

SEPARAT-ABDRUCK  
AUS DEM  
NEUEN JAHRBUCH  
FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.  
Beilage-Band LXII. Abt. B.  
(S. 1—44.)

---

Die Entwicklungsstadien des südlichen Rheintal-  
grabens.

Von

J. L. Wilser, Freiburg i. Br.

Mit 1 tektonischen Karte (Seite 6).



STUTT GART 1929  
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung  
(Erwin Nägele) G. m. b. H.

## Die Entwicklungsstadien des südlichen Rheintalgrabens.

Von

**J. L. Wilser**, Freiburg i. Br.

Mit 1 tektonischen Karte (Seite 6).

Die tektonische Struktur des südlichen Teiles unseres Oberreintales ist besonders seit der Erschließung der beidseits des Rheines gelegenen Kalibecken wiederholt recht verschiedenartigen lokalen Deutungen unterworfen worden. Das Gesamtbild der oberrheinischen Lagerung ist aber nicht nur für theoretische und praktische Erwägungen lokaler Art von Bedeutung, sondern prinzipiell für den Bau Mitteleuropas.

Die Schichtenfolge klargestellt zu haben, ist das Verdienst der deutschen geologischen Landesuntersuchung im Elsaß. Aus Bohrungen ergab sich folgende Normalgliederung (s. Tabelle p. 2).

Diese 1000—2000 m messende Mergelserie, in der marin, brackisch und süß häufig sich ablösen, dünne Salz- bzw. Anhydrit- und Dolomitmergelbänke viel hundertfach wechseln, liegt auf flachem, aber gestörtem und eine normale annähernd 1000 m mächtige Sedimentserie abschließendem unterem Malm oder oberem Dogger. Das Liegendste bildet das Grundgebirge, wie es seitlich im Schwarzwald aufragt.

Der oligocänen Salzfolge sind in drei getrennten Becken Kalilager eingeschaltet.

Die Lagerung des Rheintaloligocäns hat FOERSTER 1911 nach Bohrerergebnissen nördlich von Mühlhausen im Wittelsheimer Kalibecken als ganz flachen, rheinisch streichenden Mulden- und Sattellbau aufgezeichnet, dessen Achsen zerrissen sind<sup>1</sup>.

Versucht man, zunächst unter Vernachlässigung der überaus zahlreichen kleineren und meist oberflächlichen Störungen, ein W—O-

<sup>1</sup> Quer über das ganze Rheintal legte W. WAGNER 1913 einen Schnitt, in dem zerborstene Mulden- und Sattellgliederung zum Ausdruck kommt. In KAISER's Lehrbuch 1923, 1. p. 272/73 ist diese Darstellung scheinbar zu-



Das oberelsässische (Wittelsheimer) Kalibecken wird nach N von einer (Regisheimer) Störung abgeschnitten, welche mit der bedeutsamen südschwarzwäldischen Strukturlinie in Beziehung gebracht wird, die bei Badenweiler—Müllheim ins Rheintal herauszieht (Klemmbachlinie SCHNARRENBARGER's). Seinen S-Rand hat das linksrheinische Becken auf der Breite von Mülhausen, anscheinend ebenfalls in einer Linie, die im Schwarzwald grundlegend ist, die Kandern—Wehratal W—O-Zone. Auch diese ist, wie meine weiteren Aufnahmen im südbadischen Paläozoicum ergaben, nicht nur permischen Alters, sondern reicht ebenso wie die Klemmbachlinie nachweislich in die altvariskischen Orogenesen zurück. In den oberelsässischen Erdbeben sind beide Linien bekannt. Südlich, in der elsässischen Sundgauer, auch in der badischen Markgräfler Platte, zu der das Schliengener Gebiet bis Müllheim gehört, keilen die Salze aus, und die Tertiärfolge erreicht kaum noch ein Drittel ihrer nördlichen Mächtigkeit. Ähnlich tektonisch erscheint das badische Kalilager von Buggingen begrenzt; es erstreckt sich von der Klemmbachlinie nach N bis zur Münstertal—Staufen—Möhl-Linie.

Den W-Rand des oberelsässischen Kalibeckens bilden die vogesischen Vorberge; mit dem Ostrand reicht es bis an die Westtore von Mülhausen und über Ensisheim—Meienheim nach N. Es ist also mäßig nördlich gestreckt. Bei Mülhausen ist schon längst ein Horst bekannt, auf den eine Stufe von nahezu 700 m Sprunghöhe hinaufführt. Dessen Breite mißt etwa 8 km. Nach S geht er in den Illfurter Sattel und weiter in den Rücken von Altkirch über, welchem sich im S der hochliegende Faltenjura der Pfirt aufsetzt. „Diese vorbrandenden Ketten liegen ganz zweifellos auf einem Rücken“ (STEINMANN und GRAHMANN). Südwestwärts schließen sich der Graben von Dammerkirch und der tiefliegende Elsgau an.

Der zwischen N und NNO geknickte Verlauf dieser Pfirt—Mülhausener rheinischen Hochzone entspricht durchaus dem heutigen Vogesenrand, der südlich von Sennheim bzw. südwestlich Mülhausen SSW verläuft, bei Romagny und Belfort aber in die NS-Richtung einspringt, während ein westliches Bruchbündel sich nach SW verliert, etwa parallel dem Westrand des Pfirter Jura. Auch an den übrigen seitlichen Haupträndern zeigen sich gleiche Knickungen, so im Gebweiler Bruchfeld, an der Basler Rheintal-

flexur oder südlich Freiburg oder südlich Offenburg usw. Diese Mülhauser—Altkircher—Pfirter Horstzone als eine rheinische anzusehen, steht nichts entgegen.

Bezeichnenderweise ist diese rheinische Hochzone in der Pfirt und auch weiter nördlich bereits während der oligocänen Sedimentation als Schwelle bemerkbar, im N schon für das Unteroligocän, im S besser im Mitteloligocän. Die oligocänen Buchten der Larg im W und der Ill im O legen sich an den Pfirter Rücken. Ebenso macht sich die Altkircher Schwelle oligocän durch geringere Mächtigkeiten kenntlich. Die Stratigraphie im Dammerkircher Graben unterscheidet sich grundsätzlich von derjenigen im Sierenzer Graben. Letzteren bezeichnete WERVEKE schon 1913 als Sondergebilde, „durch eine in der Richtung des Illfurter Sattels verlaufende Barre vom westlichen Meer abgeschnürt“.

Die heute durch die Mitte des südlichsten Rheintales streichende Horstzone zeigt sich also als Schwelle zwischen seitlichen Sonderbecken bereits während der oligocänen Sedimentation.

Nördlich von Mülhausen ist ebenfalls eine solche oligocäne Mittelschwelle festzustellen, denn die Kalisalze von Wittelsheim und Buggingen bezw. Münchhausen kamen in getrennten Wannern zum Absatz; dem Zwischengebiet fehlen sie. Die oligocäne Mittelschwelle hat also mit nach N fallender Achse vom Pfirter Gebiet bis gegen die Breisacher Gegend bestanden, und sie prägt sich auch heute nördlich Mülhausen als tektonisch bevorzugte Zone aus.

SCHLUMBERGER und FRIEDEL<sup>1)2)</sup> haben zwei Notizen in den

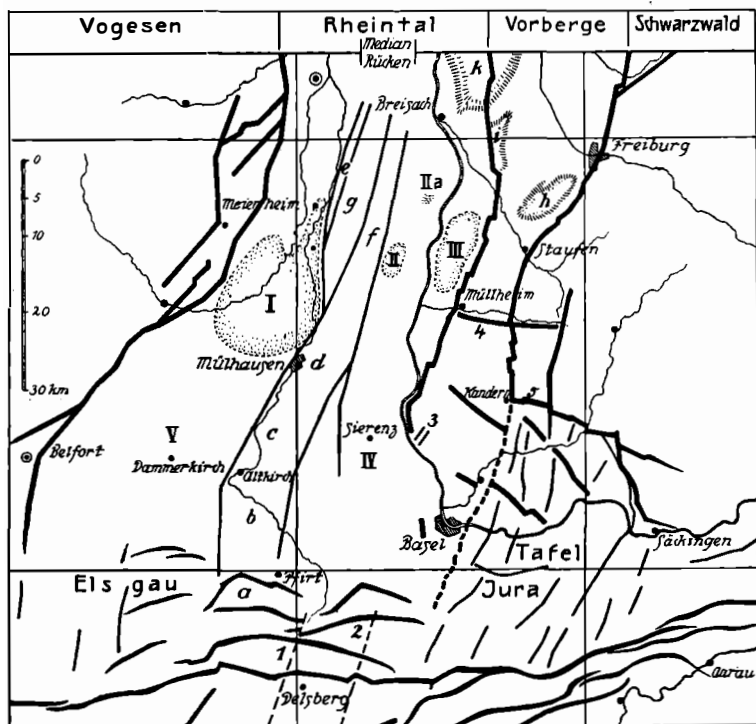
---

1. M. G. FRIEDEL: Sur l'existence d'un dôme de sel dans le bassin potassique oligocène du Haut-Rhein. (Compt. rend. des sé. de l'académie des sciences, Paris, tome 184, p. 1028, 2. Mai 1927) „... Dans cette zone du bas-fond la combinaison des résultats de sondages avec ceux d'une exploration électrique effectuée par M. SCHLUMBERGER m'a permis de reconnaître l'existence du dôme de sel de Meienheim. Sa forme est allongée Nord-18°-Est, parallèlement au bord de l'effondrement rhénan. Dans la section horizontale à la côte zéro, il a une largeur maximal de quelque 1200 m et une longueur de 8000 m. L'axe suit la rive droite de l'Ill, en aval d'Ensisheim, et passe un peu à l'est de Regisheim, de Meienheim enfin de Oberentzen où le dôme se termine. La surface du sel, qui dans le bas-fond avoisinant se tient vers 1100 m de profondeur, s'élève dans le dôme jusqu'à 180 et 150 m du

Pariser Compt. rend. des séances de l'académie des sc. veröffentlicht, worin auf Grund elektrischer Messungen und einiger Bohrungen im Oberelsaß nördlich von Mülhausen Salzdome angenommen werden. Darin erscheint in der rheinischen Richtung an Meienheim vorbei 8 km lang der FRIEDEL'sche Dom, weiter gefunden durch C. und M. SCHLUMBERGER bis westlich von Neubreisach als „Dom von Hettenschlag“. Ein paralleles Horstgebilde, der Münchhauser Horst, liegt nach freundlicher Mitteilung von Herrn Bergrat WAGNER, dem Rhein-Rhone-Kanal entlang. Zwischen beiden Hochstreifen steckt der lange, schmale, tief versenkte Keil von Hirzfelden. Das ganze komplexe Hochgebiet ist wenig breiter als der Illfurter-Mülhauser Rücken; allgemein geht es beidseits bis zu 1000 m in die Tiefe (vergl. S. 6 und Karte S. 8).

sol. L'équilibre s'établit vers cette profondeur entre l'ascension du dôme, très probablement encore active aujourd'hui, et la dissolution par les eaux issues des alluvions, dont l'épaisseur est grande (80, 100 m et plus). La saillie du dôme audessus de la couche horizontale d'où il est issu est ainsi de 900 à 950 m. A la surface, rien ne marque l'existence de cette énorme sur-rection du sel. Mais la diminution locale de la résistivité électrique, d'abord interprétée comme diminution de l'épaisseur des alluvions, est due certainement à la salure des eaux contenues dans ces alluvions et démontre la continuation actuelle du phénomène de dissolution. L'accord complet entre les résultats de l'exploration électrique, ainsi interprétés, et ceux des sondages met hors de doute l'existence du dôme et les données ci-dessus relatives à sa forme générale. — Il est intéressant de constater ici l'existence simultanée d'un dôme de sel et de la formation horizontale sédimentaire et d'âge bien défini, qui lui donne naissance.“

2. Im Norden dieses Meienheimer Domes fanden C. und M. SCHLUMBERGER (Compt. rend. des séances de l'Acad. des Sciences, Paris, t. 186, p. 445, 13 févr. 1928) auf elektrischem Wege einen zweiten Dom: „Celui-ci situé à 2 km à l'ouest du village de Hettenschlag, a été vérifié par un forage. A 10 m la sonde sortait des alluvions et entraît dans les marnes oligocènes. A 100 m elle pénétrait dans le sel, alors que le toit des couches normales de sel est vraisemblablement à plus de 1000 m de profondeur dans cette partie nord du bassin. — Le dôme de Hettenschlag se trouve sur le prolongement de la longue crête constituée par le dôme de Meienheim, dans la direction générale des failles rhénanes. . . . Le dôme de Hettenschlag se reflète en surface par une très légère ondulation de 2,50 m de relief. Son ascension se poursuit donc actuellement avec une vitesse supérieure à celle de l'usure par érosion et dissolution. Le relief de 2,50 m est à rapprocher de la surélévation d'au moins une centaine de mètres que présente la base des alluvions quaternaires à l'aplomb du dôme. Cette différence d'altitude mesure la montée du sel pendant le Quaternaire, à supposer que la dissolution souterraine n'en ait pas enlevé une partie notable pendant cette période.“



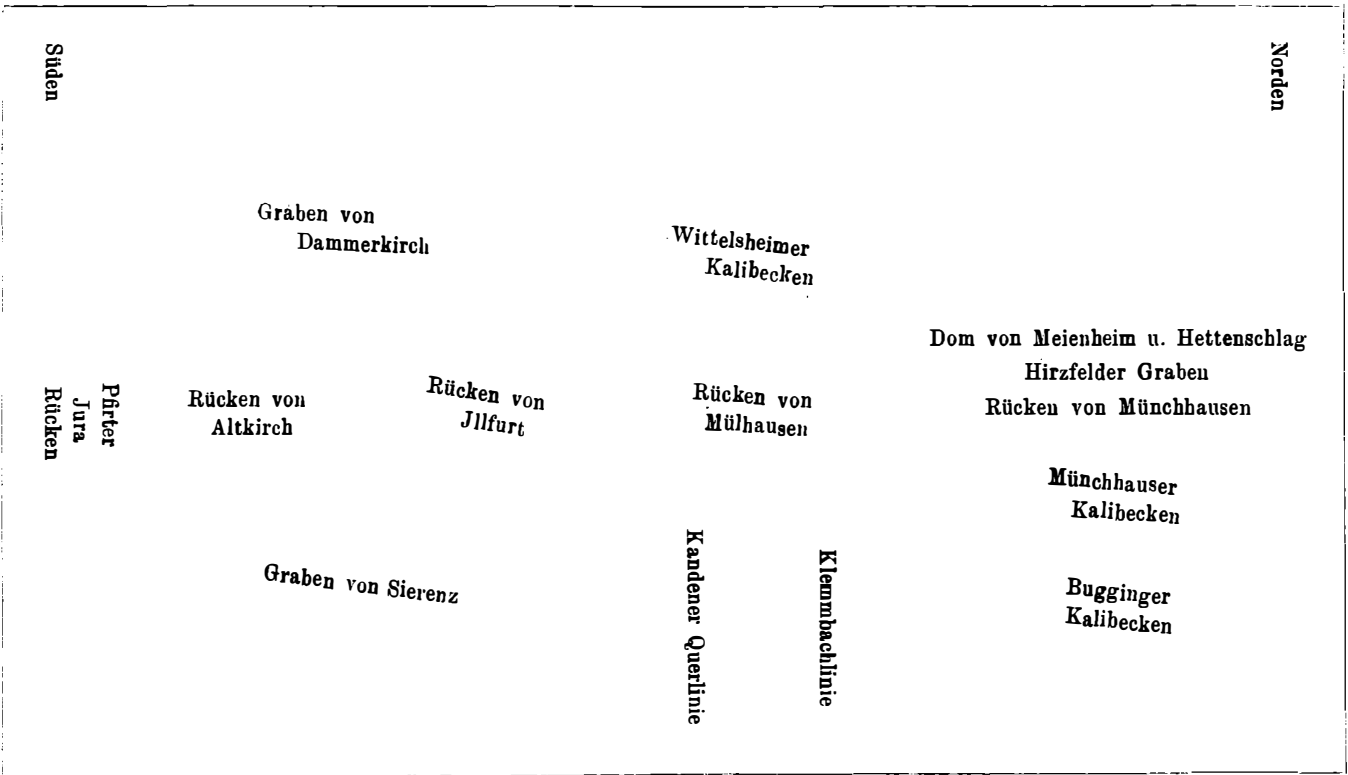
### Erläuterungen zur tektonischen Übersichtsskizze.

- I Wittelsheimer Kalibecken (oberelsäbisches)  
 II Münchhauser Kalibecken (unbauwürdig)  
 IIa neueste kalifündige Bohrung, aber unbauwürdig; wohl die rheinische Fortsetzung der Münchhauser Mulde  
 III Bugginger Kalibecken (oberbadisches)  
 IV Graben von Sierenz  
 V Graben von Dammerkirch } im Sundgau
1. Rheinische oligocäne Achse von Develier } Delsberger Becken  
 2. " " " " Vicques }  
 3. " " " " des Istein }  
 4. paläozoisch-känozoische Querachse Müllheim—Badenweiler (Klemmbachlinie)  
 5. paläozoisch-känozoische Querachse Kandern—Wehrtal
- a—e mediane Schwellen- bzw. Horstzone.
- a) Rücken der Pfirt  
 b) " von Altkirch  
 c) " von Illfurt  
 d) " von Mülhausen  
 e) „Dom“ Ensisheim—Meienheim—Hettenschlag
- f) Rücken von Münchhausen  
 g) tief versenkter Keil von Hirzfelden  
 h) Schönberg  
 i) Tuniberg  
 k) Kaiserstuhl.

Im Mülhauser Horst bilden nach FOERSTER Melanienkalk und Schichten der Versteinerungsreichen Zone die jetzige Gebirgsoberfläche unter dem Diluvium. Ebenso kommt im Illfurter und Altkircher Sattelhorst dem Salz keinerlei Anteil an der heutigen tektonischen Hochlage zu. Nördlich Mülhausen liegen in der medianen Horstzone die Schichten aber weniger herausgehoben, in der Bohrung Ensisheim III (5 km nordöstlich Mülhausen; FOERSTER 1911, p. 434) kommt z. B. die Obergrenze der Bunten Mergel nur bis rund 100 m ü. M. Man muß folgern, daß das hier tieferliegende Salz bei der Gesamtherausquetschung des medianen Horststreifens am meisten oder nur in der Nähe der randlichen Brüche gelitten hat. So werden in der Fortsetzung des Westrandes der Mülhauser Horstzone ab Ensisheim der „Dom“ FRIEDEL's und weiterhin im rheinischen Fortstreichen der „Dom“ Meienheim—Hettenschlag verständlich. Es sind die „Dome“ an die Hochzone gebunden, der sonst auch salzfreie Schichten angehören. Es darf dem Salz nicht die Alleinschuld an der Hochlage zugemessen werden. Mit Recht wird von mineralogischer Seite bei Diskussionen betont, daß dem oberrheinischen Salz ein ejektives Vorwandern durch die Wechsellagerung mit dolomitischen Mergelbänken erschwert sei, und daß auch die ehemalige maximale Tiefenlage von im Mittel 1000 m eine besondere Plastizität noch nicht erzeuge. Ferner ist zu erwägen, daß die „Domzone“ Ensisheim—Hettenschlag am Rhone-Rheinkanal durch ein paralleles Hochgebilde begleitet wird, an dem das Salz nach bisheriger Kenntnis keine bevorzugte Stellung einnimmt. Möglicherweise erscheinen aber r a n d l i c h dort ebenfalls „Dome“. Zwischen beiden Hochstreifen liegt streichend überraschend tief der lange Keil von Hirzfelden mit flachen Salzlagen. Von „Domen“ darf nur insoweit die Rede sein, als Salz bei der allgemeinen Heraushebung der medianen Horstzone an deren Randgangartig eingedrungen ist.

M. und C. SCHLUMBERGER machten für den „Dom von Hettenschlag“ wesentlich geltend, daß er sich durch eine schwache Geländewelle kenntlich zeige. „Son ascension se poursuit donc actuellement avec une vitesse supérieure à celle de l'usure par érosion et dissolution“. Nun ist wohl kein Zweifel, daß die alte Mittelschwelle und der spätere Medianhorst heute im Aufsteigen begriffen sind, aber dies geschieht auch unabhängig vom Salz. — Überraschende





morphologische Erhebungen zeigen sich auch sonst im Rheintal — altberühmt sind ja die Hügel von Mülhausen, mit tertiären Kernen ohne Salz. Das Hügelland des Sundgaues erstreckt sich, ohne Salze zu enthalten, als erhöhter Keil in SSW-Richtung zwischen Schotterfeldern bis in den Jura. Ferner sei an den Hunnenbuck erinnert, der mit Hauptrogenstein und Löß westlich Freiburg aus dem Schuttkegel der Dreisam kaum 10 m sich aufwölbt. Der Gestalt nach wäre dies ein Dom kat'exochen. Die diluviale und rezente Aufschotterung fand und findet im Rheintal ein Relief vor, das heute noch nicht völlig ausgeglichen ist, bzw. bleibt.

Wenn wir dazu kommen, die Hochlage des Tertiärs von Hettenschlag—Ensisheim und von Mülhausen über Altkirch nach der Pfirt nur zum geringsten Teil einem Salzauftrieb zuschreiben zu müssen, sondern vorwiegend einer allgemeinen zentralen, rheinisch streichenden Horstzone, dann erfordert die Gesamtgliederung des südlichen Oberrheintales eine weitere Erörterung.

Schon vor 8 Jahren habe ich in meinem Habilitationsvortrag — damals noch zur Entrüstung des einen oder anderen näheren Kollegen — auseinandergesetzt und es seither im Kolleg immer wieder getan, daß wir das Rheintal als „epikontinentale Geosynklinale“ im weiteren Sinne, als säkularen Senkungs- und Sedimentationsraum, als epirogen sinkenden Trog auffassen müssen, der nacholigocän unabhängig von der Juragebirgsbildung durch Bruchfaltung *herausgehoben* wurde. Es ist nicht nur eine „alte Senke“, sondern eine seit den variskischen Orogenesen andauernd sinkende und in der Senkung den im Mesozoicum ebenfalls tiefgehenden seitlichen Gebieten vorausseilende Großmulde, in der die Sedimentation mit der Senkung Schritt hielt. Das beweisen Mächtigkeits- und Faziesvergleiche zwischen links und rechts; besonders deutlich für Rotliegendes, Buntsandstein, Muschelkalk, Rhät, Rogenstein, unt. Malm und gar im Tertiär. Dabei ist der Vorgang im Elsaß immer ausgeprägter als in Baden<sup>1</sup>. Alle saxonischen Orogenesen dürften sich dabei episodisch in geringen Brüchen ausgewirkt haben. Inzwischen haben STILLE und BRINKMANN ebenfalls auf die epirogene Anlage hingewiesen und von rhenotyper Orogenese der Mittelmeer-Mjösen-Zone gesprochen.

<sup>1</sup> Aus der Literatur lassen sich folgende mittlere Mächtigkeiten zusammenstellen:

Dieser, zur variskischen Gebirgsbildung scheinbar renegante, tatsächlich aber posthume<sup>1</sup>, im Mesozoicum Sedimente im relativen Übermaß aufsammelnde Oberrheintaltrug geht nach dauernd schwacher mesozoischer Eintiefung im Alttertiär überraschend mächtig in die Tiefe, so daß sich im S bis 2000 m, meist marines Oligocän ansammeln. Die Auflagerung ist diskordant über präoligocänen Brüchen. In der oligocänen Absenkung entwickeln sich nachweislich Spezialundationen, mehrere Sonderschwellen und -becken. Besonders macht sich in den Sedimenten die obenerwähnte langhinstreichende Mittelschwelle vom Pfirter Gebiet über Altkirch—Mülhausen gegen Breisach geltend. Außerdem ist die südelsässische Seite schneller und tiefer gesunken als die südbadische. Schon ein Neigungswinkel von 8° würde bei der heutigen Rheintalbreite in dessen Mitte zu 2000 m Tiefe führen. Erinnern wir uns ferner daran, daß die Transgression der Foraminiferen- bzw. der Blauen Mergel, ihrer Fazies nach zu schließen, über die heutigen Rheintalränder hinübergegriffen hat, und lassen wir diese Verbreiterung nur 15 km, also z. B. von Freiburg bis Hirschsprung, also bis an die Steilstufe der Höllentalbahn reichen oder bis an den rheinischen Wehratalrand, der im Schweizer Gebiet tatsächlich oligocäne Meeresküste war, dann erbringt ein Gefälle von noch nicht 4° schon bei Freiburg, bzw. bei Basel 1000 m, in der Rheintalmitte aber 2000 m Teufe. Man trage sich die geosynklinale Rheintaleinbiegung

	Vogesen- bereich	Südelsaß	Südbaden	Schwarzwald- bereich
Buntsandstein . .	141	244	144	92
Muschelkalk . .	50	135	127	111
Keuper . . . . .	± 100	+ 153	+ 121	+ 105
Lias . . . . .	75	123	66	48
Dogger . . . . .	± 200	304	259	182
zusammen .	566	959	717	538
Tertiär . . . . .	350	1370	953	350
Summa rund	900 m	2300 m	1700 m	900 m

<sup>1</sup> Innerhalb der variskischen Vorgänge läßt sich die Rheintalzone als Scher- und Distractionsstreifen nachweisen. Die Streckung der „gepreßten Granite“ Lenzkirch—Präg—Gschwend—Belchen—Sirnitz fand ich am Rheintalrand in die S—N-Richtung eingelenkt.

maßstabgetreu, unüberhöht auf, und man wird von der Möglichkeit einer bruchlosen Verbiegung überzeugt werden. Dabei sollen Bewegungen an alten Fugen des liegenden Mesozoicums und interoligocäne „Phasen“ nicht bestritten sein: Sie könnten aber nur von ganz geringem Ausmaß gewesen sein, denn noch nirgends ließen sich bis jetzt jüngere Oligocän-schichten bruchgestört diskordant über älteren Oligocänlagen übergreifend zeigen. Von einem „staffelförmigen Absinken vom südlichen Schwarzwald nach der Dammerkircher Tiefe“ hin darf frühestens in nacholigocäner Zeit und nur in bildlichem, relativem Sinne die Rede sein. Tatsächlich sind die Streifen auch im Rheintal später nach O herausgehoben. Die Brüche sind erst bei Aufwärtsbewegungen entstanden.

Wenn das südwestliche Stück des Rheintales in der Senkung dem badischen zwar vorausgeeilt ist, so sind doch zwischen Wittelsheimer und Bugginger Seite keine entscheidenden stratigraphischen Unterschiede mehr zu verzeichnen, und in den Küstenkonglomeraten des Breisgaus fehlen die kristallinen Komponenten nicht mehr, so daß auf dieser Breite die oligocänen Vorgänge annähernd gleichmäßig waren.

Über Sondergliederung während der durch das ganze Mesozoicum fortdauernden schwachen Einsenkung ist noch nichts festgestellt; bei dem „katastrophalen“ oligocänen Niedergehen bildete sich, abgesehen von kleineren, die beschriebene Mittel-Schwelle aus, die zu seitlichen Spezialbecken führt. Unsere Kalisalze sind in spezialundatorisch getrennten Wannens abgesetzt ganz analog, wie es für die permischen Edelsalzfolgen Norddeutschlands kürzlich FULDA beschrieben hat. Die FOERSTER'sche Karte (1911) zeigt die immer größere Einengung des Wittelsheimer Beckens äußerst klar.

Zwischen ihm und dem badischen Bugginger Kalibecken schaltet sich das kleine Edelsalzvorkommen östlich von Münchhausen ein, in dem das Kali wegen geringer Mächtigkeit nicht bauwürdig ist. Sonst weiß man nichts Näheres über diese Schichtenfolge. Laut einer freundlichen Mitteilung von Herrn DEECKE hat kürzlich eine Bohrung ca. 7 km nördlich des Münchhauser Beckens ebenfalls ein geringmächtiges Kalisalzlager getroffen. Wenn diese Kalivorkommen auch ohne direkten Zusammenhang mit Buggingen

sein sollen, müssen sie doch als Rand- oder Nebengebilde eher zum rechts- als zum linksrheinischen Verband gehört haben; so wäre die ehemalige Mulde Buggingen—Münchhausen ebenso breit wie die Wittelsheimer, die im Norden ebenfalls eine Zweiteilung durch eine kalifreie Sonderschwelle zeigt. Dieser Untergliederung des Rheintaltroges in rheinisch streichende Becken und Rücken werden wir in der Oligocänsedimentation noch wiederholt begegnen, so auch im Jsteiner Klotz (vgl. p. 25).

Beide Kali-Großmulden liegen symmetrisch zu der medianen Schwelle Pfirt—Mülhausen—Meienheim, in der Kalisalze nicht gefunden wurden. Offensichtlich handelt es sich in den Hauptkalibecken um Randmulden; in solchen bzw. in Randgräben liegen die Kalischätze heute noch; aus den alten Mulden sind Gräben geworden. Diese beiderseitigen streichenden Senkungszone zwischen Erhebungstreifen sind eines der beständigsten Elemente des südlichen Rheintalbaues. Die oberoligocänen Süßwasserkalke begleiten laut BUXTORF östlich und südöstlich Basel die Rheintallexur als schmales Band und „bilden die Ausfüllung einer muldenartigen Zone“. Über dem südbadischen Melanienkalk folgen Kalke mit *Limnaeus brachygaster* und *Helix* cf. *Hombresi*, die im Sundgau fehlen. Ferner liegen im heutigen Graben von Sierenz unter dem Melanienkalk über 100 m Mergel, die westlich und östlich nicht entwickelt sind<sup>1</sup>. Alttertiäre Süßwasserkalke hat KIEFER von Kandern bis ans Nordende der Freiburger Bucht verfolgen können. Für die westliche Seite hat WERVEKE schon immer auf besonders starke Absenkung hingewiesen, die den deutlichsten Ausdruck in den alle anderen übertreffenden Tertiärmächtigkeiten des Wittelsheimer Beckens findet. Die spätere, nachweislich nacholigocäne Bruchbildung bringt die Fortbildung der alten randlichen und medianen Biegungen (Muldengräben und Sattelhorste). Auch noch heute sind solche streichenden randlichen Einmündungen aus Versumpfungen zu schließen. Zahlreiche Schwarzwaldflüsse biegen nach ihrer Einmündung in die Rheinebene nach N dem Gebirge entlang. Selbst der Rhein drängte wiederholt nach dem östlichen Talrand, so im jüngeren Diluvium erwiesen

<sup>1</sup> Die Sierenzer Bohrung zeigt deutlich die größeren Mächtigkeiten auch des Mesozoicums im Vergleich zum östlich liegenden Markgräflerland.

am Kaiserstuhl, bei Durlach und Bruchsal. Kinzig—Rench—Murg—Kraich bildeten ein Gewässer am badischen Gebirgsfuß wie der Ill am elsässischen. Der Neckar zog der Bergstraße entlang. Es wäre zu untersuchen, ob nicht der miocäne Büchelberg und Aufragungen von Altdiluvium in der Rheinpfalz ebenfalls einer medianen Horstzone angehören<sup>1</sup>. Die Grabenmitte ist, zum mindestens im S, nicht das Tiefste, sondern das H ö c h s t e.

Die im Rheintal während der Oligocänsedimentation bestehende und sich fortbildende Sondergliederung in rheinische Mulden und Sättel, von welcher letzteren der mediane der bedeutendste ist, stellt sich mit rheinischen Achsen auch im Schweizer Juragebiet ein, wo LININGER im Delsberger Becken zwei rheinisch gerichtete Schwellen fand, die in 10 km Abstand N 20° O verlaufen. „An den Schenkeln dieser Querfalten transgredieren konglomeratische Sedimente von eocänem bis mitteloligocänem Alter, deren Äquivalente im Innern der Teilbecken in Ton- und Mergelfazies ausgebildet sind. Die die Sedimentation der Tertiärschichten beeinflussende Aufwölbung der Querfalten war offenbar keine kurzfristige, sondern dauerte von Beginn der Eocänzeit bis zum Ende der Stampienzeit.“ Ferner beschrieben LEHNER und KELLER 1920 und 1921 östlich der LININGER'schen Achsen ebenfalls rheinische Querwellen in der Vorburgkette, in der Verlängerung der Basler Rheintalflöxur und in der Umgebung von Bretzwil (das ist im Tafeljura), die älter sind als der Jurafaltenwurf. Dieser wird von rheinischen Achsen wesentlich gelenkt, besonders zu Knickungen, achsialen Gefällen, zu „Kantenfalten“ und Brachyantiklinalen. Dazu treten bei oder nach der Faltung jüngere meridionale Brüche als echte Verwerfungen und als Streckungerscheidungen der Jurafaltung. Parallel den rheinischen Achsen liegen im W die westliche Pfirterfalte (Bürgerwaldkette) und die Caquerelle-Kette südwestlich Dalsberg, damit der Ostrand der Larg- und Elsgaubuchten, ferner im O, die Auslenkungen der Trogberg-Graitery- und im S Weißensteinketten. Delsberger- und Moutierbecken sind selbst seitlich rheinisch begrenzt. Ebenso rheinisch beeinflußt sind Illbucht und westliche Landskronkette. Der vor-

<sup>1</sup> Wichtige Erdbebenherde reihen sich in der Mitte des Rheintalgrabens aneinander.

geschobene Pfirter Jura liegt auf der schon in der Oligocän-Sedimentation kenntlichen Mittelschwelle des Rheintales. Jedoch ein unmittelbarer Zusammenhang aller alten rheinischen Achsen im Jura mit solchen im Rheintal selbst kann und darf nicht gesucht werden; denn es decken sich die epiro- und orogenetischen Linien sowieso nicht in jedem Falle und alle erhalten grundsätzlich eine Knickung am heutigen Nordrande der vorderen Jurawellen (Gegenstück zur Mont terrible-Flexur?), etwa auf der Breite von Pfirt oder Äsch, an welchem letzterem Ort die große östliche Rheintalflexur als solche endet; im Tafeljura biegen die prämiocänen Gräben aus der nordöstlichen mehr in die nördliche Richtung ein und es erscheint die letzte Ostwestantiklinale im Tafeljura. Die versuchte Verbindung der Vicques- und Develier-Achse des Delsberger Beckens zum Rücken von Basel und Istein ist bei N 20° O Streichen gar nicht herzustellen.

Es ergibt sich, daß im südlichen Rheintal und in dessen Ausstrahlungen ins schweizerische Juragebiet zur Oligocänzeit in rheinischer Richtung eine Spezialschwellen- und -becken-Gliederung vorhanden war. Damalige Bruchbegrenzung ist nirgends festgestellt, wohl aber überall säkulare Verbiegung. Ihr folgt spätoligocäne bzw. vormittelmiocäne rheinische Bruchbildung.

Zu der alttertiären rheinischen epirogenetischen Struktur liegt quer eine mehr oder weniger äquatorial gerichtete Gliederung, die wir heute in den Kanderner und Müllheimer Linien deutlich und schon erwähnt haben als Quergrenzen der Kalilager. Vor- und intraoligocäne mehr oder weniger O—W verlaufende Becken, Schwellen und Flexuren sind im Schweizer Jura bekannt; ebenso ordnen sich Wittelsheimer und Bugginger Becken in einer etwa variskisch orientierten Richtung nebeneinander; in der Verbindung ihrer Muldentiefsten ruht das kleine Münchhausener Becken, so daß es nicht zweifelhaft ist, daß alle drei in einer oligocänen aber rheinisch untergeteilten Quersenke zusammengehören. Die Formähnlichkeit z. B. mit dem Delsberger Becken ist überraschend. Quereinmuldung im Rheintal während der oligocänen Sedimentation haben kürzlich HAAS und HOFFMANN im Unterelsaß ebenfalls stratigraphisch nachgewiesen, und gegenwärtige variskisch orientierte Hebungs- und Senkungswellen kann ich bald folgend in einer Erörterung über die Auswirkung der Rheinkorrektion im Ober-rheintal dartun.

Für die Oligocänzeit erkennen wir also im südlichen Oberrheintal während mächtiger Sedimentation vergittert epirogenetische Undationen in rheinischer und alpider bzw. variskischer Richtung, beide Gebilde durch Spezialschwellen und -becken untergeteilt.

---

Die zur Oligocänzeit im südlichen Rheintal abgesetzten 1000 bis 2000 m Sedimente liegen heute nicht mehr in der ehemaligen Tiefe, sondern sind herausgehoben, und zwar nicht nur in dem heute hoch sichtbaren Bereich der Ränder und der erörterten Mittelschwelle, sondern der ganze Inhalt des südlichen Rheintaltroges ist hochgehoben; lediglich einige Gräben weisen noch Tiefenlagen auf, die den ursprünglichen nahekommen. Der gesamte „geosynklinale“ Inhalt des Rheintaltroges wurde nacholigocän, nachweislich vor dem Mittelmioocän unter Kompression in Bruchstreifen aufwärtsbewegt.

Während zur Oligocänzeit nach dem Rheintal hin sedimentiert wurde, setzen im Mioocän Abtragung und Transport nach W, S und SO zur Molasse ein. Diese Umkehr hat altmioocäne Heraushebung des südlichen Oberrheingebietes zur Voraussetzung. Noch heute liegt die Oligocänfolge auch innerhalb des Rheintales, also nicht nur in den Vorbergen, meist höher, als sie ursprünglich am Ende der alttertiären Sedimentationszeit gelegen hat. Schichten, die während des Oligocäns tief versenkt waren, nehmen an der Bildung der mioocänen und pliocänen Landoberflächen teil, so z. B. Melanienkalk und Bituminöse Zonen in der Rheintalmitte. Nicht ist der tertiäre Abtragungsschutt der Mioocänzeit etwa im Rheintal ausgebreitet, sondern erst im Pliocän sammeln sich, und zunächst nur vereinzelt, wieder Sedimente an. Zusammenhängende Ablagerungen finden sich über dem eingeebneten südlichen Oberrheintal-Oligocän erst wieder nahe vor und in dem Diluvium, und zwar besonders dick in den Randmulden.

In den beiderseitigen Randgebieten, in den Vorbergen der Grundgebirge, z. B. in den Konglomeraten von Rufach oder denen des Schönbergs (646 m) und auch in der versteinerungsreichen Zone des östlichen Kaiserstuhls (470 m) wurde der Aufstieg durch



spätere (nachmiocäne) weitere Hebung besonders äußerlich sichtbar. Im alten medianen Schwellengebiet gelangten unteroligocäne Süßwasserkalke, Mergel und die Bituminösen Zonen schon am Ende des Alttertiärs ins Freie und später unter dünnen Schotter-schleier. Im Wittelsheimer Becken ragen die Bunten Mergel in langen Schollen 200 m über NN auf, so daß die ehemals noch vorhandenen Blauen Mergel bis 500 m ü. M. kamen. Im Bugginger Becken erschließen die Schächte das untere Kalilager im Mittel 500 m unter Meereshöhe; darüber muß man noch mit etwa ehemaligen 700 m Bunten und Blauen Mergeln rechnen. In der Sienzer Bohrung stehen Melettaschichten 200 m über NN an; 60 m unter NN folgt schon der Jura. In der Hochzone Meienheim—Hettenschlag reicht ob. Unteroligocän ans Diluvium. Diese beliebig vermehrbaren Beispiele genügen zum Beweis, daß der Rheintalinhalt als Ganzes in nacholigocäner Zeit hochgepreßt wurde, und zwar unter Bildung von Falten und Brüchen. Im neuen Querschnitt stellen sich die alten Hauptbecken als zerbochene Mulden und Muldengräben und die alten Hauptschwellen als zerrissene Sättel und Schwellenhorste ein mit einer weitverzweigten, teils streichenden, teils schiefstehenden Zerstückelung. Es ist das vollkommene Bild einer Bruchfaltung.

FOERSTER zeichnete schon 1911 (p. 486) eine Lagerungsskizze des Gebietes nordwestlich von Mülhausen, in der rheinische Mulden und Sättel erscheinen, denen sich Längsbrüche eingliedern. „Die Längsachsen der Sättel und Mulden streichen alle von SW nach NO“ (richtiger von SSW nach NNO) „und haben sehr geringe Neigung. Das Fallen der Mulde zwischen den Sätteln 2 und 3 beträgt z. B. kaum 2°. Die stärkste Neigung findet man auf den Schenkeln der Sattelflügel, z. B. bei Wittenheim I, 10°.“ „Prüfen wir die Lagerungsverhältnisse in dem durch Bohrungen erschlossenen Gebiet unter dem Gesichtspunkt der Bruchfeldbildung, so scheint es, daß die hochgelegenen Teile mindestens ebensogut durch widersinnige Verwerfungen als durch Sattelbildung erklärt werden können. Das Wahrscheinlichste aber ist, daß beide Vorgänge ineinandergreifen.“ „Es macht den Eindruck, als ob die Schichten durch einen von SO (richtiger OSO) herkommenden Druck zusammengeschoben worden seien. Sattelbildung und Verwerfungen haben zusammengewirkt, um ein sehr kompliziertes tektonisches Gebilde zu schaffen“ (FOERSTER 1912, p. 25). Ferner

sind im freien Rheintal, im Illfurter Sattel und an anderen oberelsässischen Achsen von FOERSTER, WERVEKE, WAGNER u. a. echte Wölbungen festgestellt und widersinnige Verwerfungen überaus häufig. Dieselbe Bruchfaltung erscheint analog auf der rechten Rheinseite. An beiden Rändern, neben Vogesen und Schwarzwald, ist sie aber durch spätere (pliocäne) Vertikalbewegungen an Brüchen modifiziert, so z. B. am Bastberg oder am Schönberg etc. Es wird darauf zurückzukommen sein.

Diese nacholigocäne Bruchfaltung unter Aufwärtsbewegung — im Prinzip beidseits Randgräben, median ein gespaltener, hochaufragender Horst, alle drei Teile annähernd gleich breit und auf gleichsinniger epirogenetischer Voranlage — dieses tektonische Bild ist dasselbe, was in Mitteldeutschland durch STILLE als kongruente saxonische Faltung bekannt geworden ist. Epirogenetische Vorbildung und orogenetisches Strukturbild sind völlig dieselben, im S nur jünger und wegen der nahen Nachbarschaft zu Alpen und Jura mit deren Auswirkungen vergittert. In N wie in S ragen seitlich Grundgebirgsrahmen auf, ist der Zusammenschub mäßig, die Heraushebung einzelner Beckenstreifen aber beträchtlich und vor allem: in den Zusammenschub legt sich ein Dilatationselement.

Das Oberrheintal liegt zwischen Vogesen und Schwarzwald, wie die rheinische Tiefe am Ostrand der rheinischen Masse oder wie das Thüringer Becken zwischen Thüringer Wald und Harz oder das subhercynische Becken zwischen Harz und Flechtinger Höhenzug. Zum Grundgebirge quer verlaufen die epirogenetischen hercynischen oder rheinischen Einsenkungs- und die später orogenetischen Hebungsachsen. Die Zerstückelung erfolgte überall erst nach der Senkenbildung, und zwar anlässlich von Heraushebung. Die scheinbare Tiefenlage des südlichen Rheintaltertiärs ist lediglich vorgetäuscht durch das pliocäne, z. T. diluviale, mächtige Aufsteigen der Rahmen, ein von der Bruchfaltung völlig getrennter späterer Vorgang in der Entwicklung des Rheintals, der im Schwarzwald die alte Juraoberfläche zwischen 2000 und 2500 m gebracht hätte, das randliche Oligocän also bis 3000 m.

Mit dem oberoligocänen Süßwasserkalk endet die tertiäre Sedimentation im südlichen Rheintal. Diese Bildung scheint nur

noch randlich abgesetzt. Die folgende rheinische Bruchfaltenbildung ist durch Beziehungen zum Schweizer Tafeljura nachweislich untermiocän bzw. hocholigocän, denn sie wird von der mittelmiocänen Nagelfluh und den pliocänen Falten überlagert. Der Rheintaltrog mitsamt dem nördlichen Jura-gebiet wurde also vormittelmiocän orogen zerbrochen und herausgehoben und unterlag in der Folgezeit Einebnungen, welche gleichmäßig über Rheintal und Schwarzwald hinweggriffen. Diese Flächen wurden erst, wie sich aus Schottern und morphologischen Studien ergibt, pliocän zu Rheintal, Vorbergen und Schwarzwald zerschnitten. Es hat die spätoligocäne rheinische Faltung des Rheintalinhales nichts mit der Jurafaltung zu tun, diese folgt erst im Pliocän.

Wir müssen also in der Entwicklung des Rheintals als Stadien auseinanderhalten:

1. Variskische, Scher- und Dilatationszone mit Längs- und Querbrüchen (rheinische und  $\pm$  ostwestliche).
2. Vorauseilende mäßige mesozoische Einmündung im Rheintalbereich.
3. Voroligocäne Bruchbildung, Einebnung mit Schwarzwald.
4. Oligocäne rheinische Einsenkung, die zur Ansammlung von 1000—2000 m Sedimenten führt; mäßiges Aufsteigen des Schwarzwaldes.
5. Spätoligocäne Bruchfaltung unter Aufwärtsbewegung des Rheintaltertiärs.
6. Miocäne Abtragung und Einebnung gemeinsam mit dem Rahmen.
7. Nachmiocäne Heraushebung von Vorbergen und Schwarzwald mit geringem Rücksinken des Rheintales, mehrere Phasen.

Wie erwähnt, entspricht der spätoligocäne rheintalische Bruchfaltenbau dem Typus der kongruenten saxonischen Faltung STILLE's. Das variskisch versteifte Grundgebirge lag in annähernd 3000 m Tiefe, darüber die mäßig zerbrochene etwa 1000 m dicke Platte von Perm, Trias und Jura, ihrerseits überdeckt von 1000—2000 tertiären Mergeln, in deren unterer Hälfte zwischen Dolomitbänken Salz- und Anhydritlagen in vielhundertfachem Wechsel zwischengeschaltet sind. Bei diesem petrographischen Habitus und der vor-

orogenetischen Tiefenlage des Salzes von im Mittel nur 1 km kann den Salzlagen keine entscheidende Veranlagung zu inkongruenter, etwa zu ejektiver Faltung zugesprochen werden. Tatsächlich sind in den auffallenden medianen Horstbereich unter dem Salz liegende Schichten heute beinahe zutage ausgehend, und innerhalb des Salzes sind ejektive Gebilde, im allgemeinen von 15—30 cm Breite nur um etwa  $\frac{1}{2}$  m in die Höhe getrieben, wie dies GÖRGEY und WAGNER schon vor dem Kriege beschrieben und abgebildet haben. Spalten bis zu 2 m Breite fanden sich in Mergeln durch Faser- und körniges Salz ausgefüllt, sie stehen senkrecht zum Streichen der Schichten. Die größte aus dem elsässischen Bergbau bekannt gewordene „Aufpressungszone“, richtiger Trümmerzone, nennt WAGNER mit 20 m Breite und 150 m Länge. Die Aufwölbung deutet sich nur mit wenigen Mächtigkeitswechselln von einigen Metern an. Die FRIEDEL- und SCHLUMBERGER'schen „Salzdome“ streichen in einer der bedeutsamsten Verwerfungs zonen.

Die spätoligocäne Auffaltung des Rheintaltroges hat eine, wenn auch mäßige Annäherung der Rahmen zur Voraussetzung. Infolgedessen aber nun Überschiebungen an den heutigen Rändern suchen zu wollen, wäre vergeblich. Möglicherweise haben sich die Rahmen bei der Auffaltung des Troges etwas gesenkt; doch ganz abgesehen davon: was wir heute als Haupt-rheintalbrüche finden und in Klüften und Har-nischen messen, sind viel jüngere, pliocäne und z. T. nachpliocäne Bildungen, die mit der prä-mittelmiocänen Zusammenstauchung des Rheintaltroges nichts zu tun haben, sondern eher durch Dehnung, zweifellos durch seitliche Aufwölbung im Zusammenhang mit der Jurafaltung (Juravortiefe — Schwarzwaldhöhen — Kraichgausenke — Odenwaldhöhen), jedenfalls durch meridionale Kräfte zu diesem Bild geführt wurden und nicht durch ostwestlichen Zusammenschub. Deshalb ist auch eine Diskussion über die Stellung der Rheintalspalten (konvergent oder divergent) nach heutiger Kenntnis der Zusammenhänge und wohl schon wegen des wellenförmigen Verlaufs solcher Flächen an und für sich ganz entbehrlich. Die alte Fragestellung möchten wir trotzdem nicht vermissen, weil sie zur Klärung der tektonischen Entwicklungsgeschichte geführt hat.

Einiger Sätze bedarf noch das Auftreten ausgesprochener Zerrungserscheinungen innerhalb des rhei-

nischen Bruchfaltenbaus. Sie sind hier nichts Überraschendes, denn sie werden ebenso in den hessischen und niedersächsischen gehobenen Senken immer wieder gefunden. Überall ist die Frage, ob die Dilatation jünger oder gleichzeitig mit dem Faltenwurf entstand. Obwohl man auf dem Standpunkt stehen muß, daß Zerrungen gleichzeitig mit Faltungen entstehen können und sowohl im N als auch bei uns z. T. entstanden sind, so muß man doch wegen des jüngeren mächtigen Aufsteigens des Schwarzwälder Grundgebirges, auch wegen der Nähe der alpinen und jörischen O–W-Falten und wegen des jungen Großfaltenbaus Südwestdeutschlands überhaupt folgern, daß sich hier Dilatationen, Keilgräben und „Böschungssprünge“ noch, und zwar vorwiegend, in nachmiocäner Zeit ausgebildet haben. Horizontale und vertikale Harnische in rheinisch gestellten Ebenen und ebensolche offenen Klüfte wie auch die jung schiefgestellten Randschollen sprechen in gleichem Sinne.

Grundsätzlich können bei Aufwölbungen lokale Lockerungen sekundär nicht ausbleiben, besonders wenn einzelne Streifen vorseilen und seitliche Freiheit erhalten (z. B. Hirzfelder Graben im medianen Horst). Keinesfalls aber kann Zerrung im hocholigocänen vormittelmiocänen Rheintalbau der Grundvorgang gewesen sein, sonst wäre keine Aufwärtsbewegung mit dem rheinischen Mulden- und Sattelwurf von so grundsätzlicher Erscheinung und ebensowenig die folgende Einebnung zustande gekommen.

**Das Absinken des oligocänen Rheintaltroges und das „Aufreißen der Rheintalspalten“ sind zeitlich getrennte Vorgänge.** Wir müssen grundsätzlich unterscheiden zwischen der säkularen oligocänen Abbiegung des Beckens und seiner postoligocänen episodischen Zerstückelung unter Aufwärtsbewegung, die eine einheitliche Einebnungsfläche, einheitlich über die verschiedensten Oligocän- und Jurastufen des Rheintales und über den Schwarzwald hinweg ermöglichte. Die Herausgestaltung schließlich von durch „Hauptverwerfungen“ begrenzten Rheintalgraben, Vorbergzone und Schwarzwald ist ein dritter und jüngster tektonischer Vorgang.

Die spätoligocäne rheinische Faltung im südlichen Oberrheintal ist im Querschnitt

eine typisch saxonische mit lokalen Dilatationen bei geringem Zusammenschub und beträchtlicher vertikaler Verlagerung einzelner Streifen. Der liegende starre Jura kann an dem Bild nicht unbeteiligt sein; er wird einen bedeutenden Faltungswiderstand geboten und Schollenbildung begünstigt haben.

Die spätoligocäne Bruchfaltenstruktur des südlichen Rheintales müßte gleichartig nach N zunächst bis etwa Barr—Erstein—Offenburg zu erwarten sein; soweit standen und stehen sich links und rechts relativ hohe Rahmen gegenüber. Weiter nördlich folgt die persistente variskische Quereinmuldung Zabern—Kraichgau, in deren Streifen Dilatationen überwiegen. In Nordbaden und in der Pfalz sind noch zu wenig Bohrerergebnisse bekannt, um die Grundzüge der Lagerung schon öffentlich zu erörtern.

Zeitliche, räumliche und mechanische Gleichwertigkeit und Zusammengehörigkeit hereynisch und rheinisch gerichteter Bruchfaltung ist in Hessen, Mittel- und Norddeutschland erwiesen; der Umriß der Rahmen bestimmt in der Hauptsache Ausbildung und Richtung der neu entstehenden Achsen. Trotz des zunächst fremdartig anmutenden Streichens muß unsere südliche Bruchfaltung in den gebirgsbildenden Groß-Mechanismus der mittel- und norddeutschen saxonischen Orogenesen eingeordnet werden (vgl. p. 36). Die Verbindung zwischen N und S wird durch die hessische Senke dargestellt, wo nach GRUPE „die vortertiäre Hauptphase der Gebirgsbildung sowohl hereynisch wie rheinisch gerichtete Dislokationen als durchaus gleichwertige und gleichartige Gebilde im Gefolge hat, während die spätere, jungtertiäre Phase, die im wesentlichen als eine posthume zu der älteren anzusehen ist, vorzugsweise auf den S—N-Spalten des alten Bruchsystems sich abspielt“. Laut freundlicher Mitteilung von K. HUMMEL erzeugten die jungkimmerischen und alttertiären Vorgänge vorwiegend hereynische, die jungtertiären vorwiegend rheinische Linien. Die älteren Phasen brachten vorzugsweise Faltung, die jüngeren Dehnung. Die schmalen hessischen Schollengraben sind Gegenstücke zu den Tafeljura-graben (vgl. unten p. 27).

Zu dieser nördlich streichenden (rheinischen) spätoligocänen Faltung stehen 25 km südlich von Mülhausen quer die vor-

geschobensten Ketten des schweizerischen Faltenjura mit W—O-Erstreckung. Die dort zahlreichen vormittelmioänen rheinischen Brüche sind älter als die Jurafaltung, von dieser z. T. abgebildet, kaum einmal durch Wiederaufleben in den Kettenjura hineingreifend, sondern es folgen neue jüngere, meist als Blattverschiebungen nach. Die nachmioäne Jurafaltung hat aus der alpinen Vortiefe aufsteigend die Rheintalstruktur überfahren, läßt dabei jedoch manchenorts noch heute deren Grundbau durchschimmern. **Zwei nach Entstehung und Zugehörigkeit ganz verschiedene tektonische Körper ruhen übereinander**, wie z. B. der pliocäne Pfirter Jurabogen über der Hochzone unseres medianen Rheintalrückens Hettenschlag—Meienheim—Mülhausen—Altkirch—Pfirt. Andere rheinische Begrenzungen sind im Zusammenhang mit dem Delsberger Becken erwähnt worden.

Wiederholt ist der Versuch unternommen worden, die westschweizerische Jurarichtung SW—NO, also eine zum Rheintal **diagonale** in letzterem in ähnlichem „Jurafaltenwurf“ wiederzufinden. So hat es am ausführlichsten GRAHMANN auf Spuren STEINMANN's und WERVEKE's unternommen, SW—NO-Achsen des westlichen Pfirter Jura und des Sundgaus durchs südliche Rheintal mit der badischen Vorhügelzone in Verbindung zu bringen. Solche Versuche reichen bis in die jüngste Zeit. Bei der vorwaltenden Bedeutung der ganz Mitteleuropa durchsetzenden rheinischen Struktur muß man zum vornherein Bedenken haben, orogenetische Formen des abgescherten und oberflächlich aufgesetzten Juragebirges im weiteren Rheintalgraben und in dessen Rändern zu suchen, zumal solche Achsen diagonal zum Rheintal und selbst zur unmittelbar rückgelagerten Jurastruktur stehen, und das Rheintal niemals der alpinen Vortiefe angehört hat. Überdies sind für keines der Mulden- und Sattelstücke Verbindungsteile vom Westschweizer Jura bezw. Sundgau zum Breisgauer Rheintalrand zu **b e o b a c h t e n**. Man sieht kurze gewölbte Enden in hochliegenden Schollen, jedoch 20, ja bis 50 km Mittelteil fehlen dazwischen völlig.

Der große **Juragebirgsbogen** fügt sich deutlich alter variskischer Struktur; nur unmittelbar vor dem Rheintal und dem ihm zugehörigen Basler Tafeljura lenken die Juraketten — und zwar nur die vorderen — in die W—O-Richtung ein, die südlich des Säckinger Sporns wieder zur variskischen, nordöstlichen wird (vgl. AMSLER's

Karte in Ecl. geol. helv. Bd. XIII, Basel 1914, p. 480). Die variskische Lienheimer Linie an der Südostabdachung des Schwarzwaldes bzw. an der Grenze von Juraostende und Molasseland ist als prämiocäne Flexur tief in den rückliegenden Hochjura zu verfolgen.

Aber von dem im südlichen Rheintal vorgelagerten generellen Juraverlauf, der jung ist und „oberflächlich“, kommt man nicht zu diagonalen Rheintalachsen; selbst von beiläufigen, untergeordneten Querteilen im Jura ausgehend, verfängt man sich sofort in rheinisch (NNO) gerichteter Struktur. Es ist die Formung der Unterlage, die im Faltenjura als quere schlecht und recht durchscheint; sie ist NNO, rheinisch, gänzlich unabhängig von jüngeren Scherzonen. Über den Pfirter Jurabogen wird nachher zu sprechen sein. Seiner vermeintlichen „variskischen“ Achse parallel wurde der Illfurter Sattel mit dem Tuniberg über 40 km zu einer Zone verbunden; beide Stücke gliedern sich aber augenfällig als Parallele in den rheinisch gerichteten Bau ein. Schon WERVEKE (1913, p. 236) betonte, daß die Illfurter Achse SW—NO verlaufe, aber „etwas mehr gegen N, links der Ill, südlich Ingolshelm, nähert sie sich stark der Südnordlinie“. Dasselbe ist für die sich dem Illfurter Sattel südöstlich anlegende Mulde von Landser der Fall, deren Tiefstes FOERSTER zwischen Tagsdorf und Schlierbach errechnet hat. Ihr gehören wohl auch an die jungen Süßwasserbildungen bei Waldighofen u. a. Diese Mulde wurde mit der Senke zwischen Tuniberg und Schönberg bei Freiburg kombiniert, verimttelt durch das NW-Fallen des Juras und Tertiärs von Kleinkems am Isteiner Klotz über Müllheim bis Freiburg. Schönberg und Tuniberg sind aber anerkannt rheinische Stücke des Rheintalrandes; die Mulde von Landser liegt jenseits des Rheines und nahezu in der Mitte des Grabens. Nur durch beträchtliches Verbiegen der Achse in einem unsichtbaren 40 km langen Mittelstück und durch schräges Überschneiden der Bugginger Kalimulde wären die beiden Enden in einen Zug zusammenzubringen. Außerdem liegt, abgesehen von bedeutsamen OW-Querbrüchen, zwischen Rhein und Tuniberg an der westlichen Grenze der Vorbergzone eine tektonische Linie von über 500 m Sprunghöhe, die sich zweifellos als tektonische Grenzzone schon bei der Auffaltung des Rheintroges gezeigt hat. Im Gesamtverband sind Mulde von Landser und Mulde



von Tuni-Schönberg rheinische Stücke mit parallelen, nicht ineinander fortlaufenden Achsen. Die Mulde von Landser ist oligocän, während Tuni- und Schönberg ihren heutigen Verband erst in nachmiocäner Zeit erhalten haben. Weicht die Landserachse etwas nach NO bzw. SW ab, so ist das aus der radialen Aufsplitterung des südlichen Rheintales leicht zu verstehen, ganz abgesehen davon, daß solche Abweichungen allgemein auftreten.

Vom Pfirter Jura soll ferner eine Strukturlinie als modifizierte Sundgauachse der REGELMANN'schen Übersichtskarte in den Isteiner Klotz ziehen, wodurch das Pfirter Rückenstück in der Mitte des südwestlichen Rheintales mit dem Isteiner Sattel in der östlichen Vorbergzone zu einer tektonischen Einheit verbunden wäre. Zwischen beiden sind 23 km Rheintiefe unter Schottern verdeckt. Diese Konstruktion erfreut sich zwar allgemeiner Beliebtheit, doch offenbar im wesentlichen lediglich auf Grund einer ungenauen Darstellung in der REGELMANN'schen 1 : 600 000 Karte, wo der „cingebrochene Gewölbescheitel“ des Isteiner Sattels N 53 O streichend verzeichnet ist. In der HUG'schen Originalarbeit aber zeigen die beobachteten Grabenränder-Mittel N 35 O Streichen. Mit größerem Winkel kann man zwar eine tektonische Beziehung zur Pfirter Linie folgern, mit der wahren Streichlinie jedoch käme man bestenfalls in die Landskronachse westlich Basel. Doch helfen solche Verknüpfungen nichts weiter. Mit N 35 O aber ist rheinisches Streichen dokumentiert, wenig nur, aber wie häufig, abweichend von der „normalen“ NNO-Richtung. Zahlreiche rheinische Elemente weichen noch weiter ab und an den Schwarzwäldischen Hauptstörungen verlaufen, ganz abgesehen von den eckigen Einlenkungen, wesentliche Randstücke N 35 O. Von Lahr bis Bruchsal, also über 100 km, zieht die Hauptverwerfung N 30 O. Die meisten Tafeljuragräben halten diese Richtung ein.

Über das Streichen des Isteiner Gewölbes ist aus der HUG'schen Aufnahme nichts Eindeutiges abzulesen; es erscheint mehr nach N als nach O gerichtet<sup>1</sup> und erleidet am Hardberg und im südlichen Engetal eine Querabbiegung mit 10° Südfallen, wie in den alten und neuen Aufschlüssen leicht zu erkennen ist.

<sup>1</sup> Der heutige erosive und jung abgebrochene Westrand schneidet es schief an.

Nach N sinkt die Längsachse ganz flach ein. Keinesfalls widerspricht bis jetzt eine Beobachtung der Möglichkeit, das Isteiner Gewölbe als rheinisch aufzufassen. Es ist samt den Gräben älter als die mit 390–400 m hohe von Huttingen bis an den Kanderbach hinüberreichende Verebnungsfläche, die dem jüngeren Pliocän angehört. Nicht das Gewölbe, jedoch dessen quere Abbiegungen mögen mit älteren alpin-juraischen Gebirgsbildungsphasen in Beziehung gebracht werden. Als Hauptauswirkung der pliocänen Tektonik ist die S–N-Kluftzerspaltung anzusehen, die in ihrer Deutlichkeit und Häufigkeit alle anderen tektonischen Elemente übertönt. Der Malm, besonders in den schichtigen Abteilungen, ist am ganzen Rückenwestrand, ebenso am Hardberg in handbreite senkrechte Platten zerklüftet, wie am Bahnhof von Kleinkems, am Isteiner Klotz, in den Steinbrüchen am Hardberg zu verfolgen ist; im Engetal stehen diese rheinischen Mikroverwerfungen in meterweiten Abständen. An diesen meridionalen Klüften fand die Lostrennung und *H e r a u s h e b u n g* zum Isteiner Horst statt. Sie verläuft auch hier spitzwinklig zum älteren (spätoligocänen) Bruchfaltenbau (vgl. p. 27).

Letzterem sind zuzuschreiben die schrägen, gegen NO gerichteten Störungen. Ein Aneinanderfügen der topographischen Blätter Lörrach–Schopfheim–Weil–Wyhlen zeigt überraschend die vollkommene Identität der Isteiner und der Dinkelberg- bzw. Tafeljuragräben. Die dem Istein zunächst nachbarlichen Keupergräben von Grenzach und Bettingen streichen N 40° O. Der Klotz ist ein Sporn der Rheintalstaffelung wie das Grenzacher Horn, ersterer auf dem Vorbergrand, letzteres auf der großen Kandern–Lörracher Flexur. Gegen S biegen beide zu der variskisch-alpid-juraischen Randtiefe ab, in vielen Beziehungen einem Gegenstück zur Saar–Saalesenke.

Die Tertiärstratigraphie des Isteiner Klotz erweist laut SCHNARRENBERGER, daß dieser Rücken schon während der Oligocänzeit Hebungszone war, also wie der Pfirter, Mülhauser usw.; alle werden in den späteren orogenetischen Bewegungen besonders herausgehoben. Weder vom Pfirter Rücken, noch von denen des Delsberger Beckens kann bezweifelt werden, daß sie NNO, rheinisch gestreckt und Längselemente des Rheintaltroges sind. Nichts beweist, daß Pfirter und Isteiner Schwelle zu einer einheit-

liche n Hebungslinie gehören müßten, weder alt- noch gar jungtertiär, vielmehr sind sie ihrem wahren Streichen nach alte parallele Brudergebilde. Während die pliocänen Bewegungen dem Pfirter Rücken die Jurafalten aufsetzen, wird der Isteiner Rücken aus den pliocänen Verebnungsflächen an Brüchen zum „Vorberg“ herausgeschnitten.

Die Jurafalten der Pfirt sind jungpliocän wie der Isteiner Horst, der Isteiner Sattel aber ist vorpliocän (oligocän).

Wird der Isteiner Sattel mit Recht nach NO in die Aufwölbung Tannenkirch—Hohe Schule (Blatt Kandern) erweitert, so ist aber in diesem Gebiet die Sattelung in den Tertiärsedimenten stratigraphisch nicht wiederzufinden (laut Erläuterungen zu Blatt Kandern, p. 113), also im Gegensatz zum Istein nur nach der oligocänen Sedimentation erfolgt. Die südöstlich sich anschließende Eimeldinger—Kandener Mulde dürfte ebenfalls erst spätoligocän sein; sie streicht ähnlich wie der Isteiner Rücken, N 30 O. Eine Verbindung nach Wolschweiler (zwischen Blauen- und Pfirter Kette) besteht in natura nicht.

Wir können im Isteiner Gewölbe nichts anderes erkennen als einen rheinischen Sattel, dessen Achse nach S, flacher nach N einsinkt. Nach der Auffassung SCHNARRENBERGER's zieht es nach N in Blatt Kandern hinein, wozu betont werden muß, daß auf der Lagerungsskizze zu Blatt Kandern von Tannenkirch über Feuerbach nach Oberegggen eine deutliche Achsenangliederung an die gewohnte rheinische NNO-Richtung festzustellen ist. Dasselbe trifft für die westliche Mulde Bamlach—Liel—Feldberg des Blattes Kandern zu.

Ein gering spitzwinkliger Schnitt zwischen diesem rheinischen Vorbergfaltenbau und den „Hauptrheintalstörungen“ ist fast Allgemeinerscheinung. Die heutigen sog. Hauptrheintalstörungen sind nur Fäden eines Bündels, in den Karten als die Projektion eines momentanen und veränderlichen morphologischen Anschnittes auftretend und die kartenmäßige Lage bei schräg einfallenden Flächen vom Stande der Erosion abhängig. Vor allem aber: nach den Einebnungsflächen am Rheintalrand und im Schwarzwald zu schließen, ist die Herausbildung der großen Randstörungen jünger als der Faltenbau des Rheintales und

dessen Einebnung, also lokales schräges Überschneiden nicht überraschend. Beide Bildungen sind zeitlich und mechanisch völlig verschieden. Ein spitzwinkliges Aufeinandertreffen bzw. Überschneiden der jüngeren „Hauptdislokationen“ mit der spätoligocänen Struktur ist ganz allgemein die Regel, wo die pliocänen Brüche von der NNO-Richtung abweichen, wie z. B. auffällig in der westlichen Bruchbegrenzung von Tuniberg- und Schönbergmulde, am Isteiner Sporn und a. a. O. zu sehen ist. Im Pechelbronner Bruchfeld, wo die jungen „Hauptdislokationen“ NO streichen, konnte HOEHNE ebenfalls ein älteres NNO-System unterscheiden. Ferner stehen die vormittelmiocänen rheinischen Gräben des nördlichen Schweizer Tafeljura zum großen Teil spitzwinklig auf der heutigen Haupthebungslinie Basel—Äsch. Sie sind gleichorientiert, wie der Isteiner Sattleinbruch, und sind nachweislich prämiocän, älter als die Jurafaltung, wie der Isteiner Rücken. Auch die pliocänen Juraharnische stehen nach MÜLLERRIED spitzwinklig zu den Tafeljura-Grabenwänden.

Es erhebt sich die Frage, ob nicht auch die rheinischen Tafeljura-gräben einem spätoligocänen rheinisch-streichenden Faltenwurf entstammen. Die analoge Keilgrabenbildung im Elsgau vermittelt zwischen W und O. Der Schwarm der Tafeljura-gräben geht aus gleichen Gebilden der Wiesentaltafel heraus und diese ist ebenfalls ein Stück hochgehobenes Rheintal, wie der westliche Tafeljura selbst. In letzterem gibt es Gräben mit versenktem Oligocän zwischen Malm. Allerdings war dieser östliche Streifen von geringmächtigerem Oligocän bedeckt. Jedenfalls wurden sowohl Rheintal wie Tafeljura nacholigocän herausgehoben und abgetragen. Beide Gebiete unterliegen demselben Mechanismus, der, wenn auch quantitativ verschieden, so doch qualitativ dieselben tektonischen Formen erzeugt. Die Cloos'sche Untersuchung des Schweizerischen Tafeljura hat schon 1910 gezeigt, daß die Gräben als oberflächliche Keile in einem breiten, flachen, NNO—SSW streichenden Gewölbe liegen. Dasselbe stellte BUBNOFF 1912 für die Dinkelberggräben fest und betonte überdies mit Wort und Zeichnung eine gleichstreichende (NNO) schwache, aber regelmäßige Wellung im ganzen Gebiet. Gleichsinnige Sonderaufwölbungen sowohl epiro- wie orogenetisch fand LEHNER 1920 bei Reigoldswil

von transgredierendem Chattien bedeckt, und LININGER dachte 1926 ebenfalls an schwache rheinische prämiocäne Faltung im Tafeljura. Anschaulich schreibt HEIM in seiner Geologie der Schweiz, p. 559: „Der Eindruck bleibt überwältigend, daß die meisten der Brüche mit Flexur begonnen haben und die Verwerfung eine durch Übertreibung zerrissene Flexur ist; das Schichtwerk der Erdkruste bog, bevor es riß — ein Verhältnis ganz analog den Beziehungen in der Reihe von der Falte zur Faltenverwerfung.“ Und eine weitere wesentliche Tatsache: Fast allen Tafeljura- und Dinkelberggräben sind antiklinale Bau, Kompressionsverbiegungen in O—W-Richtung gemeinsam.

Es kann kaum ein Zweifel bestehen bleiben, daß rheinische Aufsattelung, Bruchfaltung mit z. T. gestaffelten Brüchen ebenso vorliegt, wie sie enger gebogen im Rheintal selbst vorhanden ist. Beiden Gebieten ist in dieser Faltung Kompression und Dilatation gemeinsam. Beide sind durch Zersprünge gelockerte Faltungsgebilde. Die spätoligocäne Bruchfaltung des Rheintales erzeugte in der östlichen relativ höheren und steiferen Juratafel im wesentlichen ein breites, flaches, rheinisches Gewölbe mit zahlreichen Anzeichen gleichgesinnter engspanniger Verbiegungen, in denen Dilatationsgräben an klaffenden Rissen bei der geringen Hangendbelastung und infolge der Höhenlage durchaus verständlich sind. Tafel und Gräben sind ein Teil des Rheintalorogens; sie enden an der Wehratal-Säckinger Linie. Im Rheintal selbst aber bildet sich aus den mächtigen jungen Sedimenten der oligocänen Senkungszeit ein engeres, aufwärts stark ausweichendes Faltengebilde. Tafeljurastruktur dürfte sich damals auch über das Deckgebirge des heutigen westlichen Schwarzwaldes erstreckt haben.

Die spätoligocänen N—S-Brüche haben gleichgerichtete, epirogenetische Verbiegungen als Vorläufer. Das ist eine wichtige Tatsache, welche gegen die Entstehung der Tafeljura-gräben als Jurafaltungsabkömmlinge spricht. Andere Ableitung der Gräben verlangen ferner:

1. ihre Begrenzung durch die Rheintallinien gemeinsam mit dem Wiesentalplateau. Die Tafeljura-gräben reichen ebensoweit wie die marine Oligocänbedeckung. Im Fricktäler und Aargauer Jura fehlen beide, also östlich der nach S

verlängerten Wehratallinie. Die Tafeljuragräben liegen im Rheintal;

2. ihr Vorhandensein nicht nur innerhalb des südlichen Rheintalgrabens, sondern analog im N, in Hessen;
3. ihr spätoligocänes Alter; der Jura ist pliocän. Wenn dieser zeitliche Unterschied belanglos sein soll, so bleibt immerhin zu bedenken, daß zwischen „Tafeljuragebiet“ und Alpen oligocän und miocän die breite alpine Vortiefe lag, welche „Tafeljura-“ und Alpengebiet trennte.
4. Die pliocäne Jurafaltung reaktiviert die Gräben bezw. ihre Hauptstörung kaum einmal, sondern bildet im eigenen Schubkörper eigene Scherzonen und Streckflächen aus. Soweit auf den älteren Tafeljurasprüngen horizontale Gleitspuren auftreten, stehen sie s'c h i e f zum Streichen der Grabenspalten.
5. Nirgendwo liegt vor den alpinen Bögen eine Tafeljura-grabenstruktur; z. B. vor dem Karpathenbogen ist trotz gleichen Voraussetzungen nichts derartiges zustande gekommen.
6. Rückstau am Schwarzwald war noch kaum wirksam; dieser war altmiocän noch gar nicht vorhanden, sein entscheidendes Aufsteigen ist postmiocän; im übrigen sind es die stufenartig nach S gerichteten Knicke des tieferen Untergrundes, die den Kettenjura stauen (HEIM, AMSLER) und diese reichen weit in den französischen Jura nach W hinüber und nach S ins Hauensteingebiet.
7. Das Rheintal bot den Tafeljuragräben nur in untergeordnetem Maße Ausweichmöglichkeit, denn es war spätoligocän-prämittelmiocän selbst h o c h s t e i g e n d e s Gebiet. Es kann keinen „Zug nach unten ausgeübt“ haben.
8. Gräben und Horste zeigen eine deutliche O—W-Wellung, also Kompression.
9. Die Brüche gehen in Flexuren über, so daß dann im ganzen ein flacher rheinischer prämiocäner Faltenwurf erscheint.
10. Die nachmiocäne Jurafaltung erzeugte auch im Tafeljura O—W-Antiklinalen.

Ich finde keine Möglichkeit, die Tafeljuragräben weder als „Fiederspalten“ noch als „Interferenzerscheinung zwischen dem Einbruch des Rheintalgrabens (inklusive Dinkelberges) und einem

zur Oligocänzeit wirksamen Druck alpinen Ursprungs“ auszu-  
legen.

Die Tafeljura gräben gehören nach Entstehung und Form zur spätoligocänen Rheintalstruktur, ebenso wie der bisher als alpinjurassisch aufgefaßte „diagonale“ Mulden- und Sattelbau des südlichen Rheintals.

Die prämiocäne Orogenese erzeugte im Rheintal und im Rheintaljura — wozu der Tafeljura gehört — mit Heraushebung verbundene Bruchfaltung. Im Aargauer Jura, stratigraphisch und tektonisch außerhalb (östlich) des Rheintalbereiches, liegen nur variskische bzw. alpine Längsstrukturen.

Es ordnen sich damit südliches Rheintal, Dinkelberg und Tafeljura nebst rheintälischem Faltenjuragebiet zwanglos in einen einheitlichen Mechanismus vor-miöcäner rheinischer Bruchfaltenbildung und postmiöcän nachfolgender Jurafaltung mit **W O - A c h s e n** und Hebungen im Vorland. Die dabei entstehende Vergitterung bildete sich entsprechend der bereits bestehenden Gliederung in tektonische Sonderteile in diesen unterschiedlich aus. Aber allen Beobachtungen und Erwägungen nach müssen wir das Bestehen eines enggliederigen, das südliche Rheintal **d i a g o n a l** querenden, gar bis Freiburg reichenden, und demnach zu allen Hauptelementen schiefstehenden Jura-Faltenbaues bestreiten und **N O**-gerichtete Mulden und Sättel, wenn auch mit Auslenkungen, so doch nur rheinischen Verbandes, älter und nicht als „Jura-faltenwurf“ feststellen.

Damit ich nicht mißverstanden werde: Zweifellos ist das Rheintal eine meridionale Scherzone (vgl. p. 34) mit meridionalen Drucken. An ihr haben sich die mesozoische und alttertiäre Absenkung, dann die „rhenotype“ Auffaltung und schließlich die Heraushebung des Schwarzwaldes mit Dilatationen vollzogen, alles dies ersten Anfangs bedingt durch dauernden, zeitweise gesteigerten meridionalen Druck. Überwältigt aber wird diese Tendenz episodisch im Spätoligocän durch äquatorial sich auswirkende orogenetische Kräfte, welche den Trog nebst den seitlichen heutigen Tafelrändern auffalten, diese — wenn auch oberflächlicher — so doch in die Bruchfaltung einbeziehen.

Dem vermeintlichen „SW—NO-Jurafaltenwurf“ des südlichen Rheintales wurde kürzlich nördlich der Klemmbachlinie ein SO—NW gerichteter, also hercynischer, an die Seite gestellt, dessen Achsen in der Laufen—Bugginger Mulde, im Krozinger und Schönberg-Sattel, am Lorettberg, im Dreisamgebiet und bei Zähringen gesehen werden. Die wichtigste ist die Laufener Muldenlinie, welche ins Bugginger Kalibecken führt und zuletzt von KIEFER in ähnlicher Lage, aber als jünger wie die Oligocänsedimentation festgestellt wurde. Diese quere Einmuldung kann also auch durch jüngere Verklemmung zwischen größeren Querstörungen und Schleppung an den Grabenrändern erklärt werden, wodurch vor allem die Höhenlage der alten Horizonte im O zustandekommt. „Die Verebnungsfläche der Vorbergzone zwischen Heitersheim und Müllheim scheint die Einmuldung in aller Konformität mitzumachen“ (Erläuterungen zu Blatt Kandern). Den hercynischen Schönbergsattel konnte KIEFER weder in den Sedimenten noch in deren Lagerung wiederfinden und völlig Sattel- und Muldenbau vom Lorettberg, Freiburger Stadtbezirk und von Zähringen, alle im Buntsandstein nahe über dem Grundgebirge, und erstaunlich eng, dürften reiner Schollenbau sein. Wie sollte ein so spanniger Faltenwurf quer zur rheinischen Struktur im schwerbeweglichen Buntsandstein zustandekommen; auch das nahe unterliegende Grundgebirge müßte diese Verbiegung mitmachen. Glatte Abscherung kann wegen der verschiedenen Sedimentmächtigkeiten der Perm-Trias und wegen der unterschiedlichen absoluten Höhenlagen keinesfalls in Frage kommen.

Quere Verbiegungen der Vorbergsflächen, Schrägstellungen und Absetzen an Querlinien sind ganz allgemein zu erkennen. Man beachte z. B. bei Station Müllheim an der „Klemmbachlinie“ das abgesetzte Hochsteigen der Vorberge um 40 m über den Heitersheim—Müllheimer Streifen und dann das sachte Aufsteigen zum oben erwähnten weiten Isteiner Plateau, in das die Täler bis 140 m tief eingeschnitten sind. Es kann diese Erscheinung aber nicht als „Mulden- und Sattelbau“ bezeichnet werden, weder südlich noch nördlich der Klemmbachlinie<sup>1</sup>.

Der hercynische „Mulden- und Sattelbau“ im Rheintal nördlich der Klemmbachlinie ist

<sup>1</sup> Über die Verebnungsflächen am badischen Rheintalrand ist ein besonderer Aufsatz in Vorbereitung.



kein plikatives Juraelement, sondern gehört zur ältesten Grundstruktur, die bei Heraushebung von Vorbergen und Grundgebirge wieder auftaucht. Die hercynischen Achsen fehlen auch südlich der Klemmbachlinie nicht; sie sind im Blatt Kandern zu finden und den großen hercynen Dinkelberggraben sehen wir die Rheintalflexur überschreiten und in den Vorbergen als hercynische Mulde weiterziehen. Mit den noch andauernden Bewegungen des Schwarzwaldes erscheinen die jüngsten Erschütterungen an diesen uralten hercynischen Linien. Auf sie wird p. 35 noch zurückzukommen sein.

Durch Eingliederung einerseits der queren Mulden und Sättel südlich der Klemmbachlinie in die allgemeine rheinische prämiocäne Bruchfaltenstruktur, andererseits der hercynischen „Mulden und Sättel“ nördlich der Klemmbachlinie in die jungen Blockbewegungen im Zusammenhange mit dem Aufsteigen von Vorbergen und Schwarzwald, ist der mechanisch sonst unverständliche Gegensatz der beiden Nachbargebiete beseitigt. In beiden vollzogen sich gleiche alte rheinische Längs- und junge alpid-juraische (-schwarzwäldische) Querbewegungen, nicht aber durchs Tertiär anhaltende und in der Klemmbachlinie gegeneinander abstoßende variskische (im S) und hercynische (im N) Mulden- und Sattelbildung.

Obgleich wir plikativen diagonalen Mulden- und Sattelbau im südlichen Rheintal verneinen und jüngere Blockstruktur über älteren rheinischen Falten sehen müssen, kommt trotzdem der Jurafaltung bzw.  $S \leftrightarrow N$ -Druck ein beträchtlicher Anteil an der Rheintalgestaltung zu, ja, sie hat dem Gebiet, abgesehen von der Uranlage, den heute so auffallenden Bau, die gewaltigen Reliefunterschiede erst ermöglicht. Kein Mulden- und Sattelwurf kleinen Maßstabes kann sich in dem alttertiär versteiften Rheintal mehr entwickeln, sondern Brüche werden lebendig, an denen sich die letzten Auswirkungen der querstehenden Alpen-Jura-SN-Tektonik in überraschendem Ausmaße vollziehen. Diese Bewegungen sind nachmiocänen Alters und durchschneiden noch die präpliocänen und pliocänen Einebnungsflächen. Die neuen, heutigen Randlinien fallen mit den älteren nicht ganz zusammen.

Im Juragebirge, z. T. ehemalige miocäne, alpine Vortiefe, kommt es zu normalem, bekanntem Faltenbau, der sich den älteren rheinischen Elementen z. T. anpaßt; aber auch jüngere meridionale Brüche entstehen, die fast nie auf Posthumität, fast immer aber auf junge Scherbewegungen, oder auf neue vertikale Ausgleiche zurückgeführt werden können. Über die im Süden bescheidene rheinische Bruchstruktur legen sich die Falten und Schuppen der ausklingenden Alpenbildung.

Anders im Rheintal — zu ihm gehören Tafeljura<sup>1</sup> und Dinkelberg —, wo die spätoligocäne orogenetische Versteifung eingepprägter war oder wo seitlich in Vogesen und im östlichen Schwarzwald schon Grundgebirge neben den rheinischen Falten lag; da erlahmt der durch tieferen Stufenbau schon geschwächte quere Faltenschub; Schollentektonik löste ihn ab; Quer- und Längsbrüche leben wieder auf. Die miocäne Verebnung wird zerrissen. TREFZGER hat gezeigt, wie aus dem Jura in das Wiesentalplateau ostwestliche Biegungs- und dann Bruchstufen hinaufführen. Der Südrand des Isteiner Rückens wird W—O-streichend nach S abgelenkt. Die Klemmbachlinie ist jung wieder mobil, ebenso der Kanderner Bruch und andere. RÖHRER hat jungen S—N-Druck über den Schwarzwald weg verfolgt. MÜLLERRIED hat gleiches im deutsch-schweizerischen Grenzgebiet nachgewiesen und betont, daß die horizontalen rheinischen Harnische zur jungen Jurafaltung gehören und auf einem älteren, oligocänen Bruchnetz liegen. „Die Richtung und besonders die Ausbildung der Harnischsysteme deckt sich nicht völlig mit der der Klüftungssysteme.“ S—N-Harnische sind in der Freiburger Gegend wie auch sonst häufig, und klaffende, bzw. mit Fasersalz ausgefüllte S—N-Spalten hat WAGNER neben ostwestlichen im Elsäßer Salzbergbau gefunden. Am Schwarzwaldrande kenne ich im Grundgebirge Klüfte mit Kalkspathäuten belegt, denen horizontale Harnische aufgeprägt sind. Ganz junge Querbewegungen sind an hochliegenden Schollen in den Vorbergen häufig zu finden.

Die orogenetische Hochspannung, die im Juragebirge den musterhaften Faltenbau erzeugte, belebte im Rheintal- und in

<sup>1</sup> Die in den Allschwiler Bohrungen westlich Basel gefundene Verwerfung von über 500 m Sprunghöhe muß meines Erachtens nach N der rheinischen Vorberggrenze angeschlossen werden. Sie überschreitet am Isteiner Klotz den Rhein (cf. WILSER, 1929).

dessen Randgebieten in der Hauptsache die uralten Vertikalbewegungen nunmehr paroxystisch. Eine Vergitterung spätoligocänen rheinischen Faltenbaus und pliocäner Schollenbewegungen sind klar auseinanderzuhalten. Die entscheidende Differenzierung, morphologisch und zum allergrößten Teil tektonisch, in Horst und Graben kommt erst im Pliocän, veranlaßt durch meridionale Druckkräfte, die mit der Schwarzwaldheraushebung Scherungen und „Fiederspalten“ im Gefolge haben. Im Druckkörper des Oberrheintalgebietes stellen sich bildgetreu die S—N-Klüftung und die dazu schrägen SW—NO- und SO—NW- (MOHR'schen) Komponenten ein, meist als Reaktivierung älterer Bewegungslinien.

Die Bildung des Oberrheintales ist durch WERVEKE immer schon auf „alpinen S—N-Druck“ zurückgeführt worden, eine Erklärung, der zum größeren Teil beizustimmen ist, die aber zeitlich strukturell und regional differenziert gehört. Den heutigen Rheintalgraben bzw. Schwarzwaldhorst haben die pliocänen Vorgänge gestaltet, das Rheintal dabei nur wenig abgesenkt; dessen Senkungszeit ist oligocän. Spätoligocän folgt Hebung in das Niveau des „Schwarzwaldes“. Die heutige Lagerung ist erst durch nachmiocäne beträchtliche ruckweise Emporhebungen der Vorberge und des Schwarzwaldes im Bereich älterer orogenetischer Linien hervorgerufen, was Einebnungs- bzw. Rand- und Talstufen klarmachen. Der Rheintalgraben ist erst seit dem Pliocän vorhanden. Der Großverband, gleichsam die Textur, entstammt alpinen, meridionalen Kräften, der Kleinverband aber rheinischem Sattel- und Mulden- bzw. Kleingrabenbau.

Alle diese Vorgänge äußern sich im Oberrheingebiet besonders auffallend, lediglich weil hier ein Stück einer tektonischen Großzone allererster Ordnung von altersher den Globus durchzieht und in dieser während des Tertiärs im unmittelbaren Vorland der alpinen Bewegungen eine besondere Mobilität vorhanden war. Die Rheintalzone wird von den alpinen und saxonischen Kräften benützt, nicht geschaffen.

Dauerhaft sind ferner weitspannige Wölbungen, die Undationen Nordschweiz—Schwarzwald—Kraichgau—Odenwald,

wie sie ähnlich schon während des übrigen Tertiärs und auch während des Mesozoicums nachweisbar sind und weit nach N reichen. Diesen weitspannigen „Faltenwurf“ im heutigen Rheintal selbst erweisen Beobachtungen an der Auswirkung der großen Rheintal-korrektion Basel—Mainz. Verbunden mit diesen säkularen Vorgängen (auf alter variskischer Anlage) tieft sich der Rheintalstreifen ein, bzw. hebt sich das Schwarzwaldgebiet, beide in wechselndem Rhythmus. Episodische Vorgänge mit Hebungen brachten das Spätoligocän dem Rheintal und das Pliocän dem Schwarzwald einschließlich den Vorbergen.

Mit der großen meridionalen Aufwölbung des Schwarzwaldes müssen dessen hercynische Gräben in Verbindung gebracht werden. Heute noch finden in diesen Streifen die hauptsächlichsten Erschütterungen des Grundgebirges statt. Nur der Bonndorfer Graben reicht weit nach O, in den Bodensee hinein, dort noch durch junge Bewegungen der alpinen Vortiefe lebendig. Die posthunen spätoligocänen und diluvialen hercynischen Linien des Schwarzwaldes sind nicht äquivalent den großen hercynischen Brüchen des übrigen Deutschlands, an denen junge Raumverengung stattgefunden hat, wie an den KARPINSKY'schen Linien in Osteuropa. Darin ist v. BUBNOFF beizustimmen, aber wohl mit einer zeitlichen Einschränkung: in junger Zeit hat sich an ihnen im Schwarzwald Dehnungsausgleich vollzogen, früher kann es anders gewesen sein. Meine südschwarzwälder Kartierungsarbeiten ergaben südgerichtete Schuppung nicht nur an der bekannten Badenweiler—Schönauer Zone, sondern auch an zwei weiteren, ähnlich orientierten Streifen.

Die Aufwölbung des Grundgebirges erzeugt Dehnung im Schwarzwaldrücken, Dehnung zweifellos an den Randbrüchen, und sie kann im Rheintal selbst nicht ausbleiben. In diesem Zusammenhang dürften zahlreiche der „oberflächlichen“ Brüche zu bringen sein, die in den Bohrprofilen erscheinen und anstehend bis in die jüngste Zeit hinein festgestellt werden; dahin mag die Mehrzahl der Keilgräben gehören, die wie an Böschungssprüngen nachgesackt erscheinen und bei denen so häufig vertikale Harnische zu finden sind. In diese Dilatationszeit sind ferner die junge, wenn auch geringe Einsenkung des Rheintales und das Neuaufleben der streichenden Randmulden zu zählen, am augen-

fälligsten die Zonen mit den überraschend großen Diluvialmächtigkeiten, die Hunderte von Metern erreichen können und die distraktive Zerteilung aus der prä- in die inter- und postdiluviale Zeit weiterführen.

In den mitteldeutschen saxonischen Bruchfaltengebieten treten Faltungs- und Zerrungserscheinungen ebenfalls nebeneinander auf, dort nach STILLE beide Tendenzen gleichzeitig. In einer die seitlichen Rahmen übertreffenden Höhenlage des zusammengeschobenen Troges und im Faltungswiderstand des starreren, nahe unterliegenden Grundgebirges wird die mechanische Erklärung des scheinbar widersinnigen Verhaltens gesucht. Diese Auslegung mag auch im südlichen Rheintal zutreffen; da aber für gleichalterige Entstehung aller Brüche keine Beweise beizubringen sind, viel eher für Verschiedenalterigkeit, und weil das Einfallen der Verwerfungen nichts entscheidet, andererseits aber aus der Gesamttektonik und aus Harnischen auf gesteigerten jüngeren meridional gerichteten Druck geschlossen werden muß, so können hier im S die Zerrungserscheinungen z. T. als der Kompression folgend, also als postmiocän ausgelegt werden. Dazu dürften zahlreiche der widersinnigen Brüche gehören.

---

Abgesehen von der zeitlichen Aufteilung der tektonischen Vorgänge im südlichen Rheintal ergeben sich zwei aufeinander senkrecht stehende Raumverengerungen, Vergitterungen eines älteren äquatorialen und eines jüngeren meridionalen (juraisch-alpinen) Zusammenschubes, beide mit Dilatationserscheinungen in Spezialgebieten. Das wesentliche Ergebnis des älteren Vorganges ist meridionale Bruchfaltung des tertiären Rheintalinhaltens und dessen Heraushebung auf das Niveau der östlichen Schwelle; das Ergebnis der jüngeren Raumverengung ist weitspannige, äquatoriale Verbiegung unter Belbung alter Bruchzonen, die zur Differenzierung von Rheintalgraben, Vorbergen und Schwarzwaldhorst führt, in allen drei Streifen mit speziellen Schollenbewegungen, die im Schwarzwald die hercynischen Gräben wiedererwecken.

Die ältere O—W-faltende Einengung mutet zunächst fremdartig an; doch sehen wir auf Grund (mindestens variskischer) Voranlage einen langen rheinischen N—S-Trog seit dem Zechstein epirogenetisch in Ausbildung, die rheinisch begrenzten Rahmen kommen

immer deutlicher zur Geltung, je tiefer das Feld zwischen ihnen sinkt. So wird dessen spätere Faltungsrichtung eingengt und vorbestimmt.

Im Großverband ordnet sich das Rheintal in die jüngere saxonische Faltung Mitteleuropas ein, deren Einzelverlauf in Becken- und Faltungsachsen durchaus individuell ist, in der Gesamterscheinung aber eine generelle Einengung von NO nach SW bzw. S erzielt. Dabei schreiten die Hauptphasen der saxonischen Gebirgsbildung von N nach S vor. Gewöhnen wir uns daran, Mitteleuropa weniger als aktiven Raum tektonischer Vorgänge zu sehen, vielmehr als passiven, als labilen Schelf des skandinavisch-russisch-sibirischen Schildes, als variskisch diesem angefügt, aber verhältnismäßig deformierbar bleibend. Wo wir in letzterem und besonders in Osteuropa, die jungen Sonderbecken und -zonen in Aufschuppung und Auffaltung nach SW und W (wenn auch mit Ausweichbewegungen) finden, stoßen wir auf die hercynischen Brüche mit ihrer vorwiegenden SW-Schuppung und die hercynischen und rheinischen Falten der saxonischen Orogenesen, die zwar variables Alter und variable Stellungen einnehmen können, je nach Herausformung der älteren Umrißlinien, die aber äußerlich immer Druck aus NO erkennen lassen. Die Göttinger Schule argumentierte bei tektonischen Studien an niederhessischen Gräben: „Wenn die rheinischen und hercynischen Grabenzonen nicht allein zeitlich, sondern auch genetisch eine untrennbare Einheit bilden, so können seitliche Druckkräfte, wie sie für die Tektonik der hercynischen Gräben so maßgebend sind, für die Entstehung der rheinischen nicht ohne Bedeutung sein“ (E. SCHROEDER). Seitliche Kräfte haben die spätligocäne Faltung und Hochbewegung auch des Rheintales erzeugt.

Entsprechend der größeren Labilität ist der mitteleuropäische Schelf stärker gefaltet, als der osteuropäische. Sie erleiden aber beide generell die gleichen Druckwirkungen. Es erscheint, als ob weit weniger das Andringen des afrikanisch-arabischen Rahmens, bzw. der Tethyszone, vielmehr aber dasjenige des nord- und osteuropäischen Schildes das junge Bild Mitteleuropas formt (vgl. Fußnote am Schluß). Im südlichen Mitteleuropa tritt jedenfalls Vergitterung mit Randformen des Tethysorogens ein; dessen Einwirkungen auf Mitteleuropa sind südnördlich, sie sind die exogenen. Im süd-

lichen Rheintal liegt ein Knotenpunkt beider, nordeuropäisch-russischer Rahmen- und alpiner Orogen-Tektonik, beide ihnen fremdes Gleis benützend.

Im Rheintal ist die spätoligocäne orogenetische Druckorientierung aus der NO—SW- mehr in die W—O-Richtung abgelenkt, weil der mobile Raum N—S-Erstreckung hat. Gleichzeitigkeit dieser orogenen Auffaltung mit SW-Bewegungen an jungen Quetschzonen ist nahe im O zu erwarten, wo die hercynischen Brüche und Miniaturüberschiebungen an der Donau und am westlichen böhmischen Rand nach GRABER (Wiener geolog. Ges. 1926) „zwischen der Kreide und dem Burdigal wahrscheinlich spätoligocän“ sind. In Mitteldeutschland überwiegen nach STILLE hercynische Zonen mit südwardigen Überschiebungen nicht nur zahlenmäßig, sondern auch der Bedeutung nach. Aus dieser „Einseitigkeit“, die im Mittel- und osteuropäischen Rahmen gleichartig zu finden ist, sehe ich in den saxonischen Orogenesen nicht Auswirkung von Schrumpfdrukken, sondern von Bewegungen und Widerstandsaktionen im Rahmen nach W und S.

Solche Westbewegungen erwähnten wir wiederholt an den deutschen hercynischen Linien; sie sind ebenso vorhanden an den KARPINSKY'schen Achsen und an „Wällen“ Osteuropas, letzten Endes in der Auffaltung des Urals. „Querfaltungen“ an meridionalen Achsen werden in den alpinen Streifen immer häufiger entdeckt, wirklich gemessene Westbewegungen am eindrucksvollsten im bayrischen Alpenvorland.

Im südlichen Rheintalgebiet treffen aufeinander saxonische Rahmentektonik, in der W- und S-Bewegung erscheint, und alpin-juraische Orogenauffaltung, die nach N drängt. In deren Grenzzone liegt aber auch hier nicht der wirkliche Rand des Rahmens, nur seine derzeitige Ausstrichlinie; der Rahmen taucht nach S zur Orogenzone vor.

Die Grenznarbe zwischen nördlicher bzw. Schelftektonik und südlicher Tethysstruktur, beide vergittert, im nämlichen Bau, wie sie in meinen kaukasisch-kaspischen Studien gefunden wurde, kehrt wieder als Grenzzone am S-Rand von Rheintal und Schwarzwald und in nahezu gleicher geographischer Breite. Meridionale und äquatoriale Druckkräfte überlagern sich in wechselndem Maße. Sie und ihre Auslösungsformen sind im Prinzip die nämlichen,

differenziert lediglich durch die vorausgehenden säkularen Spezialgruppierungen. Das Rheintal ist eine jüngere uralide Zone bescheideneren Ausmaßes, meridionaler Scher-, Sedimentations- und Faltungsraum<sup>1</sup> in seit jeher vorgezeichneter Bahn.

### Zusammenfassung.

1. Das südliche Oberrheintal, während der variskischen Orogenesen eine Scherzone, muldet sich in meridionaler Erstreckung während des Mesozoicums mehr als seine Randgebiete ein und vertieft sich im Oligocän während deren mäßigem Hochsteigen überraschend stark, so daß sich bis zu 2000 m oligocäne, meist marine Flachwassersedimente mit Salzen ansammeln.

2. Dabei bilden sich rheinisch gerichtete Sonderbecken und schwellen aus, von welch letzteren eine mediane aus der Pfirt über Altkirch, Illfurt, Mülhausen bis gegen Breisach zu verfolgen ist.

3. Im großen ergibt sich eine rheinisch gerichtete Dreiteilung des Rheintales; intraoligocäne Brüche fehlen.

4. Das elsäßische und badische Kalibecken sind in variskisch nebeneinander gerichteten rheinischen Randmulden des Rheintaltroges abgesetzt.

<sup>1</sup> Bei Abschluß dieser Arbeit macht mich Herr H. Cloos in dankenswerter Weise auf sein soeben erscheinendes Buch „Bau und Bewegung der Gebirge“ aufmerksam. Strukturschaffend sind danach eine subkrustale S—N-Bewegung in Süd- und Mitteleuropa und ein Vorbeigleiten am stabilen russischen Schild (TORNQUIST'sche Linie). Dieses Unterströmen nach dem N Mitteleuropas muß ich — freilich nur als randliche Teilerscheinung — ebenfalls annehmen und besonders die westdeutschen Undationen so verstehen. Jeder Druck erzeugt Gegendruck. Was oberflächlich im Rahmen der Beobachtung zugänglich ist, das ist die Verschuppung, Raumverengerung nach W und S, und zwar wandert sie zeitlich und räumlich nach SW. Deshalb habe ich auf sie das Schwergewicht gelegt und nicht zuletzt, weil positive Westbewegung auch vermessungsmäßig festgestellt werden konnte. Dazu kommt, daß das Tethysorogen verengt, nach beiden Seiten überschoben, also gegenseitige Annäherung der Rahmen folgerbar ist. Dabei scheint ein Einwirken afrikanischer Kräfte tief nach Europa hinein zu bestehen, aber wohl nur auf Grund ähnlicher SN-Strukturen, an denen die „Unterströme“ ähnlich geleitet werden. Mit bestimmt gerichteten Strukturen sind bestimmt gerichtete Bewegung gegeben. In Mitteleuropa verwickeln sich die Kraftlinien des russisch-europäischen Rahmens mit denen des alpinen Orogens.



5. Rheinisch streichende R a n d m u l d e n sind eine beständige Erscheinung der Rheintalgliederung. Sie zeigen sich auch heute. Auch die variskische Quergliederung ist persistent, hat aber viel größere Spannweite.

6. Im Spätoligocän oder Untermiocän wird der Rheintalinhalt (wazu das südlich vorgelagerte Juragebiet, der Tafeljura bis zur Länge von Säckingen und das Wiesentalplateau gehören) unter schwacher Faltung, aber starker Bruchbildung h e r a u s g e h o b e n , so daß sich über Rheintal, Schwarzwald und nordwestlicher Schweiz einheitliche Abtragung und V e r e b n u n g ausbilden können.

7. Die epirogenetischen rheinischen Achsen erscheinen nun als Bruchgebilde, die Becken als Mulden und Gräben, die Rücken als Sättel und Horste. Die Medianschwelle wird zum Medianhorst.

8. In dessen Nordwestrand liegt die „D o m z o n e“ Meienheim—Hettenschlag.

9. Die Tafeljuragräben gehören zur nacholigocänen Rheintalstruktur und sind wie diese bei der spätoligocänen rheinischen H e r a u s h e b u n g u n t e r B r u c h b i l d u n g entstanden. Sie haben rheinisch gerichtete oligocäne Schwellen und Becken als Nachbarn und Vorläufer und sind durch Z e r r s p r ü n g e g e l o c k e r t e F a l t u n g s g e b i l d e.

10. Die Tafeljuragräben entstammen rheinischen, nicht alpinjuraischen Bewegungen, einer schwachen aber regelmäßigen O—W-Faltung und allgem.iner Heraushebung.

11. Die nacholigocäne Struktur des südlichen Oberrheintalbereiches entspricht den Gebilden der k o n g r u e n t e n s a x o n i s c h e n B r u c h f a l t u n g an hercynischen und rheinischen Achsen Mittel- und Norddeutschlands: seitlich ragen Grundgebirgsrahmen auf, der Zusammenschub ist seitlich und mäßig, die Heraushebung einzelner Beckenstreifen beträchtlich und im Zusammenschub zeigt sich ein Dilatationselement.

12. Heute Ü b e r s c h i e b u n g e n am Rheintalrand zu finden, darf nicht erwartet werden, da die heutige Begrenzung jünger, pliocän, n a c h der rheinischen Bruchfaltung im Zusammenhang mit der Jurabildung mit meridionalen Kräften ausgebildet worden ist.

13. Die p l i o c ä n e J u r a f a l t u n g legt sich mit W—O-Elementen q u e r über die ältere rheinische Struktur, macht deren Brüche z. T. wieder lebendig, ruft insbesondere den Aufstieg von Vorbergen und Schwarzwald wach, während die Rheintalfläche

relativ stabil und intakt bleibt. Diese Vorgänge zerreißen die allgemeine präpliocäne Einebnung, spielen sich in mehreren Phasen ab und haben heute noch keine Ruhe erlangt.

14. Es führt kein diagonal juraischer Mulden- und Sattelbau aus der Südwestecke des Rheintales in die Breisgauer Vorberge hinüber. Es handelt sich in den Illfurter, Tuniberg oder Pffirter Isteiner etc. um getrennte und parallele Achsen rheinischer Zugehörigkeit.

15. Der Isteiner Rücken ist ein rheinischer, neben die rheinischen Achsen des Delsberger Beckens und mit den Grabenzonen zu den Tafeljuragräben zu stellen.

16. Die Jurafaltung erzeugte im rheintälischen Untergrund nicht Falten-, sondern Schollenbewegungen. Im aufsteigenden Schwarzwald reißen an uralten Linien die hercynen Gräben auf.

17. Auch der hercynische „Mulden- und Sattelbau“ der Vorberge nördlich von Müllheim gegen Freiburg ist durch Schollenstruktur zu erklären; sie ist hercynisch ebenso südlich bis an den Hochrhein vorhanden. Es handelt sich dabei nicht um plikative Juraclemente.

18. Die Jurafaltung löst im Vorland vorwiegend Vertikalbewegungen aus; sie bildet die „Hauptbrüche“ heraus; diese Druckrichtung steht spitzwinklig zu den spätoligocänen rheinischen Linien.

19. Die entscheidende und heute so auffällige tektonische und morphologische Differenzierung in Rheintal, Vorberge und Schwarzwald, in Graben und Horst kommt erst im Pliocän zustande, und zwar kaum durch Einsinken des Rheintales, vielmehr entscheidend durch Heraushebung der Seiten, veranlaßt durch uralte, nunmehr paroxystische meridionale Druckkräfte. Vorberge und Schwarzwald heben sich ruckweise heraus, nur sehr wenig senkt sich das Rheintal ein, bedeutend nur in den Randmulden.

20. Die pliocänen und jüngeren Bewegungen bringen beträchtliche Dehnungen.

21. Im südlichen Rheintal liegt rheinische Rahmenstruktur vergittert mit alpin-juraischer Orogenstruktur.

22. Die Rahmenstruktur weist auf ostwestliche, die Orogenstruktur auf südnördliche Druckkräfte.

23. Das Rheintal ist eine jüngere uralide Zone bescheideneren

		Faltenjura südlich des Rheintales	Tafeljura	Südliches Rheintal	Schwarzwald und Vorberge
jüngeres } mittleres } älteres }	Diluvium	jüngste Dislokationen		jüngste Dislokationen	
		Pliocän <sup>1</sup>	Jurafaltungen	teilweise Überschiebung und jüngere Bruchbildung	Neubelebung älterer Bruchzonen, besonders in den Rand- und Querlinien geringe Senkung
allgemeine Einebnung					
Miocän		Abbiegung zur alpinen Vortiefe und vindobone Transgression auf Einebnungsfläche		Abtragung	
		Schwacher rheinischer Faltenwurf und rheinische Brüche und rheinische „Tafeljuragräben“ (Bruchfaltung)		orogenetische Heraushebung mit rheinischem Sattel- und Muldenbau (Sattelhorste und Muldengraben)	vielleicht geringe Senkung, jedenfalls nahezu im Niveau des herausgehobenen Rheintales
Oligocän		Sedimentation entlang und über rheinischen epirogenet. Achsen in alpiner $\pm$ O—W-Struktur		Eintiefung und Sedimentation bis zu 2000 m Rheinische Spezialundationen	Massige epirogenetische Hebung
Ältere Orogenesen. Lokal eocäne Süßwasserkalke und Bohnerze auf Ob. Jura. — Allg. Einebnung.					

variskische Undation etc

<sup>1</sup> Die nachmiocänen bis vordiluvialen orogenen und Einebnungs-Vorgänge gliedern sich in 2 Phasen. Die jung-pliocäne Orogenese ist die bedeutsamste.

Ausmaßes, meridionaler Scher-, Sedimentations- und Faltungsraum auf einem Stück einer tektonischen Großzone des Globus.

24. Tabellarisch stellen sich die Entwicklungsstadien des südlichen Rheintalgrabens folgendermaßen dar (vergl. S. 42).

### Literatur.

- AMSLER, A.: Bemerkungen zur Juratektonik. *Ecl. geol. helv.* **20**. 1926. p.1. Basel.
- BRINKMANN, A.: Die rheinische Richtung im vorkimmerischen Süddeutschland. *Abh. d. preuß. geol. L.-A. N. F.* Heft 95. Berlin 1923—25. p. 133.
- BUXTORF, A.: Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Jura-gebirges. *Verh. Naturforsch. Ges. in Basel.* **27**. 1916. p. 184.
- BUXTORF, A. und KOCH, R.: Zur Frage der Pliocänbildungen im nordschweizerischen Jura-gebirge. *Verh. Naturforsch. Ges. Basel.* 1920. **31**. p. 113.
- FOERSTER, B.: Weißer Jura unter dem Tertiär des Sundgaus im Oberelsaß. *Mitt. der geol. L.-A. von Els.-Lothr.* **5**. 1899. p. 381.
- Ergebnisse der Untersuchung von Bohrproben aus den seit 1904 im Gange befindlichen, zur Aufsuchung von Steinsalz und Kalisalzen ausgeführten Tiefbohrungen im Tertiär des Oberelsaß. *Mitt. der geol. L.-A. von Els.-Lothr.* **7**. 1909. p. 349.
- Die geol. Verhältnisse der Kalisalzlager im Oberelsaß. *Jahresber. u. Mitt. des Oberrhein. geol. Ver. N. F.* **2**. 1912. p. 21.
- GIGNOUX, M. und HOFFMANN, C.: Le bassin pétrolière de Péchelbronn (Alsace). *Serv. de la c. géol. d'Als. et de Lorr.* Straßburg 1920.
- GRAHMANN, R.: Der Jura der Pfirt im Oberelsaß. *Dies. Jb. für Min. etc. Beil.-Bd.* XXXIV. 1921.
- GRUPE, O.: Über das Altersverhältnis der hercynischen und rheinischen Dislokationen. *Zeitschr. d. d. geol. Ges.* **74**. 1922. *Mon.-Ber.* 1/2. p. 2.
- HAAS u. HOFFMANN: Sur l'existence de mouvements tertiaires en direction varisque dans la plaine d'Alsace septentrionale. *Compt. rend. de l'ac. des sc.*, 17. Juli 1928. Paris.
- HUG, O.: Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Isteiner Klotzes. *Mitt. d. bad.-geol. L.-A.* 1897. **3**. p. 397.
- HUMMEL, K.: Die Tektonik des Elsgaues. *Ber. d. Naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br.* **20**. 1914.
- KESSLER, P.: Geolog. Beobachtungen im Reichslande. *Ztschr. d. d. geol. Ges.* **71**. 1919. *Abhandlg.* p. 152.
- KIEFER, H.: Das Tertiär der Breisgauer Vorberge zwischen Freiburg i. Br. und Badenweiler. *Ber. d. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.* **28**. 1928.
- LININGER, H.: Über Gitterfaltung im Berner Jura. *Ecl. geol. helv.* **19**. Basel. 1925—26. p. 625.
- PENCK, W.: Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes. *Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin.* 1925. p. 81.
- RÖHRER, FR.: Geolog. Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten etc. II. Teil: Bemerkungen zur Tektonik Südwestdeutschlands. *Jahresb. u. Mitt. d. Oberrhein. geol. Ver. N. F.* **11**. 1922.

- SALOMON, W.: Die Bedeutung des Pliocäns für die Morphologie Südwestdeutschlands. Sitz.-Ber. Heidelberger Ak. d. Wiss. Math.-naturwiss. Kl. Abt. A. 1919. 1 Abhandlg.
- SCHNARRENBARGER, K.: Erläuterungen zu Blatt Kandern der geol. Spezialkarte Badens, Nr. 139. (1915).
- Kalisalz und Erdöl im Rheintal. Niederschr. über die Vers. der Direktoren der Geol. Land.-Anst. 1925.
- Sattel- und Muldenbau im Oberrheintalgraben. Geol. Rundschau. 17 a. 1926. p. 610.
- SCHREFFER, H.: Oberflächengestalt und eiszeitliche Vergletscherung im Hochschwarzwald. Geogr. Anzeiger. 1926. p. 197.
- STEINMANN, G.: Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nordschweizerischen Kettenjura. Ber. d. Naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br. 6. 1892. p. 150.
- STILLE, H.: Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. 3. Jahresber. Niedersächs. geol. Ver. Hannover 1910. p. 141.
- Rheinische Gebirgsbildung im Christianiagebiet und in Westdeutschland. Abh. Preuß. geol. L.-A. N. F. Heft 95. 1923—25. p. 110.
- Die saxonischen Brüche. Abh. d. Preuß. geol. L.-A. N. F. Heft 95. Berlin 1923—25. p. 149.
- Beitrag zur Frage der saxonischen Zerrungen. Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Math.-phys. Kl. 1925. p. 178.
- WAGNER, W.: Neuere Ergebnisse über die Gliederung und die Lagerung des Tertiärs im Kalisalzgebiet des Oberelsaß. Mitt. der Philomat. Ges. in Els.-Lothr. 4. Straßburg 1913. p. 743.
- Einpressungen von Salz in Spalten der oberelsaß. Salzablagerungen. Mitt. d. geol. L.-A. von Els.-Lothr. 9. 1916. p. 135.
- Woher und wann trat das Tertiärmeer zum erstenmal in die Rheintal-senke ein? Notizbl. des Ver. f. Erdkunde, Darmstadt 1924. p. 56.
- WEBER, M.: Faltengebirge und Vorlandsbrüche. C.Bl. f. Min, etc. 1927, B. p. 235.
- WERVEKE, L. VAN: Die Tektonik des Sundgaues und ihre Beziehungen zur Tektonik der angrenzenden Teile des Juragebirges. Mitt. der geol. L.-A. von Els.-Lothr. 6. p. 323. Straßburg 1909.
- Tektonische Vorgänge zur Zeit der Entstehung unserer Steinsalz- und Kalisalzlagerstätten. Mitt. der Philomat. Ges. in Els.-Lothr. 4. Straßburg 1913. p. 575.
- Die Tektonik des Sundgaues, ihre Beziehung zu den Kalisalzvorkommen im Oberelsaß und in Baden und ihre Entstehung. Mitt. der geol. L.-A. von Els.-Lothr. 8. 1913 und 1914. p. 235 ff.
- Schichtenfolge in einer Tiefbohrung bei Sierenz im Oberelsaß. Mitt. bad. geol. L.-A. 9. 1922. p. 393.
- WILSER, J. L.: Der Mauracher Berg bei Denzlingen nördl. von Freiburg i. Br. Mitt. des bad. Landesver. f. Naturkunde etc. in Freiburg i. Br. N. F. 1. 1924.
- Heutige tektonische Bewegungen im Oberrheintalgebiet, nachweisbar an Ingenieurbauten. 1929.