verhältnisse nicht auszugleichen. Außerdem besteht die Möglichkeit einer zeitweiligen Unterbrechung des Zuflusses durch die zur Zeit des Mittleren Muschelkalks im südeuropäischen Ozean beginnenden vulkanischen Vorgänge. Das Meereswasser war infolgedessen auf seinem weiten Wege bereits laugenartig angereichert. Etwa an der Linie Magdeburg—Erfurt muß man den ersten Niederschlag von Steinsalz annehmen. Seinen Ca-Gehalt setzte es wegen Mangels an SO_4 -Ionen und Reichtum an CO_2 zunächst vorwiegend als Carbonat ab. Der große Kohlensäuregehalt

erklärt auch das Fehlen der Dolomite. Nach Südwesten, durch die Geisaer und Eisfelder Barre weiter eingeengt, finden wir eine immer reichere saline Ausbildung. Dafür sprechen das immer spätere Wiederauftreten und endlich vollkommene Verschwinden größerer Mengen von Lebewesen nach Süden, bewiesen durch das Einsetzen des Bitumengehalts, das spätere Aufhören der Anhydritausscheidung und das Aufhören der rein kalkigen Ausbildung der obersten Schichten des Hangenden, die in Heilbronn nur noch eben angedeutet ist und weiter nach Süden vollkommen verschwindet.

An diesen südlichen Arm des Muschelkalkmeeres, der von Erfurt über Rhön und Spessart, wo auch für den Unteren Muschelkalk das tiefste Meer nachgewiesen ist, und Heilbronn nach Buix sich ausdehnt, finden wir die Salzbucht von Lothringen westlich angegliedert. Das Meer dringt hier in langsamer Transgression gegen das westliche Old-Red-Massiv vor.

Im Norden von Erfurt ist die Ausdehnung und Entwicklung der einzelnen Abschnitte des Meeres nicht so gut zu beobachten. Vor allem fehlt die Möglichkeit, die nördliche Grenze festzulegen. Nach Westen zu entwickeln sich die Verhältnisse ähnlich wie in Lothringen und Luxemburg.

Durch Süßwasser erfolgte von Westen her die Zufuhr von vorwiegend bunten Tonen und Mergeln, vom böhmischen Massiv her die Zufuhr der Kalke. Auch Windeinwehungen von Ton und Sand sind zweifellos vorhanden. Daß es sich um ein Binnenmeer von größerer Ausdehnung handelt, und keine Ausscheidung aus einzelnen Wüstenseen vorliegt, beweist am besten die konstante Zusammensetzung der Schichten. Infolgedessen ist auch die Ansicht von WALTHER (136, 55) abzulehnen, daß das Muschelkalkbinnenmeer vollständig eingedampft ist. Die Unregelmäßigkeit der Steinsalzföhrung unter einem außerordentlich gleichmäßigen Hangenden läßt darauf schließen, daß der Steinsalzabsatz in erster Linie an den tieferen Stellen des Meeres und, nach der Korngröße zu urteilen, unter erheblicher Wasserbedeckung stattfand, so daß eine Trockenlegung größerer Teile des Meeres nie eingetreten sein kann.

Die eigenartige Unterbrechung der Steinsalzföhrung durch die anhydritische Zwischenbank kann nur durch ein erneutes Wiederaufleben der Meeresverbindung im Osten — wahrscheinlich in Verbindung mit einem Feuchterwerden des Klimas — hervorgerufen worden sein, denn auch hier nimmt die Anreicherung der Lauge auf demselben Wege zu, wie es vorher für das Steinsalz angegeben wurde. In Erfurt noch dolomitisch, geht sie in den anderen Salzgebieten in Anhydrit über und zeichnet sich besonders an den Endzipfeln durch großen Tonreichtum aus.

Zu der steinsalzfreien Fortsetzung des Muschelkalkmeeres über Buix hinaus nach dem Süden ist zu bemerken, daß hier entweder der Mittlere Muschelkalk überhaupt nicht zum Absatz gekommen ist, oder aber, daß auch dort unten ein — allerdings nebensächlicher — Zufluß stattgefunden haben muß.

Sekundäre Zerstörungen

Für die Erhaltung des Steinsalzlagers bis auf unsere Tage spielen die tektonischen Bewegungen der Erdrinde eine große Rolle. Das ursprünglich als einheitliches Ganzes, wenn auch in schwankender Mächtigkeit abgeschiedene Steinsalzlager fällt sofort der sekundären Auslaugung zum Opfer, wenn es am Ausgehenden oder durch ungenügende Überdeckung mit wasserundurchlässigen hangenden Schichten oder durch Verwerfungen dem lösenden Einfluß des Wassers zugänglich gemacht wird. Besonders gefährlich ist deshalb die Heraushebung von Sätteln mit ihren klaffenden Spalten. Einsinkende Gräben können dagegen stark zur Erhaltung der Salzlager beitragen.

VI. Zusammenfassung

Durch die Zusammenstellung sämtlicher erreichbaren Profile aus dem steinsalzführenden Germanischen Mittleren Muschelkalk und ihre Besprechung konnte eine durchgehende stratigraphische Vergleichung des Mittleren Muschelkalks auf der 650 km langen Strecke von der Nordschweiz bis nach Niedersachsen aufgestellt werden. Unter Berücksichtigung der theoretischen Bedingungen zur Abscheidung der Hauptgesteinsbildner des Mittleren Muschelkalks ließ sich daraus in großen Zügen die Bildungsgeschichte des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk beschreiben.

Durch die Ergebnisse dieser Arbeit hoffe ich die Ansicht, daß es sich beim Steinsalz des Mittleren Muschelkalks um keine durchgehende Schicht handelt, endgültig widerlegt zu haben. Überall, wo zur Zeit des Mittleren Muschelkalks die Bedingungen zum Absatz des Steinsalzes bestanden haben, also im ganzen Germanischen Muschelkalkmeer, und, wo unter genügender wasserabschließender Überdeckung, also in genügender Tiefe, keine klaffenden und wasserführenden tektonischen Spalten oder andere Einwirkungen vorhanden sind, oder waren, die ein sekundäres Auswaschen des Steinsalzes ermöglichen, wird man das Steinsalz heute noch auffinden können.

Literaturverzeichnis

1. AHLBURG, Die Ergebnisse der neueren Tiefbohrungen im östlichen Holland. Glückauf, **44**, 1908, S. 1205—1218.
2. A. AIGNER, Der Steinsalzabbau in Erfurt. Oesterr. Zs. für Berg- und Hüttenw., **17**, 1869, S. 10—12.
3. F. v. ALBERTI, Die Gebirge des Königreichs Württemberg in besonderer Beziehung auf Halurgie, 1826.
4. —, Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation, 1834.
5. —, Halurgische Geologie, 2 Bände, 1852.
6. —, Überblick über die Trias mit Berücksichtigung ihres Vorkommens in den Alpen, Stuttgart 1864.
7. R. BÄRTLING, Die Ergebnisse der neueren Tiefbohrungen nördlich der Lippe im fürstlich Salm-Salmschen Bergregalgebiet. Glückauf, **45**, 1909, S. 1173—1178, 1209—1216, 1249—1260, 1289—1294.

8. C. BAUR, Geognostische Beschreibung des Oberamts Neckarsulm. Beschr. d. Oberamts Neckarsulm, Stuttgart 1881, S. 4—25.
9. E. F. BAUR, Das Steinsalzlager am unteren Neckar und seine Entstehung. Dissertation, Stuttgart 1917.
10. E. W. BENECKE, Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg. Abh. z. Geolog. Spezialk. v. Elsaß-Lothringen, 1, 4, 1877, S. 491ff.
11. —, Diploporen und einige andere Versteinerungen im elsäß-lothringischen Muschelkalk. Mitt. Geolog. Landesanst. v. Elsaß-Lothringen, 4, 1898, S. 277—285.
12. E. W. BENECKE und COHEN, Geognostische Beschreibung der Umgebung von Heidelberg, Straßburg 1881.
13. A. BENTZ, Über das Mesozoikum und den Gebirgsbau im Preußisch-Hölländischen Grenzgebiet. Zs. D. G. G. 78, 1926, Aufs., S. 381—500.
14. M. BLANCKENHORN, Die Trias am Nordrande der Eifel. Abh. z. Geolog. Spezialk. v. Preußen, 6, 2, 1885, S. 133—269.
15. W. BRANCO, Das Salzlager bei Kochendorf am Kocher und die Frage seiner Bedrohung durch Wasser. Jahresh. Ver. f. vaterl. Naturk. Württ., 1899, S. 133—231.
16. H. BÜCKING, Geologie von Elsaß-Lothringen mit besonderer Berücksichtigung der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Das Reichsland Elsaß-Lothringen, I. Teil, 1898/1901, S. 34—51.
17. O. v. BUSCHMANN, Das Salz, dessen Vorkommen und Verwertung in sämtlichen Staaten der Erde. Band I, Europa, Leipzig 1909, S. 56—212.
18. BUSCHMANN, Geognostische Exkursion in das Salzwerk Heilbronn. Z. Ver. D. Ing. 1890, S. 885—889.
19. W. DEECKE, Die Bedeutung salzführender Schichten für tektonische Vorgänge. Ber. Naturf. Ges. Freiburg, 20, 1913/14, S. 81—96.
20. —, Geologie von Baden,
Teil I, Berlin 1916, S. 258—293,
Teil II, Berlin 1917, S. 742—759.
21. —, Die Herkunft der west- und süddeutschen Sedimente. Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss. 1920.
22. Deutschlands Kalibergbau. Festschrift zum X. Allgemeinen Bergmannstage in Eisenach, Berlin, 1907.
23. C. DISLER, Geologische Skizze von Rheinfelden. Jahresber. Mitt. Oberrh. Geolog. Ver. 1912, Heft 2, S. 19—34.
24. —, Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheines zwischen Rheinfelden und Augst. Verh. Naturf. Ges. Basel, 25, 1914, S. 1—96.
25. DORN, Neue württembergische Salinen. Ver. vaterl. Naturk. Württ. 31, 1875, S. 165 bis 178.
26. H. ECK, Rüdersdorf und Umgebung. Abh. geolog. Spezialk. v. Preußen, I, 1, Berlin 1872.
27. C. ELSCHNER, Beiträge zur Kenntnis der natürlichen und künstlichen Seewasserglagunen. Geolog. Rundschau, 14, 1923, S. 351—354.
28. K. ENDRISS, Die Steinsalzformation im Mittleren Muschelkalk Württembergs, Stuttgart 1898.
29. E. ERDMANN, Über das Vorkommen von Jod in Salzmineralien. Kali, IV, 1910, S. 117 bis 122.
30. Ergebnisse von Bohrungen, Dieses Jahrb. 1, für 1903, S. 555—812, 2, für 1904, S. 847—1016, 3, für 1905, S. 495—662, 4, für 1906, S. 531—680, 5, für 1907, S. 669—973.
31. R. EWALD, Untersuchungen über den geologischen Bau und die Trias in der Provinz Valencia. Zs. D. G. G. 63, 1911, Aufs., S. 372—417.
32. E. FRAAS, Die Bildung der Germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 1899, S. 36—100.
33. —, Das Bohrloch von Erlenbach bei Heilbronn. Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württ. 70, 1914, S. 37—42.
34. O. FRAAS, Unser schwäbischer Untergrund und das Stuttgarter Bohrloch, 1875.
35. —, Über den Untergrund der Stadt Stuttgart. Medizinisch-statist. Jahresber. der Stadt Stuttgart 1876, 4. Stuttgart 1877, S. 93—127.
36. —, Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern, 1882.

37. O. FRAAS, Die geologischen Verhältnisse von Heilbronn und Umgebung. Jahres. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 41. 1885, S. 43—46.
38. H. FRIEDRICH, Usiglios Arbeiten über die Zusammensetzung des Meereswassers. Kali, 18, 1924, S. 59—68 und 81—84.
39. E. FULDA und H. RÖHLER, Rhythmische Fällungen im Zechsteinmeer. Kali, 15. 1921, S. 108—109.
40. E. FULDA, Salzspiegel und Salzhang. Zs. D. G. G., 1923, Monatsber., S. 10—14.
41. —, Zur Entstehung der Deutschen Zechsteinsalze. Ebendort, Aufs., S. 1—13.
42. —, Studie über die Entstehung der Kalilagerstätten des deutschen Zechsteins. Zs. D. G. G., 76, 1924, Monatsber., S. 7—30.
43. —, Überblick über die Salzlagerstätten Deutschlands. Kali, 19, 1925, S. 17—24.
44. —, Die Temperatur bei der Bildung der deutschen Zechsteinsalze. Ebendort, S. 213 bis 216.
45. —, Das chemische Gleichgewicht bei der Bildung der deutschen Kalisalzlagerstätten. Ebendort, S. 333—337.
46. —, Temperatur und Übersättigung der Laugen bei der Bildung von Kalisalzlagerstätten. Zs. D. G. G., 77, 1925, Monatsber., S. 146—155.
47. —, Salztektunik. Zs. D. G. G., 79, 1927, Abh. S. 178—196.
48. F. A. FÜRER, Salzbergbau und Salinenkunde 1900.
49. C. GAGEL, Die Trias von Lüneburg. Zs. D. G. G. 1908, Monatsber., S. 317—322, Diskussion dazu S. 322—324.
50. —, Beiträge zur Kenntnis des Untergrundes von Lüneburg. Dieses Jahrb. für 1909, 30, 1, S. 165—255.
51. C. GOETZ, Über die Veränderungen des Muschelkalks und Keupers im Trier-Luxemburger Becken nach Westen am Südrande der Ardennen. Dieses Jahrb. für 1914, 35, 1, S. 336—427.
52. O. GRUPE, Zur Stratigraphie der Trias im Gebiete des oberen Wesertals. Vierter Jahresber. Niedersächs. Geolog. Ver. 1911, S. 1—102.
53. E. HARBORT, Ein geologisches Querprofil durch die Kreide-, Jura- und Triasformation des Bentheim-Isterberger Sattels. Festschrift, A. v. KOENEN, 1907, S. 471 bis 515.
54. E. HENNIG, Kontinentalgeologische Beziehungen und Probleme im Aufbau Württembergs, Stuttgart 1918.
55. —, Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern, Berlin 1923.
56. KL. HEYKES, Einige Bemerkungen zu „Studie über die Entstehung der Kalilagerstätten des deutschen Zechsteins von ERNST FULDA“. Kali, 18, 1924, S. 281—283.
57. VAN'T HOFF, Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerungen. Leipzig 1912.
58. V. HOHENSTEIN, Beiträge zur Kenntnis des Mittleren Muschelkalks und des unteren Trochitenkalks am östlichen Schwarzwaldrand. Jena 1913.
59. JÄNECKE, Neues über die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. Jahrb. Halleschen Verb., Heft 1, 1919, S. 56—66.
60. CH. KEFERSTEIN, Teutschland geognostisch dargestellt, und mit Charten und Zeichnungen erläutert. Eine Zeitschrift, Band 1—7, Weimar 1821—1831.
61. A. v. KOENEN, Über die Wirkungen des Gebirgsdruckes in tiefen Salzbergwerken. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen; Mathem.-physik. Kl. 1905, S. 17—34.
62. —, Zur Entstehung der Salzlager Nordwest-Deutschlands. Ebendort, S. 339—342.
63. E. KOKEN, Geologische Spezialkarte der Umgebung von Kochendorf, Stuttgart 1900.
64. K. KRAFFT, Untersuchungen von württembergischen Steinsalz- und Gesteinsformationen auf ihren Jodgehalt. Chemiker-Zeitung 1924, Heft 11/12 und 14/15, S. 49—50 und 62.
65. W. KRANZ, Übersicht der jüngeren Tektonik von West-Württemberg und Nordwest-Hohenzollern nach amtlichen Aufnahmen. Dieses Jahrb. für 1921, 42, S. 175 bis 186.
66. O. KRULL, Die Geologie der deutschen Kalisalzlager nach dem heutigen Stande der Forschung. Kali, 13, 1919, S. 277—281, 296—304, 317—322.
67. —, Entstehung der Salzlager. Kali, 21, 1927, S. 148—150.
68. P. KRUSCH, Jura, Muschelkalk und Rötikalke in der Bohrung „Schwarze Erde 14“ bei Raesfeld. Zs. D. G. G. 65, 1913, Monatsber., S. 112—113.
69. R. LACHMANN, Der Salzauftrieb, Halle 1911.

70. E. LEHMANN, Fortschritte der mineralogischen und geologischen Erforschung der permischen Salzlagerstätten seit dem Jahre 1907. *Jahrb. Halleschen Verb. Heft 2*, 1920, S. 92—182.
71. G. LEONHARD, Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis des Großherzogtums Baden, Heft III, Stuttgart 1854.
72. LICHTENBERGER, Das Salzwerk Heilbronn. *Zs. Berg-, Hütten- und Salinenw. im preuß. Staate*, 1897, S. 135—148.
73. —, Entstehung der Salzlager. *Kali*, **21**, 1927, S. 65 und 295.
74. G. LINCK, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. *N. Jahrb. f. Miner., B.-Bd.* **16**, 1903, S. 495—513.
75. L. VON ZUR MÜHLEN, Über die Kalivorkommen von Solikamks im Gouvernement Perm. *Kali*, **21**, 1927, S. 1—2.
76. G. MÜLLER, Das Ergebnis einiger Tiefbohrungen im Becken von Münster. *Zs. prakt. Geologie*, 1904, S. 7—9.
77. E. NAUMANN, Fossilfunde im Mittleren Muschelkalk bei Großheringen. *Zs. D. G. G.* 1908, *Monatsber.*, S. 71—76.
78. —, Einige Bemerkungen über die Stellung der Jenaer Saurierkalke im Profil und zur Abgrenzung des Mittleren Muschelkalks in Thüringen. *Dieses Jahrb. für 1917*, **38**, 1, S. 245—251.
79. E. F. NEMINAR, Über die Entstehungsweise der Zellenkalke und verwandter Gebilde. *Tschermaks miner. Mitt. Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt* 1875, S. 251ff.
80. C. OCHSENIUS, Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze, Halle 1877.
81. —, Beiträge zur Erklärung der Bildung von Steinsalzlagern und ihrer Mutterlaugensalze. *Verh. Leopold.-Carol. D. Akad. Naturf.*, **40**, 1878, S. 121—166.
82. —, Bedeutung des orographischen Elementes „Barre“ in Hinsicht auf Bildungen und Veränderungen von Lagerstätten und Gesteinen. *Zs. prakt. Geologie* 1893, S. 189—201, 217—233.
83. —, Das Gesetz der Wüstenbildung von JOHANNES WALTHER — Berlin 1900 —. *Centralbl. für Miner.* 1902, S. 551—562, 577—590, 620—633.
84. —, Die Entstehung von Salz und Gips durch topographische oder klimatische Ursachen. *Centralbl. für Miner.* 1903, S. 416ff.
85. F. W. PFAFF, Über Dolomit und seine Entstehung. *N. Jahrb. f. Miner., B.-B.* **23**, 1907, S. 529—580.
86. E. PHILIPPI, Über die Bildungsweise der bunt gefärbten klastischen Gesteine der kontinentalen Trias. *Centralbl. für Miner.* 1901, S. 463—469.
87. —, Über Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. *N. Jahrb. f. Miner., Festband*, 1907, S. 398—445.
88. —, und JOHN MURRAY, Die Grundproben der Deutschen Tiefsee-Expedition. *Wissensch. Ergebn. „Valdivia“* 1898—1899, **10**, 1925, S. 77—206.
89. J. PIA, Die Diploporen der deutschen Trias und die Frage der Gleichsetzung der deutschen und alpinen Triasstufen. *Zs. D. G. G.*, **78**, 1926, *Monatsber.*, S. 192—201.
90. E. PICARD, Mitteilungen über den Muschelkalk bei Rüdersdorf. *Dieses Jahrb. für 1914*, **35**, 2, S. 366—372.
91. F. A. QUENSTEDT, Das Flözgebirge Württembergs mit besonderer Rücksicht auf den Jura, Tübingen 1851.
92. —, „Sonst und Jetzt“, Populäre Vortr. über Geologie, Tübingen 1856.
93. —, Epochen der Natur, Tübingen 1861.
94. —, „Klar und Wahr“, Neue Reihe populärer Vortr. über Geologie, Tübingen 1872.
95. O. RAAB, Neue Beobachtungen aus dem Rüdersdorfer Muschelkalk und Diluvium. *Dieses Jahrb. für 1904*, S. 205—217.
96. O. M. REIS, Das Salzlager des Mittleren Muschelkalks am Neckar. *Zs. prakt. Geologie* 1899, S. 153—167.
97. —, W. BRANCO, Das Salzlager bei Kochendorf am Neckar und die Frage seiner Bedrohung durch Wasser. *Zs. prakt. Geologie* 1899, S. 295—302.
98. —, Der Mittlere und Untere Muschelkalk im Bereiche der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. *Geogn. Jahresn.*, **14**, 1901, S. 23—127.
99. —, Die Tiefbohrungen auf Steinsalz in Baden im Vergleich mit denen in Franken. *Zs. prakt. Geologie*, **10**, 1902, S. 187—190.
100. —, Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. *Geogn. Jahresh.*, **22**, 1909, S. 1—285.

101. K. REPETZKI, Beiträge zur Frage der Metamorphose, insbesondere der Thermodynamo-
metamorphose der Salzgesteine der deutschen Zechsteinsalzlager und ihrer
Mineralparagenese. *Kali*, **20**, 1926, S. 36—40, 92—95, 139—142, 200—204.
102. F. RINNE, Plastische Umformung von Steinsalz und Sylvin unter allseitigem Druck.
N. Jahrb. f. Miner. 1904, I, S. 114—122.
103. —, Metamorphosen an Salzen und Silikatgesteinen. *Ber. über Verh. Sächs. Ges. Wiss.
zu Leipzig. Mathem.-physik. Kl.*, **66**, 1914, S. 118—135.
104. —, Die geothermischen Metamorphosen und die Dislokationen der deutschen Kali-
salzlagerstätten. *Fortschr. der Miner.*, **6**, 1920, S. 101—136.
105. H. ROSENBUSCH, *Elemente der Gesteinslehre*, 4. Auflage, Stuttgart 1923.
106. M. RÓZSA, Über den Jodgehalt der deutschen Zechsteinsalze. *Kali*, **18**, 1924, S. 249—252.
107. —, Karbonatgesteine als chemische Sedimente und Beziehungen zur Genesis der Kali-
salzlager. *Kali*, **20**, 1926, S. 55—60.
108. F. SCHALCH, Die Gliederung des Oberen Buntsandsteins, Muschelkalkes und Unteren
Keupers nach den Aufnahmen auf Sektion Mosbach und Rappenu. *Mitt. Bad.
Geol. Landesanstalt*, **2**, 15, 1893, S. 497ff.
109. —, K. ENDRISS, Die Steinsalzformation im Mittleren Muschelkalk Württembergs.
Zs. prakt. Geologie 1899, S. 22—24.
110. —, Nachträge zur Kenntnis der Trias am südöstlichen Schwarzwald. *Mitt. Bad.
Geol. Landesanstalt*, **5**, 1907, S. 65—142.
111. C. SCHMIDT, Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz 1:500000
mit Erläuterungen, Basel 1917.
112. — und andere, Die Bohrungen von Buix bei Pruntrut und Alschwil bei Basel. *Beitr.
Geologie d. Schweiz, Geotechn. Serie, X. Lieferung*, Bern 1924.
113. E. E. SCHMIDT, Die Gliederung der oberen Trias nach den Aufschlüssen im Salzschat
auf dem Johannisfelde bei Erfurt. *Zs. D. G. G.* 1864, S. 145—154.
114. R. SCHMIDT, Über die Beschaffenheit und Entstehung parallelfasriger Aggregate von
Steinsalz und von Gips. *Kali*, **8**, 1914, S. 161—166, 197—202, 218—222,
239—245.
- 114a. G. SCHÜBLER, Über die Lagerungsverhältnisse des Steinsalzes zu Wilhelmglück.
Naturw. Abh. **1**, Tübingen 1827, S. 359—366.
115. H. STILLE, Der Untergrund der Lüneburger Heide und die Verteilung ihrer Salz-
vorkommen. *4. Jahresber. d. Niedersächs. Geol. Ver.* 1911, S. 224—286.
116. H. THÜRACH, Über die mögliche Verbreitung von Steinsalzlagerstätten im nördlichen
Bayern. *Geogn. Jahresh.*, **13**, 1900, S. 10—148.
117. A. TORNQVIST, Die Gliederung und Fossilführung der außeralpinen Trias auf Sar-
dinien. *Sitzungsber. Preuß. Akad. Wiss.*, 1904, S. 1098—1117.
118. —, Die carbonische Granitbarre zwischen dem oceanischen Triasmeer und dem euro-
päischen Triasbinnenmeer. *N. Jahrb. f. Miner., Beil.-B.* **20**, 1905, S. 466—507.
119. —, Über die außeralpine Trias auf den Balearen und in Catalonien. *Sitzungsber.
Preuß. Akad. Wiss.* 1909, S. 902—918.
120. —, Die Binnenmeerfazies der Trias. *Geol. Rundschau*, **3**, 1912, S. 111—129.
121. —, Grundzüge der geologischen Formations- und Gebirgskunde, Berlin 1913, S. 145
bis 179.
122. ULRICH, Die Schachtbohrarbeiten auf dem Königlichen Steinsalzbergwerke bei Erfurt.
Zs. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. Staate, **6**, 1858, S. 174—188.
123. J. H. VERLOOP, Die Salzlager der Nordschweiz, Dissert., Basel 1909.
124. VOGELGESANG, Geologische Beschreibung der Umgebung von Triberg und Donau-
eschingen. *Beitr. Statistik und inneren Verwaltung Großherzogtums Baden*,
30, Heft, 1872, S. 1ff.
125. P. VOLLRATH, Das Meer zur Wellengebirgszeit zwischen Schwarzwald und Thüringer
Wald. *Naturwiss. Wochenschr., N. F.*, **21**, S. 257ff.
126. —, Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des fränkischen Wellengebirges,
Dissert., Stuttgart 1923.
127. G. WAGNER, Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Haupt-
muschelkalks und der unteren Lettenkohle in Franken. Dissert. Jena 1913.
128. —, Die deutschen Salzlager. „Aus der Heimat“, *Naturwiss. Wochenschr.*, **40**, 1927,
4, S. 97ff.
129. R. WAGNER, Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalks bei Jena. *Abh. preuß.
Geol. L.-A., N. F.*, H. 27, 1897.

130. R. WAGNER, Neue Beobachtungen aus dem Muschelkalk und Röt von Jena. Dieses Jahrb. für 1921, S. 1—16.
131. W. WAGNER, Einpressungen von Salz in Spalten der oberelsässischen Salz- und Kalisalzablagerungen. Mitt. Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, 9, 1914/16, S. 135—158.
132. J. WALTHER, Über die Lebensweise fossiler Meerestiere. Zs. D. G. G. 1897, Aufs., S. 209—273.
133. —, Die Entstehung von Salz und Gips durch topographische oder klimatische Ursachen. Centralbl. Miner. 1903, S. 211ff.
134. —, Geschichte der Erde und des Lebens, 1908.
135. —, Salzlagerstätten und Braunkohlenbecken in ihren genetischen Beziehungen. Jahrb. Halleschen Verb., Heft 1, 1919, S. 11—15.
136. —, Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4. Auflage, Leipzig 1924.
137. L. VAN WERVEKE, Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der südlichen Hälfte des Großherzogtums Luxemburg, 1887.
138. —, Über die Entstehung der elsässischen Erdöllager. Mitt. Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, 6, 1909, S. 1—30 (25).
139. —, Zur Frage des Vorkommens von Kohle in der Gegend von Longwy sowie im Großherzogtum Luxemburg und über die Randausbildung der Trias in der luxemburgischen Bucht. Ebendort, S. 341—360.
140. —, Die Trias aus einer Tiefbohrung von Dieuze (Lothringen). Ebendort, S. 361—368.
141. —, Die Ergebnisse der geologischen Forschungen in Elsaß-Lothringen und ihre Verwendung zu Kriegszwecken, 1916.
142. —, Die Küstenausbildung der Trias am Südrande der Ardennen. Mitt. Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, 10, 2, 1916, S. 151—239.
143. —, Profile durch den Mittleren Muschelkalk aus Bohrungen im nordöstlichen Frankreich, in Luxemburg, Lothringen und dem Rheintal. Mitt. Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, 10, 3, 1917, S. 335—365.
144. —, Versuch einer Erklärung des seitlichen Überganges der Salzlagerstätten im lothringischen Keuper in eine Anhydritbildung, Kali, 18, 1924, S. 265—268, 317—318.
145. —, Bemerkenswerte Vorkommen von Dolomit, Anhydrit, Braunspat, Magnesit, Siderit, Eisenkies und Bitumen in mesozoischen und tertiären Schichten des linken Rheingebietes südlich des Rheinischen Schiefergebirges. Geolog. Rundschau, 16, 1925, S. 287—304.
146. A. WURM, Untersuchungen über den geologischen Bau und die Trias von Aragonien. Zs. D. G. G., 63, 1911, Abh., S. 38—174.
147. Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde, 1880, Supplement, S. 30—35.
148. v. XELLER, Geschichte und Beschreibung der Saline Friedrichshall. Beschr. des Oberamts Neckarsulm, Stuttgart 1881, S. 409—430.
149. M. FRANK, Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Wellengebirges im südlichen Schwarzwald. Erscheint demnächst in Jahresheft. Ver. vaterl. Naturk. in Württ., 1928.
150. Karte der nutzbaren Lagerstätten Deutschlands, Blatt Pfalzburg, 1:200000, bearbeitet von W. BRUHNS und v. BRAUNMÜHL, herausgegeben von der Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, 1908.

Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg 1:50000, Atlasblatt:

151. Horb, bearbeitet von v. PAULUS, 1875.
152. Neckarsulm, Öhringen und Ober-Kessach, bearbeitet von E. FRAAS, 1892.
153. Tuttlingen, Fridingen, Schwenningen, bearbeitet von F. A. QUENSTEDT, 1881.

Erläuterungen zu den geologischen Spezialkarten 1:25000

a) Baden

154. Dürrheim, bearbeitet von A. SAUER, 1901.
155. Königsfeld—Niedereschach, bearbeitet von F. SCHALCH, 1897.

156. Mosbach, bearbeitet von F. SCHALCH, 1894.
157. Rappenaу, bearbeitet von F. SCHALCH, 1901.
158. Sinsheim, bearbeitet von H. THÜRACH, 1896.

b) Elsaß-Lothringen

159. Groß-Hemmersdorf, bearbeitet von L. VAN WERVEKE, 1889.

c) Preußen

160. Calbe a. M., bearbeitet von M. SCHOLZ, 1887.
161. Haigerloch (Binsdorf), bearbeitet von TH. SCHMIERER, 1925.
162. Groß-Hemmersdorf, bearbeitet von E. WEISS und H. GREBE, 1876.
163. Langensalza, bearbeitet von E. KAISER und E. NAUMANN, 1905.
164. Rüdersdorf, 4. Auflage, bearbeitet von K. KEILHACK und W. WOLFF, 1923.
165. Salzgitter, bearbeitet von H. SCHROEDER, 1912.
166. Stotternheim, bearbeitet von E. E. SCHMIDT, 1873.
167. Uthmöden, bearbeitet von E. PICARD und FR. WIEGERS, 1908.

d) Württemberg

168. Altensteig, bearbeitet von M. SCHMIDT, 1908.
169. Dornstetten, bearbeitet von A. SCHMIDT, 1911.
170. Freudenstadt, bearbeitet von M. SCHMIDT und K. RAU, 1906.
171. Nagold, bearbeitet von M. SCHMIDT, 1909.
172. Rottweil, bearbeitet von M. SCHMIDT, 1912.
173. Schramberg, bearbeitet von M. BRÄUHÄUSER, 1909.
174. Schwenningen, bearbeitet von M. SCHMIDT, 1914.
175. Sulz-Glatt, bearbeitet von A. SCHMIDT, 1914.