

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 35 (1942)
Heft: 1

Artikel: Die geologischen Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass)
Autor: Vonderschmitt, Louis
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-160253>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die geologischen Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass).

Von **Louis Vonderschmitt**, Basel.

Mit 1 Tafel (II) und 4 Textfiguren.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	67
Einleitung	68
Stratigraphie	70
Trias	70
Jura	73
Vergleich mit Trias und Jura benachbarter Gebiete	78
Tertiär	81
Vergleich mit dem Tertiär benachbarter Gebiete und Abgrenzung des Sannoisien und des Stampien	88
Tektonik	89
Die Bohrungen von Hirtzbach und der Westrand des Horstes von Mülhausen	89
Die Bohrungen von Hirtzbach und das Problem der Entstehung des Rheintalgrabens	93
Beziehungen zu den Brüchen und Querfalten des Tafeljura	94
Literaturverzeichnis	98

Vorwort.

Die Société Anonyme d'Exploitations Minières in Pechelbronn führte von 1935 bis 1938 in Hirtzbach bei Altkirch (Sundgau) eine Anzahl Tiefbohrungen aus. Die mit der Überwachung der Bohrungen betrauten Herren M. ORGEVAL und C. COMET besuchten während dieser Zeit öfters das Geologisch-paläontologische Institut der Universität Basel zwecks Bestimmung der Fossilien und Vergleich der Gesteine. Sie wurden bei diesen Untersuchungen unterstützt durch die Herren Prof. A. BUXTORF, Privatdozent Dr. M. REICHEL und den Schreibenden.

Als nach Abschluss der Bohrarbeiten im Dezember 1938 die Direktion der obengenannten Gesellschaft beschloss, die Resultate der Bohrungen von Hirtzbach zu veröffentlichen, wandte sich ihr Chefgeologe, Herr R. SCHNAEBELÉ, freundlicherweise an das Basler geologische Institut um Mitarbeit. In der Folge wurde vereinbart, dass M. ORGEVAL und der Unterzeichnete in einer gemeinsamen Arbeit die Resultate veröffentlichen sollten.

Im Frühjahr und Sommer 1939 wurde das Kernmaterial neu geordnet und nochmals durchgegangen. Die wichtigsten Kernstücke konnten dank dem Entgegen-

kommen der Direktion der S.A.E.M. nach Basel gebracht werden, wo sie im Naturhistorischen Museum deponiert werden sollen.

Es war unsere Absicht, im September 1939 gemeinsam den Text zu einer Publikation der Resultate zu redigieren und zusammen mit dem von M. ORGEVAL entworfenen Profil (Tafel II) zu veröffentlichen. Der Krieg unterbrach jedoch alle Verbindungen und verunmöglichte die Mitarbeit des Herrn ORGEVAL an der Abfassung des vorliegenden Textes.

Auf eine Veröffentlichung der detaillierten Bohrprofile musste unter diesen Umständen verzichtet werden, dafür wurde im Abschnitt Stratigraphie die Ausbildung der Schichten etwas ausführlicher behandelt und für die wichtigsten Stellen durch Detailprofile ergänzt.

Der S.A.E.M. sei hiermit der beste Dank ausgesprochen für die Überlassung des interessanten Materials und die Erlaubnis zur Publikation. Herr M. ORGEVAL stellte mir seine detaillierten Aufzeichnungen über die Bohrkerne sowie seine Profilwürfe zur Verfügung. Ich möchte ihm dafür herzlich danken, wie auch für seine wertvolle Mitarbeit bei der Sichtung der Bohrkerne.

In der vorliegenden Arbeit werden nur die stratigraphischen und tektonischen Ergebnisse veröffentlicht. Die technischen Angaben und praktischen Resultate bleiben einer andern Publikation vorbehalten.

Einleitung.

Seit im 18. Jahrhundert der Ölaustritt bei Pechelbronn im Unter-Elsass Anlass gab zur Entstehung einer Industrie, wurde auch im übrigen Oberrheintal dem Auftreten von Ölanzeichen vermehrte Aufmerksamkeit zuteil. Auf die verschiedenartigsten Anzeichen hin wurden zwischen Mainz und Basel Schürfungen und Bohrungen vorgenommen, die zwar meist wieder Spuren von Bitumen, aber nur ganz selten abbauwürdige Erdöllager antrafen.

Da im Rheintal die tertiären Sedimente — die hier die Träger des Erdöls sind — fast überall von jüngeren Anschwemmungen bedeckt sind, konzentrierten sich die Aufschlussarbeiten hauptsächlich um die natürlichen Erdölausbisse. Eine solche Ölspur war nun schon seit langem im Sundgau bekannt.

Von Colmar gegen Süden erweitert sich der Rheintalgraben trompetenartig, gleichzeitig spaltet er sich in zwei Gräben, den tiefen Graben von Dammerkirch (Dannemarie) im Westen, der NE-SW-Richtung zeigt und den flacheren Graben von Sierenz im Osten mit NNW-SSE-Richtung. Dazwischen liegt, im E und W von Brüchen begrenzt, der Horst von Mülhausen mit seinen flach nach SE einfallenden Sedimenten (unteres Oligocaen).

In der Gegend von Altkirch, am Westrand des Horstes von Mülhausen, treten graue Mergel mit Einlagerungen von mürben Sandsteinen zutage, die früher in das Sannoisien gestellt, heute zum Stampien gezählt werden. Am rechten Ufer des Ölbaches, am Südende des Dorfes Hirtzbach, weisen diese Sande so starke Imprägnation von Erdöl auf, dass auf dem Wasser des Baches gelegentlich Ölfilme zu beobachten sind.

Im Laufe der letzten 160 Jahre versuchte man hier zu wiederholten Malen durch Schürfungen und Bohrungen nutzbare Erdöllager zu finden.

In den Jahren 1782, 1817 und 1820 wurden Schächte und Galerien angelegt, um das Öl der oberflächennahen Sande zu drainieren, jedoch ohne ermutigende Erfolge (10)¹⁾.

¹⁾ Die Zahlen in Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis.

Nachdem in den 80er Jahren die Gewinnung von Öl durch Bohrungen im Gebiet von Pechelbronn eine neue Blüte der Erdöl-Industrie gebracht hatte, wurde auch dem Sundgau wieder mehr Interesse entgegengebracht.

Anfangs der 90er Jahre (12) sind in der Folge bei Hirsingen, Hirtzbach und 2 km westlich davon, bei St. Glucker eine Anzahl von Bohrungen ausgeführt worden, von denen mehrere über 150 m Tiefe erreicht haben sollen. In ungefähr 100 m Tiefe zeigten sich in allen Bohrlöchern Ölsuren und einmal soll sogar eine Springquelle erbohrt worden sein, die aber nach einer Viertelstunde wieder zu fließen aufhörte. Bohrrapporte oder nennenswerte geologische Daten sind von diesen Bohrungen nicht bekannt.

Wenige Jahre später, 1898/99, wurde ca. 1 km NW von Hirtzbach bei Carspach (C in Fig. 4 p. 90) erneut eine Bohrung abgeteuft (14). Sie durchfuhr 380 m graue Tone und trat dann durch eine Verwerfung in den Jura (Rauracien) ein. Die Bohrung war praktisch erfolglos, brachte aber zwei für die Geologie wichtige Resultate, nämlich den Nachweis von Jura unter der Tertiärdecke des Sundgaus und denjenigen der grossen Verwerfung am Westrande des Horstes von Mülhausen. In den folgenden Jahren wurden in der Gegend von Hirtzbach selbst keine Bohrversuche mehr unternommen, wohl aber in der weiteren Umgebung bei Michelbach, Gewenheim (Gewenheim), Bourbach-le bas (Nieder-Burbach), Mortzwiller, Felon, Reppe und Suarce, teils um Kalisalz, teils um Ölvorkommen aufzusuchen.

Diese praktisch erfolglosen Bohrungen ergaben eine ganze Menge neuer Daten über die Zusammensetzung des Tertiärs im Sundgau. Sie sind eingehend gewürdigt worden von L. MEYER (33) und J. JUNG (26).

Da die Ergebnisse der älteren Bohrarbeiten nicht als eindeutig negativ bewertet werden konnten, wurden 1928 bei Hirtzbach neuerdings Explorationsarbeiten begonnen (18).

An Hand von Schürfungen und magnetometrischen Untersuchungen konnte die Existenz verschiedener Verwerfungen wahrscheinlich gemacht werden, deren wichtigste NE-Richtung zeigen sollte. Sie wurde als Fortsetzung der Verwerfung von Carspach aufgefasst. Zwei Bohrungen wurden abgeteuft, Hib I und Hib II (siehe Fig. 4).

Hib I fand in zwei sandigen Horizonten der Meletta-Schichten geringe Ölmengen und erreichte nach Durchfahren von zwei Verwerfungen (siehe Taf. II) die Melanienkalke. Hib II begann in Süsswassermergeln des Chattien und musste in 180 m Tiefe in den Meletta-Schichten ohne praktisches Resultat aufgegeben werden.

Diese Bohrungen gaben weder ein vollständiges Profil des Tertiärs, noch erschöpfende Auskunft über die Verwerfung und einen möglichen Zusammenhang derselben mit dem Auftreten des Öles.

Im Jahre 1935 wurde deshalb von der „Société Anonyme d'Exploitations Minières Pechelbronn“ ein Programm entworfen, um alle das Erdöl von Hirtzbach betreffenden Fragen so gründlich als möglich abzuklären.

Zur Ausführung dieses Programms wurden 1935/36 13 Handbohrungen (total 269 Bohrmeter) und 1935—1938 16 Tiefbohrungen (total 6897,15 Bohrmeter), wovon 1421,65 m Kernbohrung, ausgeführt.

Durch die Handbohrungen wurde die Lage der Verwerfung präzisiert. Von den Tiefbohrungen sollten die weniger tiefen (Bohrungen Hz P. 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15 und 16) als Vorbereitung für die tieferen Sonden die Tektonik abklären und ferner genaue Auskunft über die Stratigraphie des Tertiärs und allfällige Ölverbreitung darin geben. Die Bohrungen Hz P. 1, 4, 10, 11, 13 und 17 hatten Aufschluss zu

erteilen über die stratigraphische Ausbildung des Mesozoikums und den Verlauf der Verwerfung in der Tiefe.

Diese Bohrungen, die ungefähr in der Mitte zwischen Jura und Vogesenrand liegen, sind, neben ihrer technischen Bedeutung, von ganz besonderem Interesse für die Geologie des Sundgaus. Sie bereichern unsere Kenntnis durch ein fast vollständiges Profil des Tertiärs und des Mesozoikums des Rheintalgrabens und geben uns genauere Auskunft über die Tektonik des Westrandes des Horstes von Mülhausen. Wir verdanken dies der Sorgfalt, mit der die oben genannte Gesellschaft die Explorationsarbeiten ausführte. Sie begnügte sich nicht mit der bestmöglichen Abklärung der erdölgeologischen Fragen, sondern ermöglichte auch die wissenschaftliche Auswertung der Resultate durch Aufbewahrung der wichtigsten Kernserien und stellte in verdankenswerter Weise dem Schreibenden alle Bohrresultate zur Verfügung.

Stratigraphie.

Die Gesamtheit der Bohrungen ergibt ein gutes Bild der Schichtserie, da die Bohrungen zu 20% mit dem Kernbohrer ausgeführt wurden. Kombiniert man die in den verschiedenen Bohrungen genommenen Kerne, so erhält man ein beinahe vollständiges Kernprofil vom Dach des Muschelkalks bis zur Basis des Stampien.

Obschon Fossilien in den Bohrungen, verglichen mit oberflächlichen Aufschlüssen, selten sind, können die einzelnen Glieder der Schichtserie doch gut erkannt werden; allerdings bleibt die Abtrennung der einzelnen Stufen oft etwas unsicher, da sie sich auf lithologische Merkmale stützen muss. Damit verbunden ist eine gewisse Unsicherheit in den Mächtigkeitsbestimmungen, die besonders dadurch verschärft wird, dass gerade bei Gesteinswechsel Kernverluste am häufigsten eintreten.

MESOZOIKUM.

Mit sechs Bohrungen wurde das Mesozoikum angefahren, zwei davon wurden nur bis in den Malm geführt (Hz P. 1 und Hz P. 13), eine bis zum Callovien (Hz P. 17). Hz P. 4 wurde bis in den Dogger gebracht, Hz P. 10 und 11 bis in die Trias.

1. Trias.

Aus technischen Gründen konnte die Trias — mit Ausnahme des Keupers — nicht mit dem Kernrohr durchbohrt werden. Da jedoch die Bohrung nach der Methode der „Injection inverse“ abgeteuft wurde, sind die Meisselproben recht zuverlässig und ergeben ein gutes Bild der durchfahrenen Schichten.

Eine eingehende mikroskopische Untersuchung der Meisselproben war vorgesehen, sie konnte jedoch nicht durchgeführt werden, weil die Proben seit September 1939 nicht mehr zugänglich sind.

Hz P. 11 trat bei 1104 m in die Mergel des Keupers ein und wurde in 1579 m Tiefe im Bundsandstein beendet. Hz P. 10 erreichte die Obergrenze des Keupers bei 1110 m und endigte bei 1354 m im oberen Muschelkalk.

Buntsandstein. 38 m (1541—1579 in Hz P. 11).

Die unteren Lagen werden von vorwiegend feinen, gefleckten, grauen bis bunten Sandsteinen gebildet. Die oberen Schichten sind etwas toniger. 15 m unter der Obergrenze ist in ihnen eine Anhydritbank (maximale Mächtigkeit 1 m) einge-

lagert. Eine ähnliche lagunäre Einlagerung wurde im Buntsandstein von Buix (39, p. 26) beobachtet.

Wellenmergel des unteren Muschelkalks. 31 m (1510—1541 in Hz P. 11).

Im untern Teil wiegen dunkelgraue Mergel vor. Die oberen 10 m sind etwas kalkiger und zum Teil sandig. Anhydrit, Gips und Spuren von Salz konnten festgestellt werden. Fossilien wurden nicht gefunden.

Mittlerer Muschelkalk. 157 m (1353—1510 in Hz P. 11), Anhydritformation.

Von oben nach unten kann man vier Zonen erkennen:

1. Graue Dolomite mit Anhydritlagen, 10 m.
2. Dunkle, schiefrige Mergel mit sehr viel Anhydrit, der lagenweise vorzuherrschen scheint. 37 m.
3. Die eigentliche Salzformation, 100 m. Die obersten 12 m scheinen aus Mergeln mit Salzeinlagerungen zu bestehen. Darunter folgt eine 20 m mächtige Schichtgruppe mit vorwiegend Salz und Anhydrit. Diese wird durch eine 23 m messende, wahrscheinlich salzfreie Zone getrennt von der untern Salzgruppe, die 45 m mächtig ist. Die untersten 10 m sind gekennzeichnet durch rote Tone und rotes Steinsalz. Der Betrag der Salzmächtigkeit kann, da keine Kerne vorliegen, nicht ermittelt werden.
4. 10 m dolomitische Mergel mit Anhydritlagen.

Oberer Muschelkalk. 56,5 m (1353—1296,5 in Hz P. 10).

Während im untern Teil des obern Muschelkalks graue, dolomitische Kalke vorherrschen, finden sich gegen oben immer mehr gelbliche, dolomitische Lagen. Ein Teil derselben ist feinsandig und kann am ehesten verglichen werden mit den beim Bau des Kraftwerks Augst-Wyhlen beobachteten sandigen Dolomiten des Trigonodusdolomits (11). Die Grenze zwischen Hauptmuschelkalk und Trigonodusdolomit konnte nicht genau bestimmt werden. Es fehlt eben einstweilen, wie schon oben erwähnt, eine systematische mikroskopische Untersuchung der Meisselproben. Zu erwähnen ist, dass in den Meisselproben auch Hornsteinsplitter gefunden wurden, so dass das Vorhandensein verkieselter Lagen, wie sie weiter östlich im Basler Jura häufig sind, vermutet werden darf.

Der oberste Teil des Muschelkalks und die darüber folgende Lettenkohle wurden mit dem Kernrohr durchbohrt. Eine detaillierte Darstellung der gewonnenen Kerne ist in nebenstehender Textfigur gegeben (Fig. 1).

Zwischen den Estherienschiefern der Lettenkohle und dem Trigonodusdolomit findet sich hier eine Zone, in der plattige Dolomite wechsellagern mit dunkelgrauen, tonigen Schiefern mit Anhydrit. Bei 1299,3 und 1300,7 m sind zwei je dezimeterdicke Lagen von dichtem Anhydrit eingeschaltet. Ein stark mit Anhydrit durchsetzter Dolomit schliesst den Trigonodusdolomit oben ab.

Diese Schichten sind offenbar zu vergleichen mit der „Dolomitischen Region“ des obern Muschelkalkes der Vogesen. Das Auftreten von Anhydrit in der Dolomitischen Region war für Lothringen und das Unterelsass schon lange bekannt. In unserer Region wurde es zum ersten Male nachgewiesen durch die Bohrung von Buix (39, p. 22). Die Bohrung Hz P. 10 zeigt nun, dass es sich nicht um ein isoliertes Auftreten von Anhydrit handelt, sondern um eine sich über ein grösseres Gebiet erstreckende Ablagerung. Leider wurden in den Bohrkernen im Trigonodusdolomit keine Fossilien gefunden und auch keine charakteristischen Bänke, die einen Vergleich mit den Vorkommen östlich von Basel ermöglichen würden.

Wo die Grenze zwischen Lettenkohle und Trigonodusdolomit zu ziehen ist, bleibt dem Gutdünken überlassen. In Anlehnung an die deutsche Unterteilung wurde in der Bohrung Buix die Grenze unter die Dolomitbank im Liegenden der Estherienschiefer gelegt. Schliessen wir uns diesem Vorgehen an, so kommt die Grenze unter den mit Anhydrit durchsetzten Dolomit zu liegen (bei ca. 1296,5 m).

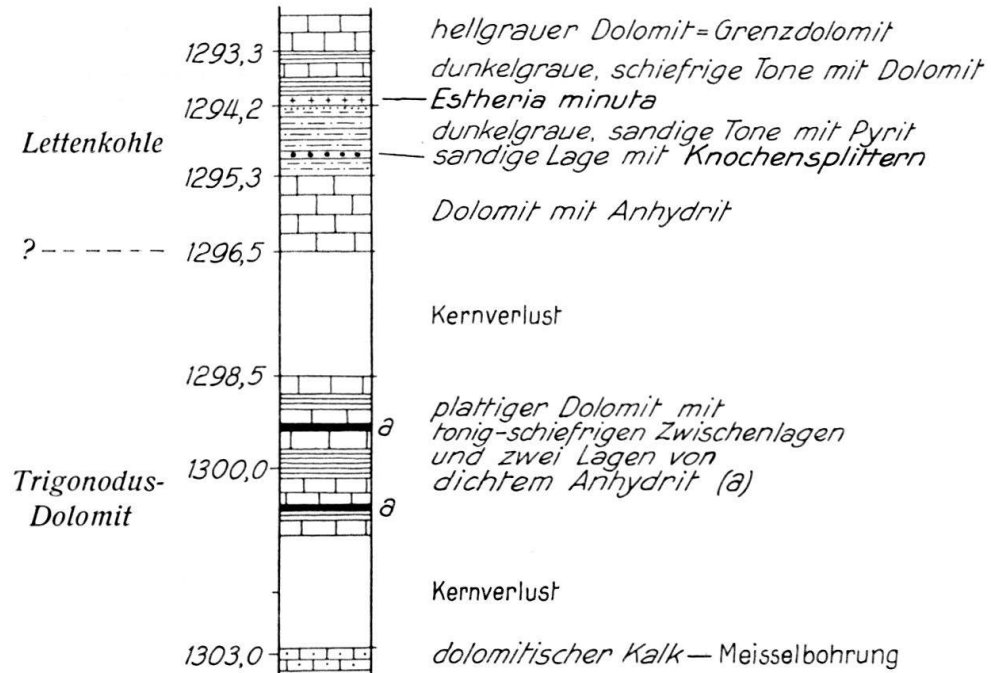


Fig. 1. Profil Ob. Muschelkalk-Lettenkohle in Hz P. 10.

1 : 150.

Lettenkohle. (1296,5—1290 m in Hz P. 10.)

Über dem Dolomit folgen zunächst 1,10 m schwarze, sandige Tone, die oben von einer 5 cm dicken, feinkörnigen Sandlage abgeschlossen werden. Kleine Pyritknollen sind häufig. Bei 1295,1 m treten 2—3 mm dicke Nester von Sand auf, die Splitter von Knöchelchen und Zähnen enthalten.

Darüber folgen 90 cm dunkelgraue pyritische schiefrige Tone mit einer ca. 20 cm dicken Dolomiteinlagerung. Während die oberen Lagen völlig steril sind, findet sich in den untersten Lagen *Estheria minuta* GOLDF. Es besteht also kein Zweifel, dass es sich um die für die Lettenkohle charakteristischen Estherienschiefer handelt.

Als jüngstes Glied der Lettenkohle tritt eine 3 m mächtige hellgraue Dolomitbank auf. Wenn auch in den Bohrkernen keine Fossilien gefunden werden, so kann diese Bank doch mit Sicherheit dem im Aargauer und Basler Tafeljura über den Estherienschiefern auftretenden „Grenzdolomit“ gleichgestellt werden.

Mittlerer und Oberer Keuper. (1290—1110,3 m in Hz P. 10.)

Der Keuper wurde in den Bohrungen Hz P. 10 und Hz P. 11 durchfahren, und zwar in ersterer zum grossen Teil mit dem Kernrohr. Sowohl die Untergrenze (1290 m) als auch die Obergrenze (1110,3 m) liessen sich in Hz P. 10 scharf bestim-

men. Die Mächtigkeit beträgt also 179,90 m (Lettenkohle und Rhät nicht eingerechnet). Davon sind uns durch Kernmuster bekannt 38 m des unteren und 82 m des oberen Teils, die mittleren 60 m durch Spülproben.

Mit einigen wenigen Abweichungen zeigt der Keuper die gleiche Ausbildung, wie sie durch die Bohrungen von Buix und Charmois (31) bekannt wurde. Die Schichtserie gliedert sich ebenfalls in:

5. Obere bunte Mergel mit Dolomitlagen
4. Hauptsteinmergel
3. Untere bunte Mergel
2. Schilfsandsteingruppe
1. Gipskeuper.

1. Der Gipskeuper weist eine Mächtigkeit von 110 m auf. Die untersten 15 m bestehen aus einer Folge von dünnen Lagen von dunkeln bis roten Mergeln, unterbrochen von Anhydriteinlagerungen. 5 m über der Basis tritt ein 1,10 m mächtiges Lager von dichtem Anhydrit auf; darüber folgen dunkle und bunte Mergel mit Lagen und Bändern von Gips und Anhydrit. Ähnliche Sedimente dürfen in der nicht gekernten Strecke (1250—1190 m) vermutet werden. Der obere Teil des Gipskeupers besteht aus schiefrigen Tonen mit ca. 40% weissen und roten Gipslagen; Steinsalzeinlagerungen wurden keine beobachtet.

2. Die Schilfsandsteingruppe ist hier ca. 20 m mächtig; eine scharfe Abgrenzung ist nicht möglich. Die bunten bis dunkeln Mergel dieser Gruppe sind etwas schiefriger als diejenigen des Gipskeupers und enthalten drei sandige Einlagerungen von geringer Mächtigkeit. Pflanzen oder andere Fossilien wurden nicht gefunden.

3. Als untere bunte Mergel betrachten wir die zwischen Schilfsandstein und Hauptsteinmergel eingeschalteten 7 m dunkler bis bunter Mergel.

4. Hauptsteinmergel. Zwischen 1154 und 1160 m wurde ein kompakter, heller, leicht kristalliner Dolomit erbohrt, der nach seiner Lage und Beschaffenheit dem Hauptsteinmergel entspricht.

5. Obere bunte Mergel mit Dolomitlagen. Diese Gruppe weicht etwas ab von der aus Buix und Charmois bekannten, zeigt dafür die gleiche Ausbildung wie in der Bohrung von Sierenz (51). Über dem Hauptsteinmergel folgt zunächst eine Lage von fast reinem grünlichem Gips. Darüber liegen 11 m gipsführende, dunkel- bis ziegelrote Mergel, nach oben abgeschlossen von einer 90 cm dicken Lage von reinem rosafarbigem Gips. Erst dann folgen die roten und grünen dolomitischen Mergel mit einzelnen, 10—20 cm dicken Dolomitbänken, wie sie aus Charmois bekannt sind. In den obersten 15 m herrscht die grüne Farbe vor, das Rot verliert sich. Zehn Meter unter dem Rhät treten noch einmal Schnüre und Knollen von Anhydrit auf. Die oberen bunten Mergel sind hier 44 m mächtig.

2. Jura.

Rhät. 5,5 m (Hz P. 10, 1105—1110,5 m). In den Bohrungen Hz P. 10 und 11 folgen über den grünen dolomitischen Mergeln des Keupers mit scharfer Grenze schwarze, schiefrige, leicht sandige Tone von 1 m Mächtigkeit. Trotzdem sie keine Fossilien lieferten, glauben wir, sie wegen ihrer vom Keuper so stark abweichenden Ausbildung schon zum Rhät stellen zu müssen. Darüber folgen 4,5 m grünliche Sandsteine, die an ihrer Basis etwas Anhydrit führen. Gegen oben werden

die Sande tonig und dünnplattig. Sie werden überlagert von 20 cm schokoladebraunen und grauen Mergeln, von denen wir nicht wissen, ob sie noch zum Rhät oder schon zum Lias gehören. Leider traten in beiden Bohrungen an der Rhät-Lias-Grenze Kernverluste ein, so dass wir über ihre Lage und die Art der Sedimente nicht orientiert sind.

Lias. 90 m (Hz P. 10, 1015—1105 m). Bohrung Hz P. 10 hat die ganze Mächtigkeit des Lias durchfahren, Hz P. 11 nur den untersten Teil.

Der Lias ist hier in einer vorwiegend tonig-mergeligen Fazies entwickelt. Das Auftreten dünner, härterer Kalk- und Mergellagen in verhältnismässig weicheren, tonigeren Schichten führte zu ziemlich vielen Kernverlusten. Dies, vereint mit dem im allgemeinen nur geringen Auftreten von Fossilien in den Kernen erschwert eine sichere Aufteilung des Lias in seine Unterstufen.

Hettangien — Sinémurien — Pliensbachien. Kombiniert man die aus Hz P. 10 und Hz P. 11 erhaltenen Kerne, so ergibt sich, dass direkt über den beim Rhät erwähnten schokoladebraunen und grauen Mergeln ein hellgrauer Kalk auftritt, der Bruchstücke von *Gryphaea arcuata* LK., *Lima* spec. und *Pecten* sp. enthält. Es ist dies der Gryphitenkalk, der in dieser Region dem Hettangien und Sinémurien entspricht (20, p. 167).

Über dem Gryphitenkalk folgen 27 m glimmerige, schwach kalkige Tone, die in Hz P. 10 nur schlecht erhaltene Fragmente von Belemniten, *Mytilus* und *Aegoceras* spec. lieferten, während in etwas kalkigeren Bänken in Bohrung 11 Bruchstücke von *Aegoceras capricornu* (SCHLOTHEIM) (bei 1075,8 m) und *Cycloceras Maugenesli* (D'ORB.) (bei 1085 m) gefunden wurden. Nach ihrer lithologischen Ausbildung entsprechen diese Schichten den Turneri-Obtusus-Tonen des Sinémurien, doch muss den erwähnten Fossilfunden zufolge in ihnen auch noch das Pliensbachien vertreten sein.

Domérien. Die Basis des Domérien wird von Kalkbänken mit Mergelzwischenlagen gebildet (Hz P. 10, 1068—1065,3 m), die an Fossilien einzig ein Bruchstück von *Lytoceras fimbriatum* (Sow.) geliefert haben. Sie sind das Liegende einer 30 m mächtigen Folge von dunkelgrauen mergeligen Tonen mit nach oben an Häufigkeit zunehmenden Mergelkalklagen. Schlecht erhaltene, verkieste Fossilien sind häufig. Im unteren Teile sind bestimmbar: *Amaltheus margaritatus* MONTF. und *Monolis sexcostata* OPP. Im oberen Teil: *Amaltheus spinatus* BRUG., ? *Belemnites paxillosus* SCHLOTHEIM und *Gryphaea* sp.

Über den vorwiegend kalkigen Schichten mit *A. spinatus* folgen tonigere Sedimente, die wohl schon dem Toarcien zuzurechnen sind.

Toarcien. An der Untergrenze (1037,4 m) treten 0,4 m sandige Mergel auf, darüber folgen 9 m leicht mergelige Tone, die massenhaft *Inoceramus dubius* Sow. enthalten. Sie bilden das Liegende einer nur 5 cm dicken Lage eines stark sandigen Kalkes, über dem schwarze schiefrige Tone mit *Posidonomya Bronni* VOLTZ folgen. In einzelnen Lagen finden sich eingeschwemmt Schuppen und Skelettreste von Fischen, die leider keine Bestimmung erlauben.

Nach oben folgen 2 m dunkelgrauer Mergel (1027—1025 m). Es fanden sich darin schlecht erhaltene Abdrücke von Ammoniten, (? *Hildoceras bifrons* BRUG., *Grammoceras striatulum* Sow., *Harpoceras*) sowie *Pinna* sp. und *Posidonomya Bronni*.

Das obere Toarcien konnte nicht nachgewiesen werden, da zwischen 1025 und 979 m keine Kerne gezogen wurden.

Aalénien. Aus dem gleichen Grund war auch die Basis des Aalénien nicht feststellbar. Sie muss in Hz P. 10 zwischen 979 m und 1023 m Tiefe liegen. Bei

979 m finden sich schon typische Opalinustone mit *Posidonomya opalina* QU. Nach den wenigen vorhandenen Bohrkernen bestehen der untere und der mittlere Teil aus einförmigen grauen mergeligen Tonen mit wechselndem Glimmergehalt und gelegentlichen dünnen Lagen von sandigem Mergel. Vom oberen Teil wissen wir infolge von Kernverlusten nur wenig. Über den Opalinustonen folgen zunächst sandigtonige Sedimente, die nach oben mergelig und kalkig werden und zur Rogensteinserie des Doggers überleiten. Da weder die Fossilfunde noch die lithologische Ausbildung eine sichere Trennung in Aalénien und Bajocien erlauben, sei diese Übergangs-Serie in einem besonderen Abschnitt behandelt.

Oberes Aalénien — Unterer Bajocien (hiesu Textfigur 2). Bei 895 m treten oolithische und sandige Kalke auf, die eine schlecht erhaltene *Rhynchonella* lieferten, bei 880—885 m tonige Mergel, stumpfgrau bis braun mit feinsandigen Lagen, in denen sich undeutliche Abdrücke finden, die mit Vorbehalt als *Cancellophycus* gedeutet werden können. Über die zwischen 885 und 895 m liegenden Schichten konnten keine Beobachtungen gemacht werden (Kernverlust).

Die Obergrenze der Opalinustone scheint demnach bei ca. 900 m Tiefe zu liegen. Die oolithischen, sandigen Kalke könnten zu den Murchisonae-Schichten gehören, vielleicht auch noch die sandigen Lagen mit dem fraglichen *Cancellophycus*²⁾. Im Hangenden folgen graue, glimmerige Mergeltone, oft feinsandig. Sie werden nach oben kalkiger. Von 870 m an stellen sich Spatkalke mit Oolithen und Lagen von Crinoidenkalken ein. Ausser schlecht erhaltenen Pekten und Rhynchonellen konnten keine Fossilien daraus gewonnen werden. Darüber liegen 5 m dunkle sandige Mergel mit dünnen Platten von Sandkalken, oolithischen Mergelkalken und Echinodermenbreccien. Es fanden sich darin *Pecten* sp., *Rhynchonella* ? *subdecorata* DAVIDSON, *Belemnites breviformis* VOLTZ, *Trigonia costata* PARK. und *Ostrea* sp.

Es folgt dann eine 1,5 m mächtige Bank von schwarzem Sandkalk mit Lagen von feinkörnigem Eisenoolith und sehr vielen Fossilien, die sich leider nur sehr selten herauslösen lassen. Es lassen sich erkennen: *Alectryonia cristagalli* GOLDF., *Pecten demissus* PHILLIPS, *Pecten lens* Sow., ? *Gryphaea sublobata* DESH. und ? *Ctenostreon* sp.

Wo die Grenze zwischen Aalénien und Bajocien zu ziehen ist, lässt sich auf Grund der Fossilien nicht entscheiden. Einerseits zeigt die Bank mit *Alectryonia cristagalli* sehr viel Ähnlichkeit mit den Humphriesi-Schichten des Basler Juras; man ist also versucht, die Grenze zwischen diesem Horizont und den sandigen Schichten mit *Cancellophycus* zu suchen (z. B. zwischen 880 und 870 m, wie im Profil angenommen). Dies würde auch nicht in Widerspruch stehen mit der von S. GILLET & D. SCHNEEGANS (19) in der Gegend von Pfirt beobachteten Ausbildung der Ober-Aalénien — Unter-Bajocien — Schichten. Andererseits tritt bei Lauw an der Basis der oolithischen Kalke ebenfalls ein Eisenrogenstein auf, der aber von D. SCHNEEGANS (20) als Äquivalent der Murchisonae-Schichten betrachtet wird. Allerdings konnte auch in Lauw das Alter nicht durch Fossilien nachgewiesen werden; die Zuteilung zum Aalénien stützt sich nur auf lithologische Vergleiche mit den Profilen von Belfort.

²⁾ In der Bohrung von Sierenz (18 km NE von Hirtzbach) wurden ähnliche Schichten mit *Cancellophycus* in etwas höherer Lage gefunden und von VAN WERVEKE zu den Sowerbyi-Schichten gestellt. Sandkalke mit *C.* treten ferner im Berner Jura in den Sauzei-Schichten auf und in der Franche-Comté in den Murchisonae-Schichten.

Betrachtet man die Bank mit *Alectryonia cristagalli* als zur Zone der *Ludwigia Murchisonae* gehörend, so müsste die Grenze Aalénien-Bajocien in der hangenden Rogensteinserie gesucht werden.

Ein sicherer Entscheid ist anhand des vorliegenden Materials nicht möglich.

Bajocien — Bathonien. Über dem Sandkalk mit *A. cristagalli* finden wir zunächst sandige Mergel und dann graue oolithische Kalke mit grauschwarzen, dünnen Mergelzwischenlagen. Die Oolithe sind meist schwarz mit einer dünnen tonigen Hülle.



Fig. 2. Profil Ob. Aalénien — Unt. Bajocien in Hz P. 10.

1 : 750.

Darüber folgt eine 150 m mächtige Serie von Kalken, die Hauptrogensteinserie, die „Grande Oolithe“ der Elsässischen Geologen. Die Serie wird untergeteilt durch die Mumienbank, eine 3 m mächtige Bank mit Riesenoolithen. Die Mumienbank ist ein im nördlichen Juragebiet fast überall auftretender Horizont und meist mit den Homomyenmergeln verknüpft, die zum untersten Bathonien gerechnet werden. Wir können dementsprechend annehmen, die Grenze zwischen Bathonien und Bajocien falle mehr oder weniger mit der Mumienbank zusammen.

Der untere Teil der Rogensteinserie entspricht dem unteren Hauptrogenstein oder der „Oolithe subcompacte“ der Jura-Geologen und würde in's obere Bajocien

zu stellen sein. In der unteren Hälfte sind einzelne Bänke erfüllt von Echinodermenresten und erinnern dadurch an die „Calcaires à Entroques“ der Gegend von Belfort. 35 m über der Bank mit *A. cristagalli* treten die ersten Korallen auf und sind sowohl als kompakte Stöcke, wie auch als gerollte Stücke bis ca. 30 m unterhalb der Mumienbank häufig. Meist sind sie stark kalzitisch. Häufig sind *Thamnastraea*, *Isastraea* und *Confusastraea*. Besondere Erwähnung verdient das Auftreten von Zinkblende und Magnetit in Bohrung 10 bei 820,9 m. In einer 6 cm dicken Schicht, die von einer mit Kalzit und Pyrit ausgefüllten Kluft durchsetzt ist, treten zwischen dünnen Kalklamellen linsige Einlagerungen auf, bestehend aus kleinen Kristallen von Zinkblende, Quarz, wenig Pyrit und Magnetit, dazwischen eingeschaltet liegt grobkristalliner Kalkspat. Während Quarz und Zinkblende nur wenig gute Kristallformen zeigen, ist der Magnetit meist in Form von 1—2 mm grossen Oktaëdern zu erkennen.

Der obere Teil der Rogensteinserie, der eine Mächtigkeit von 55 m erreicht (kombiniert aus Bohrung 10 und 4), entspricht dem Oberen Hauptrogenstein oder der „Grande Oolithe“ des Jura. Leider wurden auch hier ausser *Ostrea acuminata* keine bestimmbareren Fossilien angetroffen. Im übrigen zeigt der obere Hauptrogenstein ähnliche Ausbildung wie der obere Teil des unteren: abwechselnd oolithische Kalke und dichte bis körnige Lagen mit wenigen Korallen. In Bohrung 4 schliesst die Rogensteinserie nach oben ab mit einer 3 m mächtigen Lage von dunkelgrauem, tonigem Mergel. Darüber folgt eine 49 m (655—704 m) mächtige Serie von Mergeln und Mergelkalken, in deren unterem Teil *Rhynchonella varians* ZIET. = *Rh. alemanica* ROLLIER häufig auftritt. Diese Serie repräsentiert das obere Bathonien und das

Callovien. Leider sind die aus dieser Serie gewonnenen Kerne heute nicht zugänglich, so dass die Grenze Bathonien-Callovien nicht an Hand von Fossilien bestimmt werden kann. Eine vorläufige Untersuchung der Kerne an der Bohrstelle liess vermuten, dass die Grenze in Hz P. 4 bei ca. 670 m anzunehmen ist, die Mächtigkeit des Callovien würde dann ca. 30 m betragen.

Oxfordien. Hiervon liegen keine vollständigen Kernserien vor. In Bohrung 4 wurden die untersten 53 m gekernt, jedoch ist eine Untersuchung dieser Kernserie heute nicht mehr möglich. Die Gesamtmächtigkeit des Oxfordien beträgt ca. 120 m. Unteres und oberes Oxfordien liessen sich bei der Meisselbohrung gut unterscheiden. Die Mächtigkeit des Terrain à chailles, ob. Oxfordien, konnte sowohl in Bohrung 4 als auch in Bohrung 11 auf 50 m bestimmt werden.

Rauracien. Die Mächtigkeit des Rauracien beträgt ca. 80 m. Nur wenig Kerne wurden in dieser Formation gezogen. Sie lassen zusammen mit den Meisselproben erkennen, dass die Fazies nicht abweicht von der von Pfirt bekannten: mergeliges unteres Rauracien mit *Thamnastraeen*, — oolithisches mittleres Rauracien, — dichte und kreidige Korallenkalke im oberen Rauracien.

Séquanien. Auch vom Séquanien liegen nur verhältnismässig wenig Kernproben vor. In Bohrung 11 wurden 25 m des oberen Séquanien gekernt; es sind dichte, crème-farbene Nerineenkalke. Aus Bohrung 1 und 13 stammen Kerne aus den Humeralis-Schichten des mittleren Séquanien mit vielen *Zeilleria humeralis* ROEM. und *Apiocrinus Meriani* DESOR, sowie *Cyclamina sequana* (MERIAN). Der untere Teil des Séquanien (Natica-Schichten) ist nicht mit dem Kernrohr durchbohrt worden.

Die Mächtigkeit des Séquanien wurde auf Grund der Meisselproben in Bohrung 11 und 17 (im gesunkenen Block, westlich der Verwerfung) zu 150 m bestimmt, in Bohrung 4 (östlich der Verwerfung) zu 115 m. Es liegt nahe, die

Differenz auf Bruchbildung und nachträgliche Abtragung vor der Ablagerung des Tertiärs zurückzuführen. Leider lässt sich diese Interpretation nicht einwandfrei beweisen, da die Mächtigkeit des oberen Séquanien nur in einer Bohrung, und zwar im gehobenen Block, bekannt ist.

Vergleich mit Trias und Jura benachbarter Gebiete.

Die mesozoischen Sedimente der Umrandung des südlichen Rheintalgrabens sind der Beobachtung gut zugänglich. Die geringen Faziesveränderungen, die in ihnen auftreten, sind von S. GILLET & D. SCHNEEGANS (20) zusammenfassend beschrieben worden. Über die Ausbildung des Mesozoikums im Graben-Innern hingegen standen bis jetzt nur wenige Angaben zur Verfügung. Die Bohrungen von Sierenz (51), 18 km ENE von Hirtzbach, und von Charmois (31), 25 km westlich, geben Aufschluss über den obern Keuper und den Lias, nicht aber über Muschelkalk, Dogger und Malm. Das Profil der Bohrungen von Hirtzbach ist deshalb eine besonders willkommene und interessante Ergänzung.

Im Folgenden soll das Mesozoikum von Hirtzbach verglichen werden mit demjenigen der Umrandung des südlichen Rheintalgrabens (Lauw am Vogesenrand, Belfort, Bohrung Buix in der Ajoie, Ferrette, Blauen und Basel).

Trias und Lias zeigen im allgemeinen in Hirtzbach dieselbe Ausbildung wie im Jura und am Vogesenrand. Im Buntsandstein finden wir Übereinstimmung mit Buix bis ins Detail. Die sandige Ausbildung des Untern Muschelkalks hingegen weist auf die Annäherung an den Muschelsandstein der Vogesen hin, der nach VAN WERVEKE schon bei Lauw auftritt.

Die Anhydritgruppe zeigt die gleiche Schichtfolge wie Buix, Basel und Aargau — Zweiteilung des Salzlagers und rotes Salz an der Basis —, sie ist nur um wenige Meter mächtiger als in Buix und bestätigt so die überraschende Regelmässigkeit dieser lagunären Bildung.

Das gleiche gilt auch für Obere Muschelkalk, Lettenkohle und Keuper, die sich ganz an das von Buix Bekannte anschliessen. Da am Vogesenrand und bei Belfort die Sedimente der Trias nur lückenhaft und durch Verwerfungen gestört auftreten, kann über die Zusammenhänge in dieser Richtung nichts Bestimmtes gesagt werden. Weiter westlich, in der Bohrung von Chevrot (17, p. 523) nördlich Héricourt, ist der Keuper in ebenso grosser Mächtigkeit wie in Charmois, aber salzführend, nachgewiesen. Da nirgends Anzeichen von Fazieswechsel vorliegen, ist anzunehmen, dass der Keuper primär im Gebiet von Belfort gleiche Ausbildung aufweise wie in Hirtzbach, Buix und Charmois. D. SCHNEEGANS erwähnt zwar vom Vogesenrand bei Lauw das Auftreten von konglomeratischen Arkosen (20, p. 166), doch dürfte dies auf einem Irrtum beruhen, da VAN WERVEKE (48, p. CXXXIX) dieselben schon dem Oberrotliegenden zuwies.

Das Rhät ist in Hirtzbach sandiger als in Charmois und Sierenz. Während in Charmois im oberen Rhät noch dunkelroter Ton auftritt, fehlt dieser sowohl in Hirtzbach als auch in Sierenz.

Der Lias wurde in der vom Jura bekannten Ausbildung gefunden. Ein Vergleich mit den Bohrungen von Charmois und Sierenz ergibt gute Übereinstimmung. Die Margaritatus-Spinatus-Schichten scheinen in Hirtzbach um 10 m weniger mächtig zu sein als in Charmois; es kann dies aber ebensogut nur auf eine abweichende Grenzlegung zurückzuführen sein.

Die Mächtigkeit des Opalinustones wird für Buix mit 157 m, für Charmois mit 80 m und für Sierenz mit 85 m angegeben. In keiner der Bohrungen konnten

die Grenzen mit Sicherheit bestimmt werden. Das gleiche ist auch der Fall in Hirtzbach. Die Mächtigkeit beträgt maximal 120 m, minimal 80 m.

Wie oben gezeigt wurde, weichen oberes Aalénien und Bajocien ab von der ammonitenreichen Fazies des Basler Jura; auch gegenüber der koralligenen Fazies des Blauengebietes zeigen sie erhebliche Unterschiede: die korallenreichen Kalke fehlen, sie sind, wie auch die Blagdeni-Schichten, vertreten durch oolithische und späthige Kalke. Die sandige Ausbildung des Hangenden der Opalinustone schliesst am ehesten an den Pfirter Jura an, die echinodermenreiche Ausbildung der darüberliegenden Schichten an den „Calcaire à Entroques“ von Belfort. Auffallend ist die Geschlossenheit der Kalke des unteren Haupttrogensteins. Während in Lauw, 20 km NW von Hirtzbach, fossilreiche Mergeleinlagerungen vorhanden sind und deutlich die Fazies von Vesoul anzeigen, fehlen sie hier ganz.

Oberer Haupttrogenstein und Varians-Schichten entsprechen der im Basler und Berner Jura auftretenden Fazies; sie sind bedeutend mächtiger als der obere von Pfirt.

Anzeichen für eine Schichtlücke für fehlendes mittleres Bathonien konnten nicht beobachtet werden. Es scheint vielmehr der ganze obere Haupttrogenstein eine einheitliche Ablagerung ohne Sedimentationsunterbruch zu sein.

Oxfordien, Rauracien und Séquanien schliessen sich ganz den bekannten Profilen des Jura an.

Ein Vergleich der Mächtigkeiten bringt die oben aufgezeigten geringen Faziesveränderungen besser zum Ausdruck. In Fig. 3 sind einige typische Profile aufgezeichnet, und zwar repräsentieren Basel, Blauenberg und Ferrette (Pfirt) den Jura-Nordrand, Sierenz, Hirtzbach und Charmois den Rheintalgraben und Buix die Ajoie. In der Bohrung von Sierenz wurden im oberen Keuper und im Lias Verwerfungen angetroffen; mit Hilfe der Ergebnisse von Hirtzbach konnte deren Sprunghöhe bestimmt und das Profil für die Zusammenstellung ergänzt werden. Die Sprunghöhe der Verwerfung im Hauptsteinmergel beträgt 8—10 m, im Lias ca. 25 m.

Muschelkalk und Keuper von Hirtzbach und Buix zeigen gegenüber Basel eine Zunahme an Mächtigkeit von rund 160 m, dabei bleibt sich die Fazies der Gesteine nahezu gleich und ausser dem Oberen Muschelkalk nehmen alle Unterstufen ziemlich gleichmässigen Anteil am Mächtigkeitszuwachs.

Lias und Opalinuston werden im Rheintal und in der Ajoie ebenfalls mächtiger, auch hier ist damit kein Fazieswechsel verbunden.

Im Dogger hingegen treten Wechsel sowohl in der Fazies als auch in den Mächtigkeiten auf, und zwar finden sich die grössten Mächtigkeiten im Rheintalgraben und in der Ajoie, die geringsten in der Randkette von Pfirt.

Das Oxfordien weist ebenfalls im Grabengebiet und in der Ajoie eine Mächtigkeitszunahme auf, während das Rauracien ziemlich gleichmässig bleibt.

Auf die Zunahme der Mächtigkeit der mesozoischen Sedimente im Rheintalgraben hat J. L. WILSER (52, p. 9) hingewiesen und gestützt darauf das Grabengebiet als eine schon im Mesozoikum vorhandene, den Rändern in der allgemeinen Senkung vorausseilende Grossmulde aufgefasst.

Obwohl das Profil von Hirtzbach scheinbar eine Bestätigung hiefür ist, stehen dieser Auffassung doch einige Einwände entgegen: Die Mächtigkeit der verschiedenen Serien sind am Vogesenrand nur lückenhaft bekannt und infolge von tektonischen Störungen nur unsicher bestimmbar. Dies gilt vor allem für die Sedimente des Muschelkalkes und des Keupers. Gerade hier zeigt sich eine Mächtigkeitszunahme von Ost nach West, die am Grabenrand nicht halt macht,

sondern sich bis in die Südwestabdachung der Vogesen verfolgen lässt (Bohrungen von Chevret, Chazelot usw.).

Die Mächtigkeitsänderungen im Lias sind ebenfalls nicht an den Tertiärgraben gebunden. Bei Roppe am Vogesenrand misst der Lias 110 m, also fast gleich viel wie in Charmois, Buix und Hirtzbach. Noch weniger entsprechen die Sedimente des Doggers einer mesozoischen Rheintalsenke. Das Gebiet von Pfirt

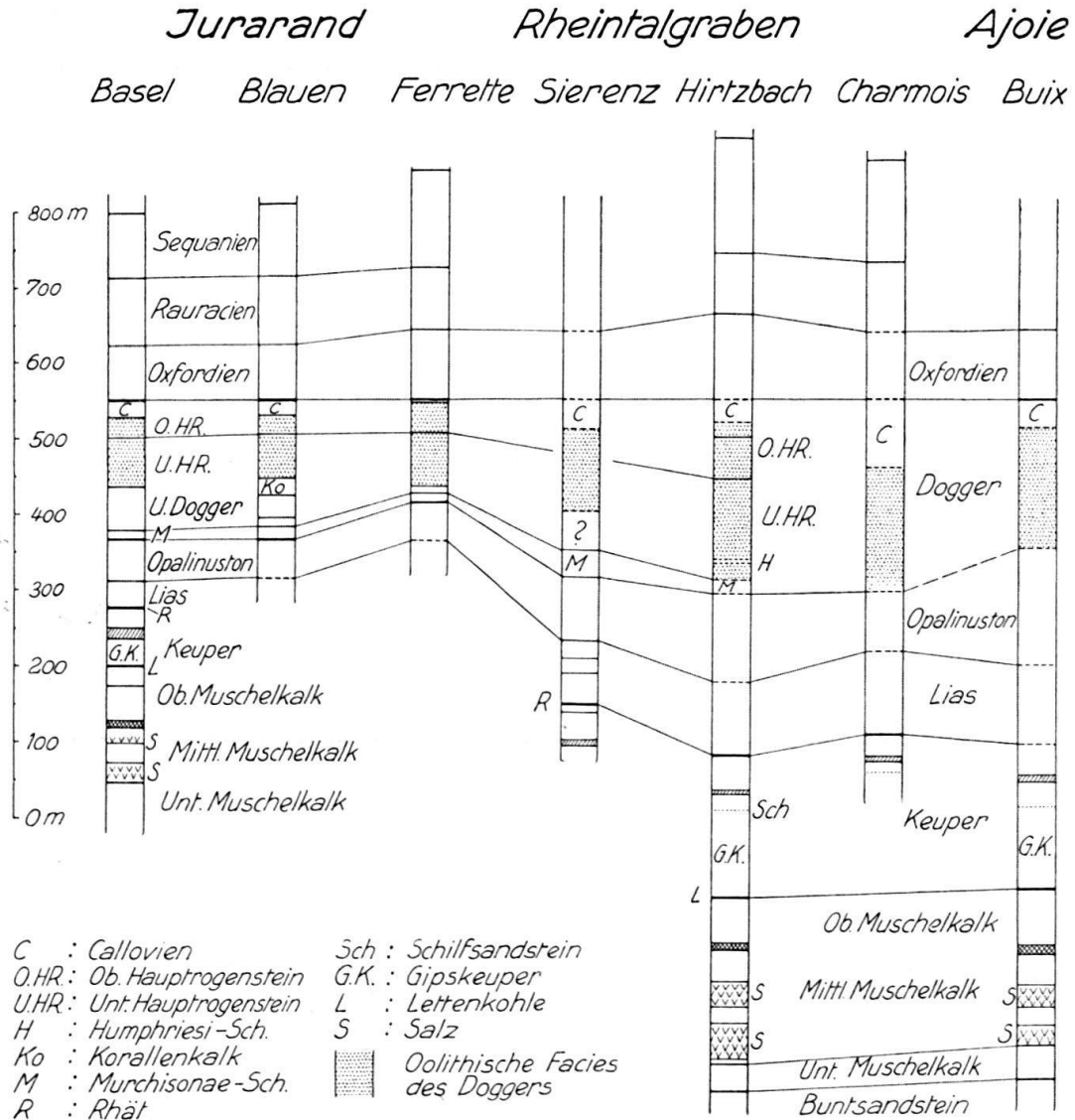


Fig. 3. Trias und Jura am Jurarand und im südlichen Rheintalgraben.

1 : 12 500.

kann mit seinem Minimum an Mächtigkeit während des Doggers eine lokale, schwache Hebungszone gebildet haben. Ihm schliesst sich im Osten das Blauengebiet mit der Korallenfazies im Sauzei-Humphriesi-Niveau an, während noch weiter östlich durch mergelige Fazies eher grössere Ablagerungstiefen angezeigt sind. Sowohl im Norden als auch im Süden und Osten des Pfirt-Blauen-Gebietes nimmt die Mächtigkeit zu. Das Gebiet grosser Mächtigkeit des Doggers ist aber nicht auf das Grabengebiet beschränkt, sondern reicht über den Vogesensporn von

Chenebier hinüber nach Westen (Villersexel, Gouhenans). Für das Gebiet von Belfort fehlen sichere Mächtigkeitsangaben. Nach L. PARISOT (35) erreichen Bajocien und Bathonien zusammen 177 m, nach den Profilen der gleichen Arbeit aber über 200 m, also ähnlich wie in Charmois und Hirtzbach. Auch die Fazies des Doggers am Vogesenrand bei Lauw und Belfort spricht gegen eine mesozoische Rheintalsenke, da das Auftreten der Fazies von Vesoul, die ja in Hirtzbach nicht vorhanden ist, eher auf tieferen Sedimentationsraum hinweist als die reine Rogensteinfazies.

Die grosse Mächtigkeit der Serie Muschelkalk-Dogger in Hirtzbach kann demnach kaum als Resultat einer mesozoischen Grossmulde im Rheintal betrachtet werden. Es lassen sich aber aus den oben skizzierten Verhältnissen auch keine Anhaltspunkte gewinnen über die mögliche Existenz von mesozoischen, dem Schwarzwald-Vogesen-Gebiet entsprechenden Hebungszonen. Auskunft darüber könnten nur vermehrte Tiefbohrungen im Rheintal selbst erteilen.

TERTIÄR.

Das von den Bohrungen von Hirtzbach durchfahrene Tertiär erreicht eine Mächtigkeit von mehr als 700 m, wobei die jüngsten angetroffenen Schichten dem Chattien angehören dürften. Die Grosszahl der Bohrungen begann im untern Stampien, 10 wurden im Sannoisien beendet und 6 durch das ganze ältere Tertiär bis in das Mesozoikum abgeteuft.

Mit Ausnahme von Hz P. 10 und Hz P. 11 hat jede Bohrung im Tertiär Verwerfungen durchfahren, auch wurde in keiner der Bohrungen ein vollständiges Profil mit dem Kernrohr aufgenommen. Das stratigraphische Profil des Tertiärs muss deshalb durch Kombination aus den verschiedenen Bohrungen gewonnen werden. Dies ist möglich einerseits dadurch, dass in jeder Bohrung grössere Strecken mit dem Kernrohr durchbohrt wurden und andererseits dadurch, dass eine genügende Anzahl gut erkennbarer Horizonte auftritt, die ein Koordinieren der einzelnen Kerne auf die ja ohnehin nicht grossen Abstände zwischen den einzelnen Bohrungen ermöglichen. Trotz der verhältnismässig grossen Zahl von Kernen, die zum Studium des Tertiärs zur Verfügung stehen, sind durch Kernverluste usw. doch einige kleine Lücken in der Schichtfolge geblieben, die, wenn ihnen auch keine besondere Wichtigkeit zukommt, doch als Mangel empfunden werden.

Zahlreiche Publikationen befassen sich mit dem Tertiär des Oberelsass und des Sundgaus. Während in den älteren Arbeiten die Ansichten über das Alter der einzelnen Schichtgruppen mangels zusammenhängender Aufschlüsse stark auseinandergehen, findet sich in der neueren Literatur, gestützt auf die vielen Bohrungen der letzten drei Jahrzehnte, eine einheitlichere Auffassung. Die Untersuchungen von B. FÖRSTER, L. VAN WERVEKE und W. WAGNER im Kalisalzgebiet von Mülhausen und diejenigen von L. MEYER im Sundgau ergaben eine vertikale und horizontale Gliederung des Tertiärs, die sich ohne weiteres auch auf die Bohrungen bei Hirtzbach übertragen lässt.

Da Fossilien im allgemeinen selten sind, vor allem bei Bohrungen nur in beschränktem Masse gefunden werden, mussten zur Unterteilung der tertiären Sedimente hauptsächlich lithologische Merkmale verwendet werden. Speziell für das Unteroligocaen mussten auch die faziellen Veränderungen berücksichtigt werden, weil die tertiären Sedimente in einem sich fast ständig senkenden Becken abgelagert worden sind. L. MEYER (33) unterscheidet für das Oberelsass und die

Gegend von Belfort 4 Faziestypen: a) Küstenfazies der Region von Belfort, b) Tiefenfazies der Region von Belfort, c) Tiefenfazies des Oberelsass, d) Küstenfazies des Oberelsass. Unter der letzteren beschreibt MEYER die Sedimente des Horstes von Mülhausen; sie darf also nicht verwechselt werden mit der Küstenfazies, wie sie am vogesenwärtigen Rand des Rheintalgrabens auftritt, die offenbar von MEYER nicht berücksichtigt wird.

J. JUNG (26, p. 173) griff wieder auf die alte, von VAN WERVEKE eingeführte Einteilung zurück und unterschied: Küsten- oder Konglomerat-Fazies, Tiefenfazies und Kalkfazies (Mülhauserhorst).

W. WAGNER (46) gebraucht in seiner Darstellung des Unteroligoocaens im Rheintalgraben ebenfalls diese Dreiteilung der Faziesbezirke, schliesst aber die Sedimente des Grabens von Dammerkirch noch in die Kalkfazies ein.

Für die vertikale Gliederung des Tertiärs im Sundgau gaben die Bohrungen und Schächte des Kaligebietes von Mülhausen die Grundlage, da dort die Serie des Unter-Oligoocaens am vollständigsten entwickelt ist. In das dort gewonnene Schema konnten dann im Laufe der Jahre die im Sundgau erkannten Unter-Gruppen eingereiht werden. L. MEYER gibt für den Sundgau folgende Unterteilung von oben nach unten, die wir auch für die Beschreibung der Bohrkerne von Hirtzbach in Anwendung bringen werden:

6. Graue Mergel,
5. Bunte Mergel,
4. Streifige Mergel: Plattiger Steinmergel = Fossilreiche Zone,
3. Mergel mit *Helix cf. hombresi* FONT.,
2. Grüne Mergel und Melanienkalk,
1. Eocaen.

1. Eocaen?

Bohnerzbildungen und Süsswasserkalk, wie sie vom Jurarand und aus den Bohrungen von Niedermagstadt, Zimmersheim, Kembs und Allschwil bekannt sind, wurden bei Hirtzbach nicht angetroffen. Als Vertreter der Hupperbildungen können tonige Quarzsande angesehen werden, die sich auf Klüften und in Auslaugungslöchern der obersten Malmschichten fanden.

Über dem Malm folgt in allen Bohrungen zunächst eine grobe Breccie von meist eckigen, nur selten kantengerundeten, bis kopfgrossen Kalkblöcken mit mergeligem Bindemittel. Die ganze Breccie besteht aus Splintern und Brocken von Sequankalk; die einzelnen Komponenten sind von einer schwarzen, tonigen Kruste umgeben und bis weit in ihr Inneres durch fein verteiltes Schwefeleisen schwarz gefärbt. Nur die grössten Stücke enthalten zuinnerst noch weissen, unveränderten Kalk. Auch das mergelige Bindemittel ist durch Schwefeleisen dunkel gefärbt und enthält einzelne Markasitknollen. Quarzite oder andere ortsfremde Gerölle wurden keine gefunden, auch Quarzkörner scheinen zu fehlen.

Die Mächtigkeit dieser Breccie konnte nur in Hz P. 1 gemessen werden. Sie erreichte dort 11 m. Gegen oben werden die Komponenten etwas feiner und gehen rasch über in eine 20 cm dicke Lage von dunkelbraunem, tonigem, bituminösem Mergel, erfüllt von kohligen Trümmern und dünnen, nur ausnahmsweise eine Dicke von 1 mm erreichenden Schmitzen von Gagat. Es finden sich darin noch gelegentlich kleine Kalkgerölle und sehr selten Quarzkörner.

Die Breccie kann als lokale Zusammenschwemmung von Verwitterungsschutt aufgefasst werden. Die starke Durchdringung der einzelnen Komponenten mit

Schwefeleisen dürfte auf Bedeckung durch stehendes, sauerstoffarmes Wasser zurückzuführen sein, in welchem auch der braune, kohlige Mergel entstanden ist.

Trotz eifrigem Suchen konnten weder in der Breccie noch im Mergel Fossilien gefunden werden. Ähnliche Block-Konglomerate sind in den Bohrungen von Suarce, Michelbach und Ostheim angetroffen worden. B. FÖRSTER (16) stellt die beiden letzteren Vorkommen zum Eocaen, da sie in Verbindung mit Bohnerz auftreten. Wir können somit auch die oben beschriebenen Breccien mit Vorbehalt dem Eocaen zuteilen.

2. Grüne Mergel und Melanienkalk.

Diese Gruppe lässt sich unterteilen in eine untere, tonig-mergelige mit nur einzelnen Kalkbänken (grüne Mergel) und eine obere, vorwiegend kalkige — den eigentlichen Melanienkalk.

a. Grüne Mergel. Die untere Gruppe, die eigentlichen grünen Mergel, liegen in Hz P. 1 mit scharfer Grenze über den kohligen, braunen Mergeln; in den übrigen Bohrungen wurde die Auflagerung nicht festgestellt. Für die grünen Mergel steht uns keine vollständige Kernserie zur Verfügung, da nur vereinzelte Kerne gezogen wurden. Am besten bekannt sind sie aus Hz P. 1. Im untersten Drittel finden sich gelbliche bis braune, dünne Kalkbänke mit kleinen Melanien und Limnaeen, sowie stark zerdrückten Planorben. An der Basis des zweiten Drittels treten mehrere, bis 3 dm dicke Lagen eines dunklen Kalkes auf, der zur Hauptsache aus gerollten, mit Schwefeleisen umkrusteten und durchsetzten Kalkstückchen und Fragmenten von Stengeln und Früchten von *Chara* besteht.

Im oberen Teil der grünen Mergel stellen sich teils dichte fossillere Kalke, teils weichere, kohlige Mergelkalke mit *Melanopsis* sp. und andern unbestimmbaren Gastropoden ein. Als Besonderheit ist eine ca. 15 m unter dem eigentlichen Melanienkalk auftretende Bank von dichtem, hartem, dolomitischem Kalk zu erwähnen.

b. Melanienkalk. Er besteht beinahe ausschliesslich aus Kalk, Einlagerungen von grünem Mergel sind sehr selten. Im allgemeinen wiegt im unteren Teil des Melanienkalkes die graue Farbe vor, im mittleren eine leicht rötliche, und im oberen eine graubraune. Melanien und Limnaeen sind häufig, jedoch schlecht erhalten. Im oberen Teil des Kalkes wiegen grosse Formen vor (? *Melania albigensis* NOUL.). Besonders erwähnt werden muss das Auftreten von Cyrenen (? *C. semistriata* DESH.), die nach L. MEYER (33, p. 220) nie im eigentlichen Melanienkalk, sondern erst in den Mergeln mit *Helix* cf. *hombresi* FONT. erscheinen sollten. Wie in den grünen Mergeln, treten auch hier dolomitische Lagen auf.

Die Obergrenze der Melanienkalke wurde immer da gelegt, wo über den massigen Kalken mit Limnaeen und Melanien sich erstmals die dünnplattigen Mergel mit Hydrobien und *Cypris* einstellen.

Die Mächtigkeit der grünen Mergel und der Melanienkalke konnte in folgenden Bohrungen bestimmt werden: Hz P. 1: 180 m, Hz P. 11: 219 m, Hz P. 17: 231 m. Es ergibt dies eine Mächtigkeitszunahme von Ost nach West, also vom Horst gegen den Dammerkircher Graben. An der Zunahme haben sowohl die grünen Mergel als auch der Melanienkalk teil. Es darf dies wohl als Hinweis auf stärkere Senkung im Graben von Dammerkirch während der Ablagerung dieser Sedimente aufgefasst werden.

3. Mergel mit *Helix* cf. *hombresi* FONT.

Werden die grünen Mergel und der Melanienkalk der Kalkmergel-Zone des Kalibeckens gleichgestellt, so wäre über ihnen das Äquivalent der Dolomitmergel-Zone, die Mergel mit *Helix* cf. *hombresi* zu erwarten. Diese Mergel sind von Klein-Kembs und den Bohrungen von Reppe, Chavannes und Suarce bekannt. Im Horst von Mülhausen sind sie in ihrer typischen Ausbildung bis jetzt nicht angetroffen worden, einzig der Gips von Zimmerheim wird als ihr mögliches Äquivalent betrachtet.

Bei Brunnstadt ist der Melanienkalk oben durch eine Erosionsfläche begrenzt und wird vom plattigen Steinmergel diskordant überlagert.

In fünf der hier besprochenen Bohrungen wurde die Grenze Melanienkalk-Plattiger Steinmergel mit dem Kernrohr durchbohrt. In keiner konnte eine Erosionsfläche oder diskordante Auflagerung des Hangenden nachgewiesen werden; ein solcher Nachweis gelingt an Bohrkernen allerdings nur unter besonders günstigen Umständen.

In allen Bohrungen folgen über dem Melanienkalk ca. 40 m dünnstiefrige Mergel mit plattigen Kalklagen, die nach Fossilien und Sedimentcharakter gut dem plattigen Steinmergel entsprechen. Sie enthalten aber in den untersten Lagen noch kalkige, und zum Teil dolomitische Bänke, die sehr dem Melanienkalk ähneln und ausser Cyrenen und Limnaeen auch noch schlecht erhaltene kleine Melanien (? *Melania Nysti* DUCH.) aufweisen. Da ausserdem auch noch sandige Mergel auftreten, könnte das untere Viertel dieser Serie den Mergeln mit *Helix* cf. *hombresi* entsprechen, wie sie aus den Bohrungen von Reppe und Chavannes (33, p. 217) bekannt sind. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass in keinem der Bohrkerns weder *Helix* cf. *hombresi* noch andere Heliciden gefunden wurden und dass das Auftreten von dünnstiefrigen Mergeln und plattigen Kalken eine Zugehörigkeit zum plattigen Steinmergel mindestens ebenso wahrscheinlich macht. Im Folgenden sind deshalb diese Schichten zusammen mit dem plattigen Steinmergel beschrieben und auch im tektonischen Sammelprofil mit diesem zusammengefasst.

4. Streifige Mergel (Plattiger Steinmergel).

Die streifigen Mergel erreichen im Kalisalzbecken eine Mächtigkeit von ca. 550 m und werden unterteilt in: a) Obere bituminöse Zone, b) Versteinerungsreiche Zone, c) Untere bituminöse Zone, d) Konglomerat-Zone.

Während a, c und d hauptsächlich fossilarme, lagunäre Sedimente aufweisen, zeigt b, die Versteinerungsreiche Zone, eine teils marine, teils brackische Ausbildung, die sich sowohl in der Rand- als auch in der Kalk- und Tiefen-Fazies überall erkennen lässt. Sie dokumentiert die grösste marine Überflutung des Rheintalgrabens im Sannoisien und liefert damit den einzigen zuverlässigen Horizont zu dessen Unterteilung.

Als Repräsentanten der Versteinerungsreichen Zone findet man im Horst von Mülhausen den „Plattigen Steinmergel“, eine 4 bis 25 m mächtige Folge von dünnstiefrigen, oft papierdünn spaltenden Mergeln mit plattigen, harten Kalklagen.

Die plattigen Steinmergel wurden in dieser typischen Ausbildung auch in den Bohrungen von Hirtzbach angetroffen. Ihre Mächtigkeit beträgt 36 bis 40 m, ist also grösser als im östlich liegenden eigentlichen Horstgebiet.

Es können in den plattigen Steinmergeln drei nicht scharf voneinander trennbare Abteilungen unterschieden werden: eine untere mit sandigen Einlagerungen, ca. 10 m, eine mittlere, rein kalkig-mergelige, ca. 26 m, und eine obere, die sich durch ihre Fossilführung auszeichnet.

Für die Untersuchung der unteren, sandigen Abteilung standen die Kerne von Hz P. 1, 3, 6, 10 und 17 zur Verfügung. In Bohrung 10 und 17, die beide westlich der Verwerfung liegen, treten plattige Kalke und dünnschichtige Mergel auf. Die Kalke überwiegen über die Mergel, sandige Lagen sind sehr selten. In Hz P. 1, 3 und 6 überwiegen die dünnschichtigen Mergel und sandigen Einlagerungen. Die dünnen, plattigen Kalke sind zum Teil dolomitisch und führen die im vorhergehenden Abschnitt erwähnten Fossilien. Die sandigen Einlagerungen bestehen hauptsächlich aus feinen, gerollten Kalkstücken, die oft mit Schwefel-eisen umkrustet sind. Im Dünnschliff liessen sich Reste von Crinoiden, Algenkalken und Characeen erkennen. Einzelne Lagen bestehen ganz aus zusammengeschwemmten, zerriebenen Schneckenschalen und Pflanzenresten. Quarzkörner sind selten; sie sind eckig bis gerundet und in einzelnen Lagen angereichert.

Ein Verbinden der einzelnen sandigen Lagen von Bohrung zu Bohrung ist nicht möglich, es scheint sich um lokale, rasch auskeilende Bildungen zu handeln, die wahrscheinlich in engbegrenzten, flachen Vertiefungen in Ufernähe abgelagert wurden. Es stimmt dies gut zu der bei Brunnstadt beobachteten diskordanten Auflagerung des plattigen Steinmergels auf dem durch Erosion entblösten Melanienkalk.

Der mittlere Teil zeigt die aus den Aufschlüssen des Sundgaus wohlbekannt Wechsellagerung von 5—20 cm dicken Kalkplatten mit sehr feinschichtigen Mergeln als Zwischenlagen. Fossilien sind zahlreich. Es wurden gefunden: *Paralates Bleicheri* SAUV., *Mytilus socialis* BRAUN, *Cyrena semistriata* DESH., Hydrobien und *Cypris*. Foraminiferen sind selten. Insekten und Pflanzen, wie sie von Brunnstadt und Riedisheim bekannt wurden, fehlen.

Die obersten 3—4 m endlich zeichnen sich durch eine besondere Fossilführung aus. Sie enthalten drei Fossilhorizonte, von denen der oberste Hydrobien, der mittlere Bryozoen und der unterste *Mytilus socialis* BRAUN führt. Es ist dies interessanterweise die gleiche Reihenfolge im Auftreten der Fossilien wie sie im Unterelsass, im Gebiet von Pechelbronn, in der dort 50—80 m mächtigen „Fossilreichen Zone“, dem dem Plattigen Steinmergel entsprechenden Horizont, angetroffen wird. Diese obersten 3—4 m Fossilschichten sind in allen Bohrungen festgestellt worden und sind ein ausgezeichneter Leithorizont.

Sowohl L. MEYER (33) als auch W. WAGNER (46) nehmen an, der plattige Steinmergel sei auch der Vertreter der oberen bituminösen Zone mit den 2 Kalisalzlagern der Mülhauser Gegend. In den Bohrungen von Hirtzbach tritt aber zwischen dem plattigen Steinmergel und dem Haustein (Bunte Mergel) eine 9—10 m mächtige Einschaltung von grünen, etwas dolomitischen Mergeln auf, die das Äquivalent der Oberen bituminösen Zone sein könnten.

Diese Mergel lassen sich scharf abtrennen von der obersten fossilführenden Zone des plattigen Steinmergels, nicht aber vom Haustein. Sie wurden deshalb im Profil mit diesem zusammen dargestellt, obwohl sie eher noch zu den streifigen Mergeln zu rechnen sind.

5. Bunte Mergel (Haustein).

B. FÖRSTER (16, p. 511) hat festgestellt, dass als Äquivalent der bunten Mergel der Haustein des Mülhauser Horstes zu betrachten ist.

In den Bohrungen von Hirtzbach kann der Haustein nicht scharf von den liegenden grünen Mergeln abgetrennt werden; er scheint vielmehr durch allmähliches Einschalten von kalkigen und sandigen Lagen aus ihm hervorzugehen. Im Gegensatz dazu ist die Trennung gegen die hangenden Foraminiferenmergel eine sehr deutliche.

Wir können den Haustein, so wie er durch die Bohrungen erschlossen wurde, unterteilen in einen untern kalkig-sandigen, und einen obern mergeligen Teil. Auf der Grenze zwischen beiden tritt eine Bank von ziegelrotem, sandigem Mergel auf, der sich in den Bohrungen als ausgezeichneter Leithorizont erwies.

Der untere Teil des Hausteins wird ca. 50 m mächtig. Er besteht aus Kalksanden, sandigen Mergeln und braunen bis bunten Tonen, sowie einzelnen Lagen von Konglomeraten.

Die Konglomerate treten hauptsächlich in den unteren und mittleren Lagen auf und erreichen eine Mächtigkeit bis zu einem Meter. Die Grösse der gut gerundeten Gerölle schwankt zwischen wenigen Millimetern und ca. 10 cm. Die Lücken zwischen den grösseren Geröllen sind erfüllt von kleinen und kleinsten Kalkgeröllen und grauweissem, hartem Mergel. Wo sich die grösseren Gerölle berühren, zeigen sie flache Vertiefungen, die als Lösungserscheinungen aufzufassen sind. Wie eine Anzahl Dünnschliffe zeigten, scheinen die grösseren Gerölle alle dem Séquanien zu entstammen. Einzelne dunkelgraue Komponenten, die eher dem Muschelkalk ähnlich schienen, erwiesen sich ebenfalls als Malm; die dunkle Farbe erhielten sie durch Einlagerung von fein verteiltem Schwefeleisen. Im feinsten Material finden sich neben Quarzkörnern auch kleine Hornsteingerölle, die vielleicht aus dem Muschelkalk stammen aber auch als Relikte verkieselter Malmkalke aus dem Eocæn gedeutet werden können. Gerölle aus dem mittleren und unteren Jura wurden nicht beobachtet, ebenso fehlen solche, die aus dem Buntsandstein, dem Rotliegenden oder dem Grundgebirge herzuleiten wären.

Aus den Bohrkernen (Hz P. 3, 7 und 17) lässt sich eine geringe Zunahme der Konglomerate von Ost nach West ableiten.

Kalksandsteine und Kalksteine charakterisieren den mittleren und oberen Teil des unteren Hausteins. Sie sind meist dicht, von geringer Porosität, und führen kleine, vereinzelt Kalkgerölle. Sie treten in Bänken von 1—4 m Mächtigkeit auf und gehen oft ohne scharfe Grenze in die zwischen ihnen lagernden Mergel über. Die Kalke sind teils zuckerkörnig, teils aus Algenknollen und von algenumkrusteten Schilfstücken aufgebaut. Sie entsprechen den im Steinbruch am Rebberg ob Altkirch aufgeschlossenen Kalken, die von FÖRSTER als „Unterer Haustein“ und als „Kalk mit *Helix* cf. *rugulosa*“ bezeichnet wurden.

Der hangende ziegelrote Mergel zeigt weder unten noch oben eine scharfe Grenze, er leitet über zu den bunten Tonen des oberen Teils des Hausteins, der ca. 40 m mächtig ist. Während im unteren Teil unbestimmbare Querschnitte von Heliciden und Limnaeen gefunden wurden, fehlen im oberen die Fossilien ganz. Kalksteine und Kalksandsteine treten keine mehr auf. Nur wenige sandig-mergelige Lagen sind in die in ihren Farben rasch wechselnden bunten Tone eingeschaltet.

Im Steinbruch des Rebberges bei Altkirch fehlen infolge Abtragung sowohl der rote Mergel als auch diese obere Abteilung des Hausteins. Diese sind auch sonst nirgends in der Umgebung aufgeschlossen. Die von FÖRSTER gegebene Dreiteilung in Untern Haustein, Kalk mit *Helix* cf. *rugulosa* und obern Haustein bezieht sich also auf Gesteine, die ganz im oben beschriebenen unteren Teil des Hausteins liegen. Die ziegelroten Mergel und die hangenden sandigen bunten

Mergel hat FÖRSTER in keinem Aufschluss finden können; dass sie aber auch bei Altkirch selbst noch vorhanden sind, lässt sich aus FÖRSTER's Kartierung (Blatt Altkirch der Geolog. Spezialkarte von Elsass-Lothringen) vermuten. Sie wären südlich Altkirch zwischen dem aufgeschlossenen Haustein und den Fischschiefern von Strohütte zu erwarten.

In den Bohrungen war es nicht möglich, FÖRSTER's Dreiteilung zu erkennen, ebensowenig lässt sich heute im stark erweiterten Steinbruch am Rebberg diese Trennung durchführen. Eine einfache Trennung in Untern und Oberen Haustein, wie sie hier für die Bohrungen eingeführt wurde, erscheint zweckmässiger.

6. Graue Mergel.

Sie wurden untergeteilt in:

- d) Cyrenenmergel,
- c) Melettaschichten,
- b) Fischschiefer,
- a) Foraminiferenmergel.

a) Foraminiferenmergel.

Dieser Leithorizont, der von Mainz bis in den Sundgau überall gefunden wird, tritt auch hier als grau-braune foraminiferenreiche Mergel auf. Er wird hier nur 6 m mächtig gegen 20 m im Kalisalzbecken. Er liegt mit gut erkennbarer Grenze auf den bunten Mergeln des obern Hausteins und ist auch gegen das Hangende scharf abgegrenzt.

b) Fischschiefer.

Sie sind, wie überall im Rheintal, als papierdünne, schiefrige, dunkle, bituminöse Tone ausgebildet. In Hirtzbach erreichen sie nur 4 m Mächtigkeit, im Kalisalzbecken hingegen 30 m.

c) Melettaschichten und d) Cyrenenmergel.

Über den Fischschiefern treten in allen Bohrungen graublaue mergelige Tone mit Sandlagen auf. Sie können nicht abgetrennt werden von den überlagernden Cyrenenmergeln, die mehr braune, grünliche und rötliche Farben zeigen. In den obersten Lagen stellen sich grünlich-graue Mergel mit braunen bis weinroten Flecken ein, die Heliciden, Planorben und kohlige Pflanzenreste enthalten (Bohrungen Hz P. 13, 17 und Hib II).

Diese Süßwasserbildungen dürften schon dem obern Teil des Chattien angehören. Grenzen konnten nirgends festgelegt werden. In Hz P. 17 beträgt die Mächtigkeit dieser Süßwassersedimente ca. 190 m, in Hib II ca. 160 m, ohne dass die Obergrenze bekannt wäre. Auch für die Melettaschiefer und Cyrenenmergel kann keine Mächtigkeit bestimmt werden. Hz P. 10 und 11 durchfuhren über den Fischschiefern 303 resp. 313 m graublauer Tone und Sande, die zu den Melettaschichten zu stellen sind, doch bleibt ungewiss, ob ihr oberer Teil nicht auch den Cyrenenmergeln entspricht. In Hz P. 13 folgen unter dem Süßwassermergel 332 m graue bis grünliche und bunte, teils sandige Mergel, die mit einer Verwerfung an den Melanienkalk stossen. Eine Unterteilung in Cyrenenmergel und Melettaschichten ist nicht möglich.

Weder die fossilführenden Schichten von Wolfersdorf noch die Bank mit *Ostrea cyathula* konnten nachgewiesen werden.

Vergleich mit dem Tertiär benachbarter Gebiete und Abgrenzung des Sannoisien und des Stampien.

Die Verbreitung der verschiedenen Faziestypen des Tertiärs im Rheintalgraben ist in den letzten Jahren Gegenstand mehrerer Publikationen gewesen (33, 45, 46). Aus ihnen geht hervor, dass das Tertiär im südlichen Rheintalgraben in eine ältere und eine jüngere Gruppe geteilt werden kann, die sich in der Verbreitung der Faziestypen verschieden verhalten.

Die ältere Gruppe umfasst Grüne Mergel und Melanienkalk, Mergel mit *H. cf. lombrosi*, Streifige Mergel und Bunte Mergel. In ihr treten ausgeprägte Fazieswechsel auf. Die jüngere Gruppe umfasst die grauen Mergel, die überall im südlichen Rheintalgraben fast gleiche Ausbildung zeigen und nur geringe Fazieswechsel, speziell an der Basis, aufweisen.

Die ältere Gruppe wird heute allgemein als Vertreter des Sannoisien angesehen. Sicher datierbar ist in ihr eigentlich nur der Melanienkalk. Er wird auf Grund der in ihm bei Brunnstadt, Rixheim und Riedisheim gefundenen Fossilien den Marnes blanches des Pariser Beckens gleichgestellt. Er gehört somit dem Sannoisien oder dem Obern Ludien an, je nachdem die Mollusken oder die Säugetiere zur Abgrenzung des Oligocaens vom Eocaen herangezogen werden (Lit. 42, p. 477 und 24, p. 1452).

Die liegenden grünen Mergel enthalten Kalkbänke mit gleicher Molluskenfauna wie der Melanienkalk und können in den Bohrungen von Reppe, Fousse-magne, Chavannes und Suarce nicht von ihm abgetrennt werden. Es liegt deshalb nahe, für sie gleiches Alter anzunehmen. Ob nun die unter dem Grünen Mergel liegenden Konglomerate ebenfalls noch zum Sannoisien resp. Obern Ludien gerechnet werden dürfen, erscheint zweifelhaft; sie sind oben (p. 83) mit Vorbehalt zum Eocaen gestellt worden.

Das Sannoisien von Hirtzbach nimmt eine Mittelstellung ein zwischen der Tiefenfazies des Grabens von Dammerkirch (Bohrungen von Reppe, Chavannes und Fousse-magne) und der Kalkfazies des Horstes von Mülhausen und des Sierenzer Grabens. Es ist weniger mächtig als die entsprechenden Sedimente der Tiefenfazies und führt weder Salz noch Gips. Interessant ist in den Konglomeraten des Hausteins das Fehlen von Komponenten des Perm, Buntsandsteins und Doggers, die in den gleichaltrigen Sedimenten am Nordwestrand des Grabens von Dammerkirch so häufig sind (Bohrung von Guewenheim, Lit. 27). Der Graben war offenbar tief genug, um die Zufuhr von grösseren Geröllen von der Vogeseenseite her zu verhindern. Die nur Malmkomponenten führenden Konglomerate des Hausteins müssen demnach von Süden oder von Osten (Schwelle von Istein?) zugeführt worden sein. Ein Vergleich mit den noch unveröffentlichten Beobachtungen der Bohrung Allschwil II und der Baugruben des Kraftwerks Kembs könnte vielleicht interessante Zusammenhänge erbringen.

Die jüngere Gruppe entspricht dem Stampien s. l. (Rupélien und Chattien). Die Grenze zwischen Stampien und Sannoisien ist nicht einwandfrei durch Fossilien belegt. VAN WERVEKE (50, p. 239) vermutet, der obere Haustein sei der Repräsentant des Alzeyer Meeressandes und als solcher noch zum Rupélien zu rechnen, L. MEYER schliesst sich dieser Auffassung an. Nun zeigt aber der Alzeyer Meeressand ein erneutes Eindringen des Meeres an. Die Sedimente des oberen Teils des Hausteins dagegen lassen nichts von einer marinen Überflutung erkennen; sie scheinen vielmehr die Fortsetzung der limnischen Sedimente des

unteren Hausteins zu sein. Eine Gleichstellung der obersten Schichten des Hausteins mit dem Alzeyer Meeressand bleibt deshalb solange fraglich, als in ihm keine marinen Fossilien gefunden worden sind.

Die marine Überflutung tritt mit den Foraminiferenmergeln ein, die Grenze Sannoisien–Stampien kann also an die Basis dieser Mergel gelegt werden. Der Alzeyer Meeressand scheint hier zu fehlen, es sei denn, wir betrachteten die Foraminiferenmergel als Beckenfazies desselben. Meeressande und Küstenkonglomerate, die an die Basis des Rupélien zu stellen sind, kennen wir vom östlichen Rand des Rheintalgrabens und vom Jurarand. Sie liegen unter den Schiefen mit *Amphysile Heinrichi* und sind oft sehr foraminiferenreich; sie können deshalb wohl als Äquivalent der Foraminiferenmergel gelten.

N. THÉOBALD möchte die Meeressandvorkommen des Jurarandes den fossilführenden Sanden von Wolfersdorf gleichstellen (43–45), die dem oberen Teil der Melettaschichten angehören. Eine solche Gleichstellung ist aber nur für diejenigen Vorkommen von Meeressand möglich, für die nicht Fischschiefer oder Melettaschiefer als Hangendes nachgewiesen ist. Die Vorkommen von Aeschpfeffingen, Witterswil und Oltingen gehören sicher noch zu den Basisbildungen des Rupélien (vergl. 23, 32). Ob den übrigen Vorkommen ein geringeres Alter zuzuschreiben ist, erscheint mir fraglich.

Foraminiferenmergel und Fischschiefer treten in genau gleicher Ausbildung auf wie im Kalibecken, wenn auch in reduzierter Mächtigkeit (6 m und 4 m gegen 20 m und 30 m). Sie dokumentieren den Beginn einer ruhigeren Periode im südlichen Rheintalgraben mit gleichförmiger Sedimentation sowohl in den Graben- als auch den Horstgebieten. Die Melettaschiefer, Cyrenenmergel und die sie nach oben abschliessende limnische Zone zeigen im Gebiet der Bohrungen von Hirtzbach im allgemeinen die gleiche Ausbildung wie im übrigen Rheintal. Ihre Mächtigkeit konnte nicht sicher bestimmt werden; sie beträgt möglicherweise ca. 300 m für die Melettaschichten, 300–350 m für die Cyrenenmergel und mehr als 190 m für die Süsswasserbildungen (Tüllinger Süsswasserschichten), deren primäre Mächtigkeit wegen späterer Abtragung wir nicht kennen. Am unsichersten ist die Bestimmung für die Cyrenenmergel. Ähnliche Mächtigkeiten sind aus der Umgebung von Basel bekannt (6).

Tektonik.

Die Bohrungen von Hirtzbach und der Westrand des Horstes von Mülhausen.

Wie schon erwähnt, liegt das Bohrgebiet von Hirtzbach an dem durch N-S verlaufende Brüche gekennzeichneten Westrand des Horstes von Mülhausen, längs welchem im Westen der Graben von Dammerkirch eingesunken ist. In Tafel II sind die durch Bohrungen erschlossenen Verwerfungen dargestellt; Textfigur 4 gibt ihre Lage in bezug auf die schon bisher bekannten Störungen.

Die östlichste der nachgewiesenen Verwerfungen, zwischen Hz P. 15 und 16 entspricht der schon von FÖRSTER festgestellten Verwerfung Altkirch–Heidwiler–Baldersheim. Die Sprunghöhe beträgt im Süden (Hz P. 15–16) 75 m; im Norden (Heidwiler) wurden von FÖRSTER zwei Verwerfungen von zusammen 50 m aufgefunden, doch muss direkt westlich derselben noch eine dritte auftreten, da graue Mergel an plattigen Steinmergel anstossen.

Bedeutend grössere Sprunghöhe (über 190 m) finden wir in Hirtzbach selbst, wo durch die Bohrungen zwei nahe beieinanderliegende Verwerfungen nachgewiesen wurden (Hz P. 10, 4, 1, 2 und Hib I), die sich in der Tiefe vereinigen

(Hz P. 11). Die westliche Teilstörung vereinigt sich vermutlich zwischen Hz P. 1 und 6 mit der östlichen, deren Nord-Süd-Verlauf bis zu Hz P. 12 genau nachgewiesen werden konnte. Über ihr Verhalten nach Norden liegen keine Anhaltspunkte vor.

Schliesslich tritt weiter westlich noch eine dritte Verwerfung auf, die die Süsswassersedimente des Chattien der Bohrungen Hib II, Hz P. 17 und 13 gegen Melettaschiefer und Cyrenenmergel absetzt. Über den Verlauf dieser Störung sind wir im Ungewissen.

Das Einfallen der Schichten beträgt nach den Bohrkernen zu urteilen im allgemeinen $0-10^{\circ}$, nur in der Nähe der Störungen konnten grössere Beträge gemessen werden. Über das Streichen der zwischen den einzelnen Verwerfungen liegenden Streifen sind wir nur ungenügend orientiert. Östlich der Verwerfung von Altkirch scheint NE-Streichen und schwaches SE-Fallen vorherrschend zu sein; westlich davon lässt sich aus den Bohrungen mit einiger Sicherheit $N 10-15^{\circ}$ E-Streichen mit $5-10^{\circ}$ Einfallen nach E im Gebiet der Bohrung Hz P. 12 feststellen, das gegen S in N-S-Streichen abzdrehen scheint. Demnach wäre am West-Sporn des Illberges und nördlich der Ill zwischen Altkirch und Carspach das Auftreten von Haustein zu erwarten. Da dort aber nur graue, sandige Mergel auftreten, muss die in Tafel II eingezeichnete südwestnordost streichende Verwerfung angenommen werden.

Für den abgesunkenen Flügel westlich der Verwerfungen von Hirtzbach lässt sich das Streichen aus den Bohrergebnissen nicht bestimmen. Bohrungen 17, 11, 10 und 13 lassen nur vermuten, dass auch hier N-S-Streichen und flaches Ostfallen vorherrschen.

Wie schon aus dem stratigraphischen Teil hervorgeht, lassen sich aus den Bohrresultaten Anhaltspunkte gewinnen über das Alter und die Dauer der Bruchbildungen.

Die Verwerfungen ergreifen auch die jüngsten Schichten, das Chattien, es muss also auf ihnen in nachstampischer Zeit Bewegung stattgefunden haben. Aus den Sedimenten des Stampien lässt sich nicht mit Sicherheit erkennen, ob während dieser Zeit Absenkungen eintraten, denn sie zeigen sowohl in den gehobenen als auch in den gesunkenen Flügeln gleiche Ausbildung. Foraminiferenmergel und Fischeschiefer sind beiderseits der Verwerfungen so gleichartig entwickelt, dass man auf Stillstand der Bewegung während ihrer Ablagerung schliessen darf.

Anzeichen für Absenkung konnten hingegen, wie im stratigraphischen Teil gezeigt wurde, für das Sannoisien festgestellt werden, das in der tiefliegenden Scholle, also westlich der Verwerfung von Hirtzbach, eine um ca. 60 m grössere Mächtigkeit aufweist als in der hochliegenden Scholle. Auf voroligocaene vermutlich eocaene Absenkung und Erosion weist schliesslich auch die grössere Mächtigkeit des Séquanien westlich der Verwerfung von Hirtzbach hin (vergl. p. 78). Dass diese Veränderungen bedingt sind durch Absenkung entlang Brüchen, zeigt uns das Verhalten der Verwerfung von Hirtzbach in der Tiefe. Die Gesamtsprunghöhe beträgt nämlich in ihrem oberen Teil (zwischen Hz P. 3 und Hz P. 4) für die Basis der Fischeschiefer 190 m, in ihrem unteren Teil (Hz P. 11) für die Untergrenze des Séquanien aber 375 m. Die Differenz ist zu einem Teil zurückzuführen auf Schleppung und kleinere Brüche, die in den Bohrungen nicht erfasst werden konnten, zum anderen Teil aber auf Absenkung des westlichen Flügels in vorstampischer Zeit (ca. 80 bis 90 m). Dass es sich dabei schon um Bruchbildung und nicht um einfache Neigung gegen Westen handelt, geht nicht nur aus der Zunahme der Sprunghöhe in Hz P. 11 hervor, sondern auch aus der Lage des Rauracien-Oxfordien in dem

zwischen den Verwerfungen eingeklemmten Keil und des Doggers im Ostflügel, wie sie durch Hz P. 10 gezeigt wird. Denkt man sich den gesunkenen Westflügel zurückgeschoben in die Lage, die er zu Beginn des Stampien eingenommen haben muss, so rückt der Malm der Bohrung 11 demjenigen der Bohrung 4 bedeutend näher (wenig westlich der Linie von Hz P. 10) und liegt 80—90 m tiefer. Würde es sich nur um Neigung und nicht um einen Bruch handeln, so müsste das Einfallen in der Schleppungszone ca. 40° betragen. Eine solche Steilzone wurde aber nirgends konstatiert. Es ergibt sich also, dass die Bruchbildung schon zur Eocaenzeit einsetzte und zu Beginn der Ablagerung der Grünen Mergel (Unt. Sannoisien oder Ob. Ludien) eine Sprunghöhe von ca. 35 m erreichte. Die Bewegung muss während des ganzen Sannoisien kontinuierlich weitergegangen sein. Am Ende des Sannoisien betrug die Sprunghöhe mindestens 80—90 m. Zu Beginn des Stampien trat vermutlich Stillstand ein, der möglicherweise während des ganzen Stampien andauerte. Die Ablagerungen des Stampien erlauben keine sicheren Schlüsse, es weist jedoch ihre Gleichförmigkeit im Gebiet zwischen Mülhausen, Altkirch und Basel eher auf stabile Verhältnisse als auf einen Fortgang der Bruchbildung hin.

Eine Neubelebung der Verwerfung erfolgte dann wieder in poststampischer Zeit, wahrscheinlich zusammen mit einer Schiefstellung der Schollen, die den sog. Sattel von Illfurt bilden. Die Bohrungen von Hirtzbach liefern keine Anhaltspunkte, die der zeitlichen Fixierung dieser Bewegungen dienen könnten, da jüngere Ablagerungen als oberes Chattien fehlen.

Über die Art der Bewegung an den Verwerfungsflächen geben uns die Bohrkernkerne nur spärliche Auskunft. Harnische mit Streifung konnten nicht beobachtet werden. Im allgemeinen ist das Gestein beidseitig der Verwerfungen zertrümmert und durch Kalzit wieder verkittet. Die Zertrümmerungszonen sind meist nur wenige Dezimeter mächtig und werden durchschnitten von Verwerfungsflächen, die 40 — 60° einfallen und oft durch Bitumen dunkel gefärbt sind. Auch in der Verwerfungsbreccie ist Imprägnation mit Schweröl häufig zu beobachten. Das Öl findet sich meist auf den Grenzflächen zwischen den Kalzitkristallen, oder eingeschlossen in kleinen Kalzitdrusen, selten in den Sedimentbrocken der Breccien. Es weist dies darauf hin, dass die heute geschlossenen Verwerfungsspalten in einem früheren Stadium offen waren und als Wanderwege für Wasser und Erdöl dienten.

Besonderes Interesse beansprucht der Einfallswinkel der Verwerfungen, der durch die Bohrungen einwandfrei festgestellt wurde. Er beträgt im Durchschnitt 54° , im flachsten Teil (zwischen Hz P. 2 und Hz P. 1) 42° und im steilsten Gebiet ca. 60° (vergl. Taf. II). Es ergibt sich daraus nicht nur eine vertikale Absenkung des Westflügels um 190 m, sondern auch eine relative Westbewegung desselben um ungefähr 170 m. Die Verwerfungen am Westrand des Horstes von Mülhausen sind somit ein weiterer Beweis für Dehnungs- oder Zerrungserscheinungen im Rheintalgraben. Absenkung und Dehnung müssen gleichzeitig erfolgt sein. Sie haben schon vor dem Oligocaen begonnen, dauerten während des Sannoisien an, wurden aber erst in nacholigocaener Zeit beendet und diese letzten Bewegungen waren wohl die grössten.

Entsprechend der Bohrtiefe von Hz P. 11 ist der Verlauf der Verwerfung von Hirtzbach bis in den Buntsandstein eingezeichnet. Die Sprunghöhe beträgt für die Basis des Malms sowie für die tieferen Schichten 375 m. Es ist nicht daran zu zweifeln, dass sich die Verwerfung auch in das Grundgebirge fortsetzt. Ein Ausgehen der Störung in der Trias durch Kompensation in den salzführenden Schichten ist nicht zu erwarten, da die Salzserie im gehobenen Flügel grosse

Mächtigkeit zeigt und vollkommen den im Bohrloch von Buix gefundenen Mächtigkeiten entspricht.

In der älteren Literatur wird der hochgelegene Nordwestrand des Horstes von Mülhausen oft als Sattel von Illfurt bezeichnet und als flache SW-NE streichende Antiklinale aufgefasst. R. GRAHMANN (22, p. 82) glaubte eine Fortsetzung dieser Struktur im SW im Elsgau und im N in der Wölbung des Tuniberges (westlich Freiburg) gefunden zu haben. C. SCHNARRENBERGER (41, p. 612) stellte eine antiklinale Wölbung in den oberstampischen Ablagerungen westlich der Verwerfungen von Hirtzbach, am Lerchenberg bei Aspach, fest, die er als Fortsetzung des Illfurter Sattels auffasst; danach müsste die Aufwölbung nach dem Stampien stattgefunden haben. J. WILSER (52) zeigte, dass ein Zusammenhang mit dem Tuniberg und dem Elsgau nicht gut möglich ist. Er fasst den Illfurter Sattel zusammen mit der nördlichen Fortsetzung des Horstes von Mülhausen als NNE-SSW streichenden Medianhorst des Rheintalgrabens auf, entstanden durch Bruchfaltung und Einengung in E-W-Richtung in spätoligoocaener oder frühmiocaener Zeit. Die Bohrungen von Hirtzbach zeigen jedoch deutlich, dass Dehnung in E-W-Richtung und nicht Einengung herrscht. Zweifel an der Faltennatur des Illfurter Sattels sind deshalb berechtigt, und eine Erklärung durch Verbiegungen an Brüchen dürfte den Tatsachen eher gerecht werden. Es sei aber hier darauf hingewiesen, dass das Sannoisien und das Stampien des Horstgebietes nach SE einfallen und dass südlich des Horstes, bei Waldighofen-Roppentzwiller eine flache Mulde mit Süßwassermergel des Chattien vorhanden ist, die offenbar von W nach E streicht. Die Mulde wird von N. THÉOBALD als „Dépression subjurassienne“ bezeichnet (45) und dürfte ihre Entstehung der Auffaltung des Kettenjura verdanken.

Die Bohrungen von Hirtzbach und das Problem der Entstehung des Rheintalgrabens.³⁾

Die Erörterungen über den Mechanismus des Einbruches des Rheintalgrabens nehmen in der Literatur einen breiten Raum ein. Seit ELIE DE BEAUMONT vor mehr als 100 Jahren das Rheintal als tektonisch bedingte Form erkannte und als eingebrochenen Graben der Vogesen-Schwarzwald-Aufwölbung erklärte, folgten andere Deutungsversuche in immer wachsender Zahl. Der Wandel und die Entwicklung der Fragestellung sind Gegenstand einer Studie von L. RÜGER (38). Die zahlreichen Meinungsäußerungen nehmen zur Deutung des Grabens teils rein vertikale, teils rein tangentielle Kräfte zu Hilfe, je nach dem Gewicht, das den Einzelbeobachtungen zuerkannt wird. Zur ersten Gruppe gehören die Deutungen von E. DE BEAUMONT (Hebung und Spaltung), von E. SUESS (Horst-Theorie) und von H. CLOOS (Hebung-Spaltung-Vulkanismus). Zur zweiten Gruppe gehört die Gewölbetheorie von VAN WERVEKE (49), der den Rheintalgraben als Querbruch der Grossgewölbe Vogesen-Schwarzwald und Haardt-Odenwald auffasst, ferner die von QUIRING (37) propagierte Zerrungstheorie. Eine dritte Gruppe kombiniert Hebung, Senkung und Faltung und betont in erster Linie, dass die Ent-

³⁾ Für die Ausführungen in diesem und im nächsten Abschnitt sei auf folgende neuere Übersichtskarten hingewiesen: Carte géol. murale de l'Alsace et de la Lorraine 1:200000, Serv. Géol. de l'Alsace et de la Lorraine, 1930; Geol. Übersichtskarte von SW-Deutschland, 1:600000, Württemberg, Statist. Landesamt, 1938. Einen guten Überblick über den südlichen Rheintalgraben wird auch das in Bälde erscheinende Blatt 2, Basel-Bern, der „Geologischen Generalkarte der Schweiz, 1:200000“ bieten.

wicklung des Rheintalgrabens in verschiedenen Stadien vor sich gegangen sei. So fasst J. WILSER (52) den Rheintalgraben auf als Senkungsgebiet (Senkung im Mesozoikum und im Oligocaen) über einer variscisch angelegten Schwächezone, das im Spätoligocaen oder Untermiocaen durch E-W-Einengung und Bruchfaltung herausgehoben wurde; nach allgemeiner Einebnung folgte dann die entscheidende Heraushebung im Pliocaen. Eine vierte Gruppe endlich führt die Entstehung des Rheintalgrabens zurück auf verschieden starke Bewegung der europäischen Schollen in der N-S-Richtung (8, 47). So kann nach BUBNOFF (3, p. 1315) der Graben als „Reibungsbreccie“ zwischen verschieden bewegten Schollen bezeichnet werden.

Jede Gruppe kann viele Tatsachen zu ihren Gunsten anführen. Dabei ist aber zu bedenken, dass unsere Kenntnis des Rheintalgrabens noch sehr lückenhaft ist. Vor allem geben uns über den Bau des Grabeninnern nur zwei Gebiete Auskunft, nämlich das Erdölgebiet von Pechelbronn und das Kalisalzgebiet von Mülhausen-Buggingen. Dazu tritt nun als drittes das Bohrgebiet von Hirtzbach.

Wenn auch die Resultate der Bohrungen von Hirtzbach keine direkten entscheidenden Beweise zugunsten einer einzelnen der oben erwähnten Gruppen von Deutungen liefern, so führen sie doch zur Eliminierung einzelner Annahmen und erlauben Schlüsse vor allem auf die unteroligocaene Phase der Grabenbildung. Die Ergebnisse, wie sie in den vorangehenden Abschnitten dargelegt sind, lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Die Ausbildung des Mesozoikums spricht nicht für mesozoische Einsenkung des Rheintalgrabens.
2. Die Absenkung des Grabens von Dammerkirch begann offenbar schon im Eocaen an Brüchen.
3. Die Absenkung und Bruchbildung dauerte während des Unteroligocaens an.
4. Die Bruchbildung setzte in nacholigocaener Zeit erneut ein, vermutlich aber nicht mehr verbunden mit Senkung, sondern mit Heraushebung.
5. Mit der Bruchbildung tritt Dehnung in E-W-Richtung auf. Dies spricht gegen Bruchfaltung im Sinne WILSERS.

Die Resultate sprechen also für Entstehung des Grabens durch Zerrung oder Dehnung, wie dies schon aus dem Gebiet von Mülhausen-Buggingen und von Pechelbronn bekannt geworden ist. Sie geben aber keinen Aufschluss darüber, ob diese Zerrung auf Hebung, wie CLOOS (9) annimmt, oder auf tangential S-N-Bewegung (v. WERVECKE (49) und BUXTORF (4)) oder aber N-S-Bewegung im Sinne BUBNOFF's zurückzuführen ist. Erst ein Verfolgen der Störungszone von Hirtzbach nach Süden zeigt uns Verhältnisse, die auf diese Frage Bezug haben.

Beziehungen zu den Brüchen und Querfalten des Tafeljura.

In der reichen Literatur über den Rheintalgraben wird die Verwerfungszone von Altkirch-Hirtzbach oft erwähnt. Besonders hervorgehoben wird ihr Verlauf in variscischer Richtung (NNE) im nördlichen Teil und in rheinischer Richtung (N-S) im Süden. Dieses Abbiegen in die S-Richtung wird durch die Bohrungen von Hirtzbach bestätigt und damit die Möglichkeit des Zusammenhanges mit den N-S-Verwerfungen des Gewölbes von Forêt de la Montagne (Bürgerwaldkette, SW Pfirt) wahrscheinlich gemacht. Ein Ausbiss der Verwerfungen konnte bis jetzt im zwischenliegenden Gebiet nicht festgestellt werden, doch kann dies sowohl auf die starke Bedeckung durch die Sundgau-Schotter als auch auf die

gleichförmige und nicht unterteilbare Ausbildung des oberen Stampien zurückzuführen sein.

Gestützt wird die Auffassung, dass es sich um das gleiche Störungssystem handle, dadurch, dass im Pfirter Jura das Oligocaen auf Rauracien und Séquanien transgrediert, während es westlich der Störungen, im Elsgau auf Kimeridgien und Virgulien aufliegt.

R. GRAHMANN (22) und D. SCHNEEGANS (40a und b) haben nachgewiesen, dass die Mehrzahl der Verwerfungen der Forêt de la Montagne vor dem Stampien entstanden sind, und dass der SSW-NNE-streichende Teil des mit ihnen verknüpften Gewölbes ebenfalls vor dem Stampien angelegt wurde. Es kann somit Gleichzeitigkeit für die Entstehung der Störungen am Westrand des Horstes von Mülhausen einerseits, und der Verwerfungen und der ersten Auffaltung des westlichen Teiles der Bürgerwaldkette andererseits angenommen werden. Während aber bei Hirtzbach-Altkirch Senkung und Dehnung in E-W-Richtung vorherrschen, tritt im Gebiet der Bürgerwaldkette zu den Verwerfungen noch Einengung in WNW-ESE-Richtung auf.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist eine ganze Anzahl solcher NNE- bis NE-streichender, im Oligocaen entstandener Querfalten im Jura südlich des heutigen Rheintalgrabens bekannt geworden und es wurde auch auf ihre Verbindung mit dem Grabengebiet hingewiesen. So biegt das Westende der Blochmont-Kette zu SSW-Streichen um und wird vom Bruchsystem Altkirch-Bürgerwald zerstückelt. Nach H. LINIGER & A. WERENFELS (29) erstrecken sich die zu demselben System gehörenden Verwerfungen von Le Gypse-Montbreux und von St. Peter durch die Bueberg-Mont Terri-Antiklinale in die Vorburg-Antiklinale, die erstgenannte Verwerfung streicht direkt unter die Überschiebung der St-Brais-Caquerele-Antiklinale. Diese wiederum ist ebenfalls eine Querfalte und könnte, nach LINIGER, vorstampisch angelegt worden sein. Sicher in vorstampischer Zeit entstanden sind die Querfalten von Develier und Vicques im Delsberger Becken, sowie das Westende der Landskronkette (28, 40b). Auch die Rheintalflexur ist schon vor dem Stampien angelegt worden; in ihrer Verlängerung reicht der praestampische Fehrenbruch bis in das Delsberger Becken (7). Im Osten der Flexur ist die NNE-gerichtete Aufwölbung von Bütschel-Niestelen (nördlich Reigoldswil (7)) vor dem Stampien entstanden, eine ähnliche Aufwölbung findet sich mit einem fast ENE-gerichteten Bruch östlich von Seewen. Das NE-SW- (oder NNE-SSW-) gerichtete praemiocaene System von Verwerfungen und schmalen Grabenbrüchen, das den Tafeljura und die Triasplatte des Dinkelbergs durchzieht, kann als praestampisch angelegt betrachtet werden (7). Merkwürdig ist die südöstlich von Basel auftretende E-W-streichende Wölbung zwischen Birs und Ergolz, die als Adlerhofgewölbe bezeichnet wird. Sie ist vermutlich ebenfalls praestampischer Entstehung, doch besteht hierfür noch keine Sicherheit⁴⁾.

H. LINIGER (28, p. 626) vermutete sowohl zeitliche als genetische Beziehungen zwischen den Querfalten und den Tafeljurabrüchen. Er nahm an, dass im Alttertiär der ganze nordwestliche Jura samt dem nördlich anschliessenden Rheintalgrabengebiet in gleichlaufende, SSW-NNE-streichende Falten gelegt war, derart, dass die jüngeren, nahezu E-W-streichenden Falten mit ihnen ein Gitter

⁴⁾ Eine weitere, ca. N 30° E streichende Brachyantiklinale findet sich N von Solothurn bei Kreuzen. Das Alter dieser Falte ist fraglich. Es wäre möglich, dass eine genaue Untersuchung der Molasse am Jura-Südrand uns in bezug auf das Alter der Faltungen noch Überraschungen bringen könnte. Es sei nur verwiesen auf die von E. BAUMBERGER (1) bei der Rickenbacher Mühle beobachtete Diskordanz zwischen Malm und Chattien.

bilden. Betrachten wir aber eine tektonische Karte (z. B. Tafel 1 der Erläuterungen zum Blatt Laufen–Mümliswil (7)), so fällt auf, dass die Querfalten nur auf verhältnismässig kurze Strecken verfolgt werden können, und dass die einzelnen Querfalten in der Streichrichtung nicht zusammenhängen. Sie stehen vielmehr fiederig, en échelon zueinander. Am deutlichsten zeigt sich dies bei der Bürgerwald–Blochmont- und der Caquerelle-Antiklinale, aber auch für die Querfalte von Vicques und das Westende der Landskronkette gilt dasselbe. Des weiteren fällt auf, dass die praestampischen Störungen stärker nach Norden gerichtet sind als die Querfalten und in ihrer Gesamtrichtung spitzwinklig zu diesen verlaufen. Die Querfalten des Bürgerwald, der Blochmontkette und der St-Brais–Caquerelle-Antiklinale erscheinen aufgereiht am Verwerfungsbündel von Altkirch–Hirtzbach.

Für die Entstehung dieser Querfalten scheint die Annahme eines E-W-Zusammenschubes, wie WILSER (52) ihn annimmt, nicht notwendig zu sein. Die fiederige Anordnung entlang einem Bruchbündel kann auch auf S-N-Schub, also auf alpinen Druck zurückgeführt werden. Zwei Möglichkeiten sind hierbei in Betracht zu ziehen: 1. Es wurde infolge von Abscheerung nur die Sedimentdecke bewegt. 2. Der kristalline Untergrund wurde bewegt und die Sedimentdecke folgte nur den Bewegungen des Untergrundes.

Der erste Fall dürfte der weniger wahrscheinliche sein, denn es ist nicht verständlich, warum sich nur SSW-streichende Fiederfalten gebildet hätten und nicht auch E-W-streichende Strukturen, wie dies später bei der eigentlichen Kettenjurafaltung, z. B. im Gebiet beidseitig der Rheinflexur, der Fall war.

Im zweiten Fall hingegen könnten Querfalten, die fiederig angeordnet sind, sehr wohl auch ohne begleitende E-W-Falten entstanden sein durch differentielle Bewegungen des tieferen Untergrundes.

Im Rheintalgraben, sowie im südlich anschliessenden Gebiet reichen nämlich zum mindesten die grösseren Verwerfungen, vor allem die Randverwerfungen des eigentlichen Grabens (auf der Ostseite die Rheintalflexur) und die Verwerfung von Zeiningen bis in das Grundgebirge hinab. Aber auch von den Kleineren könnten einige bis in diese Tiefen hinabgreifen. Die Störungszone von Altkirch setzt sich aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls in das Grundgebirge fort. Für das Gebiet des Bürgerwaldes glaubt D. SCHNEEGANS (40b) eine Kompensation der Verwerfungen innerhalb des mesozoischen Mantels annehmen zu dürfen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass das vordringende Stampienmeer im Elsgau auf Kimeridgien transgredierte, im Pfirter Jura aber auf Rauracien und Séquanien, dass also die Sprunghöhe des Störungsbündels 100 m oder mehr betrug und damit genügt, um auch Verwurf des Grundgebirges annehmen zu können.

Diese rhenanischen Störungen zerlegen nun das Gebiet in N-S- bis NNE-SSW-verlaufende, verschieden hoch liegende Streifen. Diese können auf den alpinen S-N-Druck⁵⁾ in praeoligocaener und oligocaener Zeit verschieden reagiert haben. Die einzelnen Streifen können sich stärker oder schwächer nach Norden vorgeschoben haben. Als Folge bildeten sich über den Bewegungsfugen, den Verwerfungen, im mitverfrachteten Sedimentmantel schief zur Bewegungsachse verlaufende schwache Querfalten (vergl. auch FR. LOTZE (30)). So scheint es mir möglich, die Entstehung der Querfalten des Bürgerwaldes, der Blochmontkette

⁵⁾ Auf S-N-Druck weisen die horizontalen Harnischstreifen an den Rheintalrandbrüchen und den Brüchen im Tafeljura, ferner die oben erwähnte Aufwölbung des Adlerhofes, die Mettauer und die Mandacher Störung (vergl. 4, p. 241 und 2, p. 73) und östlich davon das Gewölbe bei Hohenthengen (21).

und der Caquerelle-Antiklinale auf stärkere N-Bewegung des Streifens östlich der Störungszone von Altkirch, also des Mülhauser Horstes, des Pfirter Jura und des Delsberger Beckens, gegenüber schwächerer N-Bewegung des westlichen Teils, also des Elsgaues und des Clos du Doubs, zurückzuführen. Dabei brauchen die horizontalen Bewegungen des Sockels gar kein grosses Ausmass angenommen zu haben. Direkte Beweise für N-Bewegung des Grundgebirges konnten im Gebiet Altkirch-Pfirt nicht beigebracht werden. Auf den Verwerfungsflächen der Bohrkern der Bohrungen von Hirtzbach konnte keine horizontale Streifung festgestellt werden, doch ist dies nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass dieselben Störungen in postoligocaener Zeit in vertikaler Richtung reaktiviert wurden.

Der obige Erklärungsversuch geht von derselben Annahme eines alpinen S-N-Druckes aus, wie die von A. BUXTORF (4, p. 240) aufgestellte Keilgrabentheorie. Neu ist nur die Annahme der verschiedenartigen tangentialen Beweglichkeit⁶⁾ der einzelnen Grundgebirgsstreifen. Wenn auch verschieden starker Vorschub in nördlicher Richtung noch nicht direkt nachgewiesen werden kann, so kann man doch erkennen, dass sich die zwischen den grossen Störungen liegenden Segmente gegenüber dem alpinen Druck verschieden verhalten haben. Im Gebiete östlich des Sporns von Säckingen treten WSW-ENE-streichende Störungen und Faltung auf. Westlich davon, bis zur Rheintalflexur herrschen Verwerfungen und Keilgräben mit nördlicher Richtung vor; Querfalten sind selten. Zwischen Rheintalflexur und dem Elsgau treten die Verwerfungen zurück und die Querfalten nehmen an Häufigkeit zu.

Zu diesen S-N-Bewegungen tritt noch die Dehnung in der E-W-Richtung, auf die wir sowohl aus den Brüchen im Grabeninnern als auch aus den Keilgräben schliessen. Es liegen somit zwei Bewegungskomponenten vor. Keine dieser beiden, weder die E-W-Dehnung noch die S-N-Bewegung, oder die vermutlich mit der letzteren verknüpfte Aufwölbung Schwarzwald-Vogesen vermag für sich allein die Keilgräben und die Querfalten zu erklären. Es kann deshalb auch der Versuch von H. CLOOS (9), die Entstehung des Rheintalgrabens nur auf Hebung und damit verbundene Spaltung zurückzuführen, nicht befriedigen⁷⁾.

Besser stimmen die hier gefundenen Verhältnisse überein mit dem von BUBNOFF (3, p. 1417ff.) gezeichneten Deformationsbild von Westeuropa, nach dem der Rheintalgraben als Deformationszone zwischen sich verschieden bewegenden Schollen aufgefasst werden kann. Die Dehnung kommt dabei dadurch zustande, dass die westliche Scholle gegenüber der östlichen leicht nach SW verschoben wird, dass also die Vogesen sich relativ nach SW, der Schwarzwald nach N bewegt. Auf diese Art könnten die zwei Bewegungskomponenten entstanden sein, die wir zur Erklärung der Querfalten sowie der Keilgräben und Verwerfungen in Anspruch nehmen. Das Ausmass der Bewegung lässt sich noch nicht sicher feststellen, da die Zahl der Verwerfungen und ihr Störungseffekt noch ungenügend bekannt sind. Der Grössenordnung nach dürfte die E-W-Dehnung im südlichen Rheintalgraben zwischen mehreren hundert Metern und zwei km betragen. (Ähnliche Beträge sind aus den übrigen rheinischen Zerrungsgebieten bekannt, vergl. G. RICHTER: Das Rheinische Element im Bilde Westeuropas. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl., Fachgr. 4, N. F. 1, 1934.)

⁶⁾ Sie wurde schon von M. WEBER (47) vorausgesetzt.

⁷⁾ Hebung allein vermag auch nicht die Fortsetzung der Gräben über den „Rheinischen Schild“ hinaus zu erklären (36). Unverständlich blieben auch die Transversalstörungen, die vom Vogesen-Südfuss gegen das Massif de Serre streichen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen von Hirtzbach müssen die Bewegungen schon vor dem Oligocaen begonnen haben. Die obere Zeitgrenze bleibt unbestimmt, denn es ist fraglich, ob auch die miocaenen bis quartären Bewegungen im Oberrheingebiet auf N-Bewegung der Ostscholle zurückgeführt werden können.

Zitierte Literatur.

1. BAUMBERGER, E.: Die stampischen Bildungen der Nordwestschweiz und ihrer Nachbargebiete mit besonderer Berücksichtigung der Molluskenfaunen. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. XX, 1927.
2. BUBNOFF, S. VON: Über Keilgräben im Tafeljura. *Jahresber. des Oberrhein. Geol. Vereins*, N. F. Bd. 9, 1920.
3. BUBNOFF, S. VON: Geologie von Europa; in „Geologie der Erde“, Berlin (Bornträger) 1936.
4. BUXTORF, A.: Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel. *Verhandl. Naturf. Ges. Basel*, Bd. 27, 1916.
5. BUXTORF, A.: Eocän und Oligocän im Gebiet des neuen Rhein-Kraftwerks Kembs. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 21, 1928.
6. BUXTORF, A.: Umgebung von Basel, in „Geol. Führer der Schweiz“, Fasc. 8, p. 518, Basel 1934.
7. BUXTORF, A., CHRIST, P. & ELBER, R.: Erläuterungen zu Bl. 96—99 (Laufen—Mümliswil) des Geol. Atlas der Schweiz, 1936.
8. CLOOS, H.: Bau und Bewegung der Gebirge in Nordamerika, Skandinavien und Mitteleuropa. *Fortschr. der Geol. und Pal.*, H. 21, 1928.
9. CLOOS, H.: Hebung — Spaltung — Vulkanismus. *Geol. Rundschau*, Bd. 30, 1939.
10. DELBOS, J. & KOEHLIN-SCHLUMBERGER, J.: Description géologique et minéralogique du Département du Haut-Rhin. Mulhouse 1867.
11. DISLER, C.: Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheins zwischen Rheinfeldern und Augst. *Verhandl. Natf. Ges. Basel*, Vol. 25, 1914.
12. FÖRSTER, B.: Geologischer Führer für die Umgebung von Mülhausen i. E. *Mitt. Geol. Landesanstalt Elsass-Lothr.*, Bd. III, 1892.
13. FÖRSTER, B.: Geologische Spezialkarte von Elsass-Lothringen, Blatt Altkirch (1 : 25 000), Dir. d. geol. Landesuntersuchung von Els.-Lothr. Strassburg 1902.
14. FÖRSTER, B.: Weisser Jura unter dem Tertiär des Sundgaus. *Mitt. Geol. L.-Anst. Els.-Lothr.*, Bd. V, 1905.
15. FÖRSTER, B.: Oberer Melanienkalk zwischen Huppererde und Fischechiefer bei Buchweiler i. Ob.-Elsass. *Mitt. Geol. L.-Anst. Els.-Lothr.*, Bd. 7, 1909.
16. FÖRSTER, B.: Ergebnisse der Untersuchungen von Bohrproben aus den seit 1904 im Gange befindlichen, zur Aufsuchung von Steinsalz und Kalisalzen ausgeführten Tiefbohrungen im Tertiär des Ober-Elsass. *Mitt. Geol. L.-Anst. Els.-Lothr.*, Bd. 7, H. 4, 1911.
17. FOURNIER, E.: Les recherches de Houille en Franche-Comté, etc. *Bull. Soc. géol. France*, 4e sér., t. VII, 1907.
18. GACHOT, H.: Les recherches de pétrole dans la région d'Altkirch (Haut-Rhin). *C. R. séances du Groupe des Géologues Pétroliers de Strasbourg*, 1re année, N° 3, 1932.
19. GILLET, S. & SCHNEEGANS, D.: Stratigraphie des terrains jurassiques dans la région de Ferrette. *Bull. Service Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, t. 2, fasc. 1, 1933.
20. GILLET, S. & SCHNEEGANS, D.: Etude de la région fracturée située entre Lauw et Sentheim (Haut-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, t. 2, fasc. 3, 1935.
21. GÖHRINGER, A.: Geol. Spezialkarte des Grossherzogtums Baden Nr. 169 (Lienheim), 1915.
22. GRAHMANN, R.: Der Jura der Pfirt im Ober-Elsass. *Neues Jahrb. für Min., Geol. und Pal.*, Beilageband 44, 1920.
23. GUTZWILLER, A.: Das Oligocaen in der Umgebung von Basel. *Verhandl. Natf. Ges. Basel*, Bd. 26, 1915.
24. HAUG, E.: *Traité de Géologie*, t. II, 1911.
25. HOTZ, W.: Das Profil der neuen Bohrung von Allschwil bei Basel. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 21, 1928.

26. JUNG, J.: Les indices de pétrole du Sundgau. Ann. Office nat. Combustibles liquides. 3ème année, N° 2, 1928.
27. JUNG, J. & SCHNEEGANS, D.: Résultats d'un sondage à Guewenheim (Haut-Rhin). C. R. sommaire séances Soc. géol. France, p. 38, 1930.
28. LINIGER, H.: Über Gitterfaltung im Berner Jura. Eclogae geol. Helv., Vol. XIX, 1926.
29. LINIGER, H. & WERENFELS, A.: Zur Tektonik der Umgebung von Asuel und St. Ursanne. Eclogae geol. Helv., Vol. XX, 1926.
30. LOTZE, FR.: Über einige Faltungsprobleme. Nachr. Ges. für Wissensch. Göttingen, Math.-phys. Klasse, 1930.
31. MEYER, L.: Le Sondage de Charmois. Bull. Soc. belfortaine d'Emulation, N° 34, 1916.
32. MEYER, L.: Réflexions sur la genèse des alluvions anciennes du Sundgau. Bull. Soc. d'Hist. nat. Colmar, t. XIX, 1925.
33. MEYER, L.: Etude stratigraphique du terrain oligocène de la Haute-Alsace et du Territoire de Belfort. Bull. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, t. 1, 1928.
34. ORGEVAL, M.: Etude du Tertiaire de Hirtzbach et du Jurassique du Jura alsacien. C. R. séances Groupe des Géologues Pétroliers de Strasbourg, 3ème année, N° 3, 1936.
35. PARISOT, L.: Description géologique et minéralogique du Territoire de Belfort. Mém. Soc. belfortaine d'Emulation 1877.
36. PETRASCHECK, W. E.: Hebung — Spaltung — ? Grabenbildung im saxonischen und ost-alpinen Bereich. Geol. Rundschau, Bd. 31, 1940.
37. QUIRING, H.: Die Entstehung der Schollengebirge. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 65, 1913.
38. RÜGER, L.: Hundert Jahre geologischer Forschung am Rheintalgraben. Badische Geol. Abhandl., Jahrg. IV, 1932.
39. SCHMIDT, C. & BRAUN, L.: Die Bohrung von Buix bei Pruntrut. Beitr. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., Lfg. 10, 1924.
- 40a. SCHNEEGANS, D.: Sur l'âge des failles du Jura alsacien. C. R. sommaire des séances Soc. géol. France, p. 24, 1932.
- 40b. SCHNEEGANS, D.: Notes sur la tectonique du Jura alsacien. Bull. Serv. Carte Géol. d'Alsace et de Lorraine, T. 2, 1932.
41. SCHNARRENBERGER, C.: Sattel- und Muldenbau im Oberrheintalgraben. Geol. Rundschau, Bd. 17a, 1926.
42. STEHLIN, H. G.: Säugetierpalaeontologische Bemerkungen zu einigen neueren Publikationen von Herrn Dr. Louis Rollier. Eclogae geol. Helv., Vol. XI, 1910.
43. THÉOBALD, N.: Sur l'extension des faciès de la base du Stampien (marnes à Foraminifères et schistes à Amphisiles) dans le Haut-Rhin. C. R. sommaire séances Soc. géol. France, p. 209, 1935.
44. THÉOBALD, N. & GILLET, S.: Les sables marins de l'Oligocène du Haut-Rhin. Bull. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, t. 3, 1936.
45. THÉOBALD, N.: Les Insectes fossiles des terrains oligocènes de France. Nancy 1937.
46. WAGNER, W.: Das Unteroligocaen (Sannoisien) im Rheintalgraben unter Berücksichtigung seiner Lagerstätten. Notizbl. d. Hessischen Geol. L.-Anstalt zu Darmstadt, V. Folge, Heft 19, 1938.
47. WEBER, M.: Zum Problem der Grabenbildung. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 73, 1921.
48. WERVEKE, L. VAN: in Berichte der Direktion. Mitt. d. geol. L.-Anst. von Els.-Lothr., Vol. 4, p. CXXXVIII—CXLII, 1892.
49. WERVEKE, L. VAN: Die Entstehung des Mittelrheintales und der mittelrheinischen Gebirge. Mitt. Ges. für Erdkunde und Kolonialwesen zu Strassburg i. E., 1913.
50. WERVEKE, L. VAN: Die Tektonik des Sundgaus. Mitt. geol. L.-Anst. Elsass-Lothringen, Bd. 8, 1913.
51. WERVEKE, L. VAN: Schichtenfolge in einer Tiefbohrung bei Sierenz im Oberelsass. Mitt. Bad. geol. Landesanst., Bd. 9, p. 391—405, 1923.
52. WILSER, J. L.: Die Entwicklungsstadien des südlichen Rheintalgrabens. Neues Jahrbuch f. Min., Geol. und Pal., Beilage Bd. 62, Abt. B, 1929.

Manuskript eingegangen den 25. März 1942.

Sammelprofil durch die Bohrungen von Hirtzbach

