

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 10 (1969)
Heft: 1

Artikel: Geologischer Überblick über den südlichen Oberrheingraben und seine weitere Umgebung
Autor: Fischer, Hermann
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089501>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.01.2026

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

Geologischer Überblick über den südlichen Oberrheingraben und seine weitere Umgebung¹

HERMANN FISCHER

1 Einleitung

Für die Erstellung des «Strukturatlas» hat der Schreibende seinerzeit die Bearbeitung der geologischen Übersicht übernommen. Auf Wunsch der Redaktion sei diesem Kärtchen nun noch ein kurzer Begleittext beigelegt. Es versteht sich von selbst, dass auf dem knappen zur Verfügung stehenden Raum keine ins Einzelne gehende Darstellung der vielseitigen geologischen Aspekte gegeben werden kann. Wer einen umfassenden Überblick oder detaillierte Angaben über ein geologisches Gebiet oder über ein bestimmtes Problem zu erhalten wünscht, mag die bestehenden regionalen Beschreibungen (nachstehend angeführt) und die zahllosen Spezialpublikationen konsultieren. Über die zur Verfügung stehenden geologischen Karten orientieren die Zusammenstellungen im Anhang dieses Artikels.

Die folgenden Seiten geben einen kurzen Abriss über die geologische *Entwicklungsgeschichte* des südlichen Oberrheingrabens und seiner ihn umrahmenden Strukturelemente. Ferner soll insbesondere das zitierte Schrifttum dem interessierten Leser den Weg zu weiterem Literaturstudium weisen.

Regionale geologische Beschreibungen (chronologische Anordnung der Autoren):

Mitteleuropa: P. Dorn (1960)

Elsass: diverse «Notices explicatives» zu geologischen Karten, G. und C. Dubois (1955, 1957)

Vogesen: J. Jung (1928), J.-P. von Eller (1961 a, b), J. Perriaux (1961), J. Hameurt (1967)

Baden: O. F. Geyer und M. P. Gwinner (1968)

Schwarzwald und Vorberge: D. Hoenes, K.-R. Mehnert und H. Schneiderhöhn (1949), R. Metz und G. Rein (1958), K. Sauer (1965)

Oberrheingraben: V. Maikovsky (1941), O. Wittmann (1949), A. Waibel und F. Burri (1961), H. Illies (1962 a, b; 1965), H. Fischer (1965), C. Sittler (1965), H. Liniger (1967), «Rhinegraben Progress Report» (1967)

Kaiserstuhl: D. Hoenes, K.-R. Mehnert und H. Schneiderhöhn (1949), Erläuterungen zur geologischen Kaiserstuhl-Karte (1959)

Basler Region: C. Disler (1941), P. Vosseler (1947), L. Hottinger (1967)

Juragebirge: diverse «Erläuterungen», Alb. Heim (1919), J. Favre und A. Jeannet (1934), Geologische Führer der Schweiz (1934, 1967), E. de Margerie (1936), M. Dreyfuss (1954), A. Waibel und F. Burri (1961), H. P. Laubscher (1961, 1962a, 1965), H. Liniger (1967), N. Pavoni (1968).

¹ Die farbige Kartenbeilage 1:500 000 ist unter der Nummer 12.01 im «Strukturatlas Nordwestschweiz/Oberelsass/Südschwarzwald» (Basel 1967) erschienen.

Molassebecken: diverse «Erläuterungen», Alb. Heim (1919), E. Baumberger (1934), Geologische Führer der Schweiz (1934, 1967), A. Erni und P. Kelterborn (1948), P. Kelterborn (1948), H. M. Schuppli (1950, 1952), H. Füchtbauer (1958), R. Trümpy (1959), U. P. Büchi et al. (1965 a, b)

2 Grosstrukturen

Die zu beschreibende Region liegt im Schnittpunkt von vier tektonischen Grosstrukturen:

Die *oberrheinischen Massive* (Vogesen, Schwarzwald) gehören gross-tektonisch der ehemaligen vorpaläozoischen Bubnoff'schen «Frankopodolischen Masse» bzw. der hercynischen Stille'schen «Moldanubischen Zone» an (Massif Central - Hauptteile von Vogesen/Schwarzwald - Grossteil des Böhmisches Massivs). Dieser Gürtel, mit seinem präkambrischen Kern und mit dem paläozoischen Deckgebirge, wurde im Jungpaläozoikum weiträumig stark tektonisch überprägt (hercynische Gebirgsbildung), wobei teilweise beträchtlicher Tiefenvulkanismus stattgefunden hat. Im Verlaufe der Erdgeschichte erfuhr diese einst vermutlich zusammenhängende Masse durch weitere grosstektonische Einwirkungen eine Aufsplitterung in Einzelmassive (P. Dorn 1960). Wir können bei den oberrheinischen Massiven also zwischen einem älteren, prähercynischen Gneisgebirge und jüngeren, hercynischen Granitarealen unterscheiden (im Gegensatz zum Schwarzwald treten in den Vogesen die Gneise stark zurück). Die heutige Begrenzung der Massive ist unterschiedlich: grabenwärts durch Bruchtektonik, im Süden durch flexurartiges Abtauchen und im NW (Vogesen) bzw. E (Schwarzwald) durch sehr flaches Einfallen unter das aus diesem Grunde weiträumig austreichende permo-triadische Deckgebirge. Im Schwarzwald trennt die grabenartige Kulmzone von Badenweiler - Schönau - Lenzkirch den Mittelschwarzwald mit seinen Gneismassen vom Südschwarzwald mit seinen überwiegenden Granitmassiven.

Der *Oberrheingraben* ist Teil eines komplex angeordneten Systems von Zerrstrukturen — der nahezu 2000 km langen Stille'schen «Mittelmeer-Mjösen-Zone». Vermutlich von jungalgonkischer Anlage (P. Dorn 1960), sind die einzelnen schmalen Grabenteile vorwiegend das Ergebnis der saxo-nischen Schollen- und Bruchfaltenbildung (germanotype Tektonik). Epirogenetische Bewegungen während des Mesozoikums und vor allem starke Absenkungen im Verlaufe des Tertiärs, die gebietsweise auch heute noch andauern, bezeichnen den Verlauf dieser labilen Zerrzone, die in vielen Belangen mit dem ostafrikanischen Grabensystem verglichen werden kann.

Im Gegensatz zu den beiden erwähnten Grosstrukturen ist der *Faltenjura* eine geologisch recht junge Bildung (vgl. Tabelle 2). Sehr eng mit der alpinen Orogenese verknüpft, fällt die Entstehung der sich von den Lägern bis ins Gebiet von Chambéry - Ile Crémieu auf ungefähr 350 km erstreckenden, halbmondförmig angeordneten Faltenstränge ins Pliocaen.

Der sich im Süden an den Faltenjura anschmiegende *Molassetrog* ist ein

perialpines Akkumulationsbecken, das seit dem Oligocaen den Abtragungsschutt des sich erhebenden Alpenkörpers aufnimmt.

3 Geologische Entwicklungsgeschichte

31 Präkambrium

Über die ältesten Gesteine von Vogesen und Schwarzwald, die präkambrischen (präkaledonischen) Kristallinkerne, weiss man eigentlich noch recht wenig. Es handelt sich dabei insbesondere um die Gneisareale des mittleren Schwarzwaldes (O. F. Geyer und M. P. Gwinner 1968) und des Gebietes von Remiremont - Ste-Marie-aux-Mines (Markirch) - Urbeis in den Vogesen (J.-P. von Eller 1961a, G. und C. Dubois 1955). In beiden Massivkernen dominieren Paragesteine, bei deren Ausgangsmaterial es sich wohl hauptsächlich um mächtige Serien von präkambrischen Grauwacken, Arkosen, Konglomeraten und Tonschiefern handelte. Dieses Primärgestein (= alter Verwitterungsschutt von ehemaligen Gebirgen, hauptsächlich als marine Ablagerungen wohl von miogeosynklinalem Typ) erfuhr im *Jungalgonkium* anatektische Umwandlungen (Aufschmelzungsvorgänge), wurde anschliessend vergneist und verfaltet (mehrfache Metamorphosen während der *assyn-tischen Gebirgsbildung*). In der ausgedehnten zentralen Schwarzwälder Gneismasse sind diese Paragneise unter der Bezeichnung «Renchgneise» bekannt. Auch präkambrische Orthogesteine, nachträglich vergneiste, granitische Intrusivkörper, treten sowohl im mittleren Schwarzwald (= «Schapbachgneise») als auch in den Vogesen — allerdings dort sehr untergeordnet — auf.

Das Zusammenwirken von regionaler Anatexis (mit verschiedenen intensiver Aufheizung des Ursprungsgesteins), von Dislokationsmetamorphosen (vor allem mechanische Einwirkungen), Intrusionen von vorwiegend granitoiden Schmelzen, die kontaktmetamorphe Vorgänge hervorriefen (= polymetamorphe Prozesse), ist verantwortlich für die vorhandene Vielfalt der Gesteinstypen (ausser den Para- und Orthogesteinen kommen auch Migmatite, die neben zugeführtem magmatischem Material noch Altbestände des Ursprungsgesteins erkennen lassen, vor). Diese komplizierten Verhältnisse liessen sich auf der beiliegenden Übersichtskarte nicht mehr darstellen.

32 Paläozoikum

Die Vorkommen an *altpaläozoisch* entstandenen Gesteinen beschränken sich auf die nördlichen Vogesen. Es handelt sich um die schwach metamorphen (?prä-) kambrischen Weiler Schichten und die (?kambrischen bis) untersilurischen Steiger Schiefer (G. und C. Dubois 1955), welche letztere höchstens gebietsweise kontaktmetamorphe Veränderungen aufweisen. Andere silu-

Tabelle 1 Stratigraphische Übersicht

Känozoikum	Quartär	Holocaen Pleistocaen	
	Tertiär	Pliocaen Miocaen	(Aquitanien, Burdigalien, Helvétien, Tortonien, Sarmatien)
		Oligocaen	(Sannoisien, Rupélien, Chattien)
		Eocaen	(Yprésien, Lutétien, Priabonien)
		Paleocaen	
Mesozoikum	Kreide	Oberkreide	(Cénomanien bis Maestrichtien)
		Unterkreide	(Berriasien bis Albien)
	Jura	Malm	(Oxfordien, Kimmeridgien, Portlandien)
		Dogger	(Aalénien bis Callovien)
		Lias	(Hettangien bis Toarcien)
	Trias	Keuper Muschelkalk Buntsandstein	(Wellengebirge, Anhydritgruppe, Hauptmuschelkalk)
Paläozoikum	Perm	Zechstein	(Thuringien)
		Rotliegendes	(Autunien, Saxonien) — <i>saalische Phase</i>
	Karbon	Oberkarbon	(Namurien, Westphalien, Stéphanien) — <i>sudetische Phase</i>
		Unterkarbon	(Dinantien) — <i>bretonische Phase</i>
	Devon	Oberdevon	
		Mitteldevon	
		Unterdevon	
	Silur		
Präkambrium	Algonkium	Oberalgonkium Unteralgonkium	— <i>assyntische Gebirgsbildung</i>
	Archaikum		

rische oder unterdevonische Sedimente sind in beiden oberrheinischen Massiven nicht bekannt. Dies soll nun aber nicht heissen, dass entsprechende Ablagerungen a priori fehlten. Es muss vielmehr angenommen werden, dass der assyntische Gebirgskörper vormitteldevonisch bis auf die tiefsten Stockwerke abgetragen wurde und somit insbesondere die wenig metamorphen Hüllgesteine oder allfällige nichtmetamorphe Sedimentbedeckungen nahezu restlos der Erosion anheimfielen. Es darf noch beigefügt werden, dass im Bereich der oberrheinischen Massive der Einfluss der kaledonischen Orogenese gänzlich zu fehlen scheint (P. Dorn 1960).

Die ältesten, paläontologisch sicher datierten Ablagerungen finden sich nur isoliert an Stellen mit besonderen tektonischen Voraussetzungen. Marines

Mittel- und Oberdevon ist bekannt aus dem Breuschtal (Bruche, Nordvogesen) und vom Vogesen-Südrand bei Belfort (Massif de Chagey, Massif du Salbert; G. und C. Dubois 1955). Aus der Badenweiler-Schönau-Lenzkirch-Zone im Schwarzwald sind ebenfalls oberdevonische (evtl. sogar mitteldevonische; vgl. P. Dorn 1960) Schiefer und Grauwacken erhalten (stärker metamorph als die entsprechenden Bildungen in den Vogesen). Das heisst, mit dem Mitteldevon transgredierte das Randmeer der hercynischen Geosynklinale aus NW Richtung auf das Gebiet der oberrheinischen Massive, und zweifellos haben damals marine devonische Ablagerungen (Schiefer, Grauwacken, Arkosen u. a.) in beträchtlicher Mächtigkeit die Vogesen und grössere Teile des Schwarzwaldes bedeckt. Devonischer Vulkanismus fand nur untergeordnet in den Vogesen statt (v. a. Diabase).

An der Wende *Devon/Karbon* setzte im Bereich der oberrheinischen Massive eine zweite Ära der Gebirgsbildung ein: die *hercynische Orogenese*. In einer ersten Phase (*bretonische Phase*) fanden — neben regionaler Mobilisation alter Gneismassen — in beiden Massiven Verfaltungen, Verschuppungen und Aufschiebungen statt. Die Auswirkungen der bretonischen Phase sind vor allem im Südschwarzwald augenfällig: In diese Epoche fallen u. a. die synorogenen granitischen Intrusionen des Mambacher Granites, des Rand- und Belchen-Granites usw. (R. Metz und G. Rein 1958).

Die vorwiegend marinen Ablagerungen des *Unterkarbons* (Kulm) bestehen hauptsächlich aus Tonschiefern, Grauwacken, Arkosen, Sandsteinen und Konglomeraten. Sie sind — wie auch die Sedimente des Devons — in den Vogesen wesentlich mächtiger und lückenloser entwickelt als im südlichen Schwarzwald (Badenweiler-Lenzkirch). Häufig lässt sich die Grenze Devon/Karbon nicht festlegen; daher sind diese Abfolgen — insbesondere auf den französischen Karten — oft unter der Bezeichnung «Devono-Dinantien» aufgeführt.

Die *sudetische Orogenphase* — zeitlich an der Wende *Unter-/Oberkarbon* eingestuft — zeigt ihre Auswirkungen (im Gegensatz zur frühhercynischen Aktivität) besonders in den Vogesen. Bereits im Oberkulm (Viséen) drangen mächtige granitische Intrusivmassen, die wohl grossenteils aus anatektisch mobilisiertem Material des alten Gneiskörpers stammen, hoch und erstarrten zu einem mehr oder weniger einheitlichen Granitkomplex (v. a. Kamm-Granit = Granite des Crêtes; F. Simmler 1962). Die entsprechenden Granitplutone im Südschwarzwald sind stofflich und genetisch wesentlich stärker differenziert (Albtal-, Schluchsee-, Malsburg-Granit); sie durchschlagen diskordant das devonisch-kulmische Deckgebirge und die frühhercynischen Granitkörper. Im Mittelschwarzwald hingegen erweisen sich die Auswirkungen der hercynischen Gebirgsbildung als unbedeutend. Ausser der Platznahme des Triberger Granites findet sich das präkambrische Gneisareal, mit Ausnahme etwa von Bruchbildungen, bis heute nahezu unverändert. Beiden oberrheinischen Massiven gemeinsam sind späthercynische Zweiglimmer-Granite. Die oberkarbonischen Granite weisen keine Anzeichen von Metamorphose oder Verfaltung auf.

Während sedimentogenes *Oberkarbon* im mittleren und südlichen Schwarzwald ganz zu fehlen scheint, sind limnische oberkarbonische Ablagerungen, die entsprechend ihren Pteridophyten-Floren grösstenteils dem Stéphanien zuzuweisen sind, in den Vogesen in ehemaligen Grabenschollen und Senken noch erhalten (Mulde von Ronchamp = Stéphanien; St-Hippolyte SW von Sélestat = vorwiegend Westphalien). Auffallend ist die ausgeprägte Diskordanz, mit der das Permo-Stéphanien (Oberkarbon bzw. Rotliegendes) auf dem sudetisch verfalteten Substratum lagert. Im Becken von Ronchamp ist aus dem produktiven Karbon (150-250 m mächtiges Stéphanien mit insgesamt vier Flözen, die zusammengerechnet maximal 8 m Kohle enthalten; vgl. G. und C. Dubois 1955) bis vor kurzem Kohle ausgebeutet worden.

Im Verlaufe der orogenen Entwicklung der oberrheinischen Massive fanden Bruchbildungen und (untergeordnet) durch tangential Kräfte hervorgerufene Aufschiebungen und Verschuppungen statt. In Zusammenhang mit diesen Krustenbewegungen steht ein ausgeprägter, vorwiegend unterkarbonischer Vulkanismus. Mächtige Massen von Ergussgesteinen (Diabase, Porphyrite, Quarzporphyre, Tuffe) finden sich vor allem in den Südvogesen. Im Südschwarzwald sind die Vulkanite im allgemeinen etwas saurer und oft als konkordante (synsedimentäre) Lagen den kulmischen Sedimenten zwischengelagert.

Ausserhalb der Massive sind Angaben über Karbonvorkommen nur spärlich vorhanden. Die in den Jahren 1917-1919 durchgeführte Bohrung Buix auf Steinkohle blieb aus bohrtechnischen Gründen leider im Oberrotliegenden stecken (C. Schmidt et al. 1924). Untersuchungen am Hochrhein zwischen Rheinfeldern (Bohrung Weiherfeld) und Waldshut ergaben durchwegs eine Auflagerung von Rotliegendem bzw. Buntsandstein auf Grundgebirge (H. Heusser 1926). Bei den Bohrungen Wintersingen und Zuzgen (Tafeljura) liegt Rotliegendes auf Granit (H. Schmassmann und O. Bayramgil 1946²). Einen letzten Anhaltspunkt über die Verbreitung des Karbons gibt die im Jahre 1963 ausgeführte Bohrung Pfaffnau 1 (U. P. Büchi et al. 1965 a). Die Autoren bezeichnen die 11½ m vorwiegend bunter Breccien und Grobsandsteine, die das Grundgebirge (Granit) überlagern, als Permo-Karbon; eine genaue Einstufung ist allerdings nicht möglich, und auch die paläogeographischen Zusammenhänge sind ungewiss.

Während die oberkarbonischen, vorwiegend limnischen Ablagerungen auf vollhumides Klima hinweisen, lassen die Sedimente des *Perms* auf semiaride Verhältnisse (Steppenklimate) schliessen (J. Perriaux 1961). Die rötlichen Sandsteine, Fanglomerate, Tonschiefer etc. des kontinentalen *Rotliegenden* finden sich in Senken z. T. in recht beträchtlichen Mächtigkeiten angereichert und erlangen insbesondere im Vogesengebiet auch flächenmässig

² In dieser Publikation werden auch die paläogeographischen Verhältnisse des Permo-Karbons, dessen Ablagerungen offensichtlich in variscisch streichenden Senken abgesetzt wurden, diskutiert.

Tabelle 2 Einige absolute Altersangaben (nach verschiedenen Autoren)

<i>Geologische Ereignisse:</i>	<i>Absolutes Alter:</i>
Riss- und Würmvereisung	12 000 — 230 000 Jahre
Heraushebung von Schwarzwald und Vogesen (Hauptphase: Oberpliocaen/Pleistocaen)	≈ 1 — 3 Mio. Jahre
Jura-Faltung (Mittel-/Oberpliocaen)	≈ 3 — 5 Mio. Jahre
Kaiserstuhl-Vulkanismus (Burdigalien)	≈ 20 Mio. Jahre
Transgression des Burdigal/Helvétien-Meeres	≈ 20 Mio. Jahre
Transgression des Rupélien-Meeres	≈ 30 — 35 Mio. Jahre
Beginn der eigentlichen Grabenbildung im Oberrheintal (Mitteleocaen)	≈ 45 — 50 Mio. Jahre
Regression des Jura-Meeres (Portlandien)	≈ 135 — 145 Mio. Jahre
Transgression des Jura-Meeres (Unterlias)	≈ 190 Mio. Jahre
Transgression des Muschelkalk-Meeres	≈ 205 — 215 Mio. Jahre
Produktives Karbon des Stéphaniens (Kohlebecken von Ronchamp)	≈ 280 — 300 Mio. Jahre
Sudetische Gebirgsbildungsphase (Wende Unter-/Oberkarbon)	≈ 325 Mio. Jahre
Bretonische Gebirgsbildungsphase (Wende Devon/Karbon)	≈ 345 Mio. Jahre
Älteste paläontologisch datierte Sedimente (Mitteldevon)	≈ 360 — 370 Mio. Jahre
Assyntische Orogenese (präkambrische Gneiskerne)	(?) 550 — 700 Mio. Jahre

eine grosse Verbreitung (Becken von St-Dié - Bruyères, Becken von Ronchamp). Das Oberrotliegende dehnt sich dabei über die eigentlichen Trogzonen hinaus aus und transgrediert über weite Strecken auf das entblösste Grundgebirge. Es handelt sich bei diesen Bildungen um Abtragungsschutt der vorwiegend während des älteren Karbons entstandenen Gebirge. Sowohl im Schwarzwald als auch in den Vogesen enthält diese detraktive Gesteinsserie Einlagerungen von quarzporphyrischen Deckenergüssen und Tuffen. Diese sauren vulkanischen Ergüsse stehen grossenteils in engem Zusammenhang mit tektonischen Ereignissen (Absenkungsvorgängen) an der Wende Unter-/Oberrotliegendes (subsequenter Vulkanismus der *saalischen Phase*, Nachwehen der hercynischen Gebirgsbildung).

Die unter der Bezeichnung *Zechstein* bekannten lagunär-salinaren Bildungen des Oberperms (Thuringien) sind in unserer Region nicht bekannt. Die südlichsten Ausläufer dieses norddeutschen Zechstein-Meeres sind als salzfreie Randzone (Dolomite) im Gebiet von Baden - Pforzheim - Heilbronn zu finden (O. F. Geyer und M. P. Gwinner 1968); südlich davon sind die zeitlichen Äquivalente — wo überhaupt vorhanden — in vermutlich ebenfalls kontinentaler Rotliegend-Fazies ausgebildet.

Die tektonischen Auswirkungen im Bereich des Oberrheingrabens während des Paläozoikums sind schwierig zu beurteilen. Man darf annehmen, dass rheinisch und variscisch gerichtete Bewegungsfugen — wohl hauptsächlich von Horizontalverschiebungscharakter — aufrissen; entlang den Krustenrissen drangen magmatische Intrusionen hoch, die nach Abklingen der tektonischen Aktivität eine Versteifung der Bewegungszonen verursachten (H. Illies 1962a).

Wie das Rotliegende ist der *Buntsandstein* (untere Trias) — vorwiegend rote, klastische Sedimente — in grossem Masse durch kontinentale Einflüsse charakterisiert (J. Perriaux 1961). Als geschlossene Decke hat er einstmals das ganze Oberrheingebiet überlagert; dort, wo heute die Massive flach einfallen, weist seine weiträumige Verbreitung auf diesen Tatbestand hin. Sedimentmächtigkeiten von über 1000 m finden sich im Buntsandsteinbecken, dessen Zentrum ehemals im östlichen Mitteldeutschland gelegen hat. Im Gebiet der oberrheinischen Massive, bereits am Beckenrande, nehmen die Mächtigkeiten ab (O. F. Geyer und M. P. Gwinner 1968): Während der Buntsandstein bei Karlsruhe noch gegen 500 m erreicht, finden wir im Südschwarzwald nur noch Werte von etwa 20-80 m (dabei fehlen insbesondere die älteren Abteilungen der Untertrias).

Die im luzernischen Mittelland gelegene Bohrung Pfaffnau 1 hat keinen Buntsandstein mehr angetroffen; Muschelkalk liegt dort auf Permo-Karbon (U. P. Büchi et al. 1965 a).

Man muss also südlich der oberrheinischen Massive ein herausgehobenes Festland — ein Abtragungs- und Liefergebiet des Buntsandsteins unserer Region — annehmen. Aus diesem Raume wurde das klastische Material durch Flüsse beckenwärts, gegen NE, verfrachtet, wobei die grosse flächenmässige Verbreitung auf eine flache Aufschüttungsebene, die wohl zeitweise von Wasser bedeckt war, hinweist.

Mit dem *Muschelkalk* beginnt eine erneute Überflutung unseres Gebietes aus nördlicher Richtung — aus dem Raum des grossen germanischen Binnenmeeres, das mit dem offenen Ozean nur durch schmale Zugänge kommunizierte und demzufolge hohe Salzkonzentrationen aufweisen musste. Im Beckeninnern erfolgte die Transgression früher als bei uns (Randmeer); die scharfe lithologische Grenze zwischen den roten, kontinentalen, klastischen Ablagerungen des Buntsandsteins und den brackisch-marinen, karbonatischen Sedimenten des unteren Muschelkalkes (*Wellengebirge*; vorwiegend Dolomite und Kalke) entspricht folglich keiner geologischen Zeitmarke, sondern muss als heterochrone Faziesgrenze betrachtet werden (O. F. Geyer und M. P. Gwinner 1968).

Der mittlere Muschelkalk (*Anhydritgruppe*) ist — ähnlich wie der obertriadische Keuper — gekennzeichnet durch lagunär-salinare Bildungen (Mergel, Dolomite, Anhydrit, Gips, Steinsalz). Derartige Evaporitserien entstehen in Binnenmeeren und kleineren abgeschnürten Meeresbecken bei übermässiger Verdunstung und ungenügender Wasserzufuhr aus den Ozeanen. Das Steinsalz — im mittleren Muschelkalk in beträchtlichen Mengen vorhanden — wird am Hochrhein durch Solung in Salinen ausgebeutet und bildet einen der wertvollsten Bodenschätze der Schweiz.

Über dem oberen Muschelkalk (*Hauptmuschelkalk*) mit vorwiegend marin-karbonatischer Sedimentation (P. Merki 1961) folgen kontinentale, fluvio-lakustrische bis lagunär-brackische Bildungen: der *Keuper*. Charak-

terisiert durch wechselnde Ablagerungsbedingungen, zeigt diese Abteilung eine mannigfaltige Gesteinsserie, deren typische Horizonte trotzdem flächenmässig eine erstaunliche Persistenz aufweisen können: z. B. die weiträumig-flachmeerischen Deltaablagerungen des Schilfsandsteins (Materialeinschüttung von Norden; P. Wurster 1968), des Stuben- und Rhätsandsteins (bei beiden Sandschüttung vom östlich gelegenen «vindelizischen Land» Böhmens), der lagunär-salinare Gipskeuper, der allerdings ost- und südwärts unter dem Molassebecken vermutlich in evaporitfreie Fazies übergeht (R. Trümpy 1959), ferner der marin-brackische Gansinger Dolomit usw.³.

Auch im Molassebecken liegt die Trias in germanischer Fazies vor (H. Fischer und H. Luterbacher 1963); ferner zeigen die entsprechenden mittel- und obertriadischen Serien im Autochthon der Zentralmassive und in den Helvetischen Decken ebenfalls starke Anklänge an diese Ausbildung (M. Frey 1968). Nach R. Trümpy (1959) muss demnach die Schwelle, die das germanische Triasbecken von der alpinen Miogeosynklinalen mit ihrer pelagischen Trias (Penninikum, Südalpen) trennt, im nordpenninischen Raum zu suchen sein und nicht, wie vielfach in der Literatur angeführt, als «vindelizisches Land» unter dem schweizerischen Molassebecken.

Mit der *Jura*-Zeit finden in unserem Gebiet die starken kontinentalen Einflüsse ein Ende. Weiträumig transgredierte das *Lias*-Meer über eine nur mässig profilierte, epikontinentale Plattform (flache Meeresbecken, deren Wassertiefen sich in der Regel vom Gezeitenbereich bis 150 m hielten und selten 200 m überschritten (M. Dreyfuss 1954), seichte Wasserstrassen zwischen wenig erhöhten Schwellen und Landrücken).

Wie schon zur Trias-Zeit zeichnete sich das Gebiet der oberrheinischen Massive als mehr oder weniger einheitlicher Sedimentationsraum aus; noch nichts deutete darauf hin, dass an dieser Stelle später der Untergrund durch taphrogenetische Vorgänge (Grabenbildung) zerrissen würde.

Dunkle, fossilreiche Mergel- und Kalkgesteine, die oft sapropelitische Einflüsse erkennen lassen (Posidonienschiefer), sind typisch für den Lias⁴

³ Eine gedrängte paläogeographische Übersicht über die germanische Trias Mitteleuropas gibt P. Wurster 1968.

⁴ An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Bezeichnungen «Lias» und «Schwarzer Jura» (= Unterjura) nicht identisch sind. Gemäss internationaler Übereinkunft (Colloque du Jurassique, Luxembourg 1962) gehört das *Aalénien* (Opalinuston, Murchisonae-Schichten) zum Unterjura bzw. zum Dogger:

Dogger	{ Callovien Bathonien Bajocien Aalénien	}	Mitteljura (Brauner Jura)
Lias	{ Toarcien Pliensbachien Sinémurien Hettangien	}	Unterjura (Schwarzer Jura)

des süddeutschen Sedimentationsraumes. Im Gebiet des Tafel- und des Solothurner Faltenjuras muss einst eine Schwellenzone vorhanden gewesen sein; darauf deuten die geringen Mächtigkeiten (20-40 m) und die sandige Ausbildung gewisser Schichtglieder («Obtusus-Sandstein» am Weissenstein) hin. Die Liasmächtigkeit nimmt sowohl gegen den Schwäbischen Jura (60-100 m) als auch südwestwärts gegen das Waadtländer Mittelland stark zu (Bohrung Courtion bei Fribourg ca. 100 m, vgl. H. Fischer und H. Luterbacher 1963; Bohrung Essertines bei Yverdon bereits um 400 m, vgl. U. P. Büchi et al. 1965 a). Die beiden genannten Bohrungen zeigen auch, dass sich die lithologische Ausbildung der Serien der geosynklinalen Mergelfazies des Dauphiné angleicht.

Wie R. Trümpy (1959) nachweist, existierte zur Liaszeit zwischen dem schwäbisch-keltischen Ablagerungstrog und der alpinen Geosynklinalen eine Landmasse, die im Bereich der schweizerischen Zentralmasse zu suchen ist (Autochthon und teilweise Nordhelvetikum): das «alemannische Land».

Der *Dogger* setzt mit den «Opalinuston» ein⁴. Diese Schichtfolge ist lithologisch als konstante Serie von der Fränkisch-Schwäbischen Alb bis in den französischen Jura, ja sogar in den alpinen Bereich hinein, verfolgbar. Im Gegensatz dazu stehen die im allgemeinen sehr eisenschüssigen und braun anwitternden Gesteine der jüngeren Dogger-Abteilungen: rasche Fazieswechsel, Aufarbeitungserscheinungen, Omissionsflächen und fossilreiche Kondensationshorizonte (Mangelsedimentation) zeugen von häufig wechselnden Sedimentationsbedingungen. Es ist hier nicht der Ort, um auf all die verschiedenartigen Erscheinungsformen dieser Serie, die in zahlreichen stratigraphischen Arbeiten (H. Schmassmann 1945, H. Illies 1956, A. J. Stäuble 1959, H. Gensler 1966) und Erläuterungstexten behandelt wurden, näher einzugehen.

Lediglich an einem Beispiel sei auf laterale Fazieswechsel hingewiesen: Der uns allen vertraute Hauptrogenstein geht im Bereich des nordöstlichen Schweizer Juras (ungefähr entlang einer Linie Waldshut - Unterlauf der Aare) in die sandig-mergeligen Ablagerungen der schwäbischen Fazies über. Stratigraphische Untersuchungen haben ergeben, dass zwischen diesen beiden Ablagerungsräumen im Bereich des südlichen Schwarzwaldes eine Schwelle angenommen werden muss. Das heisst, es sind zu jener Zeit bereits unterschiedliche epirogene Vertikalbewegungen zu verzeichnen (H. Illies 1956, 1962a) — (?) Geburtswehen der saxonischen Grabenbildung. Auch im Neuenburger und Waadtländer Jura zeigen die zeitgleichen Serien — ähnlich wie im Autochthon der Alpen — eine vermehrte mergelige, feindetritisch-spätige Ausbildung. Im Gegensatz zum Lias existierte nun gegen Süden kein zusammenhängendes Festland mehr; zwischen dem jurassischen und dem helvetischen Doggermeer bestanden weiträumige Kommunikationen (R. Trümpy 1959).

Der *Malm* ist charakterisiert durch helle Bank- und Massenkalk, denen z. T. beträchtliche Mergelserien zwischengelagert sind. Eine an der Wende Dogger/Malm kräftig einsetzende Subsidenz in unserem Gebiete (rauracischer

Bereich) ist dafür verantwortlich, dass auf die stark eisenschüssigen Kondensationshorizonte des oberen Callovien mit scharfer Grenze die Renggerit-Tone der unteren Oxford-Stufe⁵ (= «Oxfordien») folgen. In den südlichen und östlichen Gebieten (argovischer Faziesraum, Mittelland) fehlen die entsprechenden Bildungen oder aber sie sind — wie im obersten Dogger — durch Mangelsedimentation gekennzeichnet.

Mit der mittleren Oxford-Stufe⁵ (\approx «Rauracien»/«Argovien») tritt eine Veränderung der Ablagerungsräume ein: Die wenig tiefen Schwellenzonen in den Gebieten des heutigen Mittellandes und der Zentralmassive (Autochthon) senkten sich ab; ein zusammenhängendes Schelfmeer — offenes Randmeer der Tethys — ist entstanden.

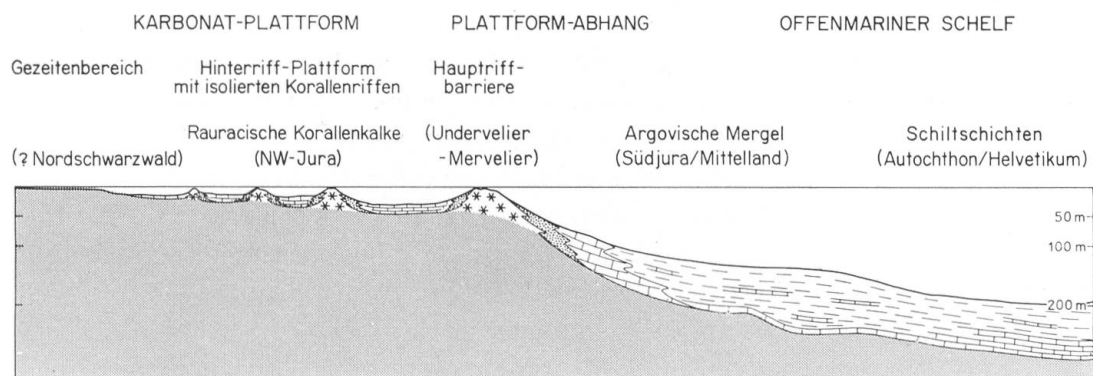


Abb. 1 Schematische Darstellung der Ablagerungsräume zur Zeit der mittleren Oxford-Stufe (nach verschiedenen Autoren; stark überhöht, nicht masstäblich).

Im Bereich des französisch-schweizerischen Juras und des südlichen Oberrheingrabens finden sich zur Mitteloxford-Zeit zwei Faziesbereiche (vgl. Abb. 1): im NW die *rauracische* Plattform mit ihren kleineren Hinterriff-Komplexen und einem äusseren Hauptriffgürtel (vorwiegend Karbonat-sedimentation) und im S und SE das vorgelagerte tiefermarine *argovische* Becken (vorwiegend Mergelablagerungen). Diese sedimentologisch sehr interessanten Serien haben in jüngster Zeit eine intensive Bearbeitung erfahren, wobei insbesondere Versuche einer zeitlichen Korrelierung der verschiedenartigen Faziestypen unternommen wurden (M. A. Ziegler 1962, V. F. Pümpin 1965, R. A. Gygi 1969, W. Bolliger und P. Burri 1970). Aber das abschliessende Wort ist noch nicht gesprochen; denn die Autoren der beiden letztgenannten

⁵ Nach internationaler Übereinkunft wird der Oberjura (= Malm) nur in die Stufen Oxfordien, Kimmeridgien und Portlandien unterteilt. Auch in der Schweiz sind Bestrebungen im Gange, die Begriffe «Rauracien», «Argovien», «Séquanien» und «Purbeckien» (= reine Faziesbegriffe) nicht mehr als Stufen zu verwenden.

Arbeiten sind bei ihren Untersuchungen auf grundlegend verschiedene Resultate gekommen⁶. Für die Ablagerungen der Oberoxford-Stufe (\approx «Séquanien») sei auf die monographische Arbeit von P. A. Ziegler (1956) verwiesen.

Im Gebiet der oberrheinischen Massive ist die Oxford-Stufe nur noch unvollständig erhalten. Die bekannten Aufschlüsse am Isteiner Klotz (O. Wittmann 1952) zeigen die rauracischen Korallenkalke noch in typischer Ausbildung und Mächtigkeit. Nach O. F. Geyer und M. P. Gwinner (1968) darf angenommen werden, dass diese Serie nordwärts mindestens bis in die Gegend von Lahr abgelagert wurde. Wie während des Doggers entsprachen die beiden Massive wohl etwas erhöhten Schwellenzonen. Wie weit nördlich die höheren Malm-Abteilungen ursprünglich gereicht haben mögen und wann erstmals die Massive als festländische Inseln auftauchten, sind noch umstrittene Fragen; die spätere Erosion hat gründliche Arbeit geleistet, und allfällige Indizien für unmittelbare Landnähe (Küstenbildungen) sind nicht bekannt.

Auf die *schwäbische*, kalkig-mergelige Fazies mit ihren gebankten Cephalopodenkalken, die häufig (besonders im oberen Malm) mit massigen Schwammkalken verzahnt sind, soll hier nicht weiter eingegangen werden (nähere Angaben bei O. F. Geyer und M. P. Gwinner 1968).

Die *helvetische* Malmfazies lehnt sich eng an die subjurassische Ausbildung an, da — wie bereits erwähnt — keine trennenden Elemente mehr existierten. Über den kalkig-mergeligen Schiltschichten («Argovien») folgt der mächtige, gebankte Quintnerkalk (Hochgebirgskalk).

Die Regression des Malm-Meeres erfolgte von Norden in Richtung der alpinen Geosynklinalen. Im oberen Portlandien hat sich das Meer endgültig aus dem grössten Teil unseres Juras zurückgezogen. Nur in den SW Juraketten (Neuenburger und Waadtländer Jura) sind noch schwache brakisch-lagunäre Einflüsse erkennbar: Purbeck-Fazies⁷.

Zur *Kreide*-Zeit war der weitaus grösste Teil des auf der Karte dargestellten Gebietes Festland. Die noch in Mulden erhaltenen Neokom-Vorkommen am Bielersee (C. Häfeli 1966), im Vallon de St-Imier und im anschliessenden französischen Jura sind die externsten Überreste des Unterkreide-Meeres (Flachmeer), das aus Richtung Pariserbecken, aus der Rhône-Saône-Senke und aus den westlichen Schweizer Alpen in diese Region vorgestossen war. Die nächstgelegenen jüngeren kretazischen Bildungen kommen in flächenmässiger Verbreitung (Mulden) im Neuenburger Jura (H. Suter und E. Lüthi 1969) vor. Dass aber auch das Oberkreide-Meer zumindest kurzfristig das

⁶ Gygi (1969) ist Anhänger der bisherigen Korrelationen: Er betrachtet die Birmenstorfer Schichten und die Liesberg-Schichten, ferner die Effinger Schichten und «Rauracien»-Riffkalke als gleichaltrig. Im Gegensatz dazu vertreten Bolliger und Burri (im Druck) die Auffassung, dass die gesamte «Rauracien»-Serie zeitlich den Birmenstorfer Schichten entspreche.

⁷ Das «Purbeckien» ist ein Faziesbegriff und bezeichnet brakisch-lagunäre bis limnische Ausbildung des obersten Portlandien bzw. des Berriasien (vgl. H. J. Oertli 1965).

Bielersee-Gebiet erreicht hat, geht anhand von «Kreidetaschen» hervor. Das bekannteste Vorkommen ist die Unterkreide-Tasche bei Alfermée (O. Renz 1936, L. Vonderschmitt 1941), die neben anderen Komponenten Relikte von Cénomani- und Maestrichtien-Kalken enthält. Einen entsprechenden Aufschluss beschreibt C. Häfeli (1966) aus der nördlichen Umgebung von Biel.

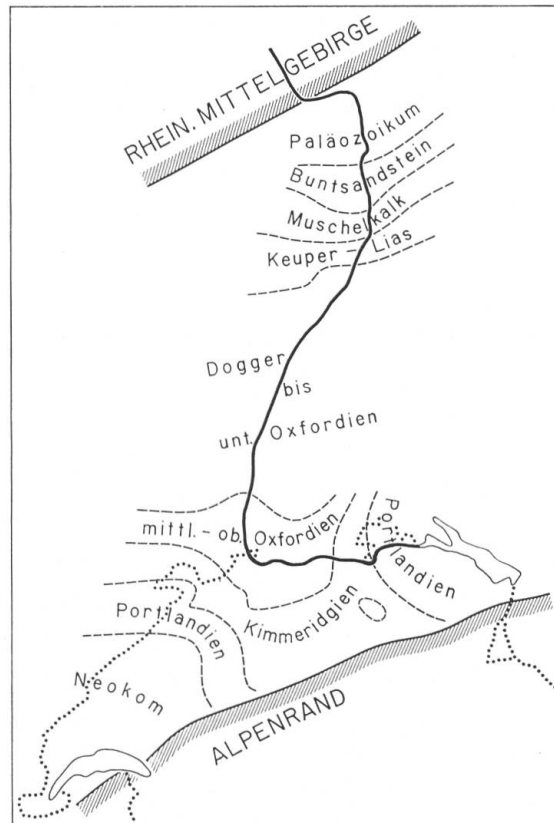


Abb. 2 Tertiärunterlage im Oberrheingraben und im schweizerischen Molassebecken (nach U. P. Büchi et al. 1965a und H. Illies 1965).

Für das Gebiet der oberrheinischen Massive entspricht die Zeitspanne zwischen Oberjura und Mitteleocaen einer *Abtragungsphase*, d.h. festländischer Verwitterung, während welcher grössere Reliefunterschiede ausgeglichen wurden. In diese Zeit fällt aber ausserdem eine Schichtaufrichtung aus nördlicher Richtung (im nördlichen Oberrheingraben haben langsame epirogene Hebungen wohl bereits während der Jura-Zeit eingesetzt, da ja in jener Gegend Malm-Ablagerungen primär fehlen). Diese Aufrichtung — und zugleich fortwährende Abtragung der Hebungszone — hat bewirkt, dass das Eocaen nordwärts eine weiträumig-diskordante Auflagerung auf immer

ältere Schichten aufweist (vgl. Abb. 2), wobei es mangels entsprechender Anhaltspunkte grösstenteils unmöglich ist zu entscheiden, ob an einem bestimmten Ort Schichtglieder bereits ursprünglich fehlten oder aber der Erosion anheimfielen. Eine südliche Fortsetzung ist auch unter dem zentralen Mittelland als flache prätertiäre Aufwölbung feststellbar (vgl. Abb. 2).

34 Känozoikum

Der Aspekt, den uns heute das Gebiet der oberrheinischen Massive, des Juras und der angrenzenden Tertiärtröge bietet, ist hauptsächlich auf tektonische Ereignisse der geologischen Neuzeit — der letzten 50 Millionen Jahre (Mitteleocaen bis Pleistocaen, vgl. Tabelle 2) — zurückzuführen. Die Entwicklungsgeschichte innerhalb dieses Zeitintervalles ist so reichhaltig, und die geologischen Probleme sind so faszinierend, dass sich zahllose Forscher dieses wissenschaftlichen Stoffes annahmen, und somit heute eine kaum übersehbare Menge an Einzeldaten, monographischen Bearbeitungen, Synthesen, Hypothesen u. s. f. vorliegt. Es kann nicht Gegenstand dieser kleinen Übersicht sein, auf all die interessanten Fragen einzugehen; es soll versucht werden, stichwortartig die Hauptakzente zu setzen und im übrigen auf einige wichtige Arbeiten zu verweisen.

Prinzipiell haben im Verlaufe des *Tertiärs* geodynamisch zwei grundlegend verschiedene tektonische Vorgänge gespielt. Einesteils handelt es sich um vorwiegend *distensive* Kräfte (Zerrbruchtektonik), die für die Einsenkung der *Rheinischen Furche* — eines der wesentlichsten paläogeographischen Elemente Mitteleuropas während des Tertiärs — und, in engem Zusammenhang damit, für die Heraushebung der oberrheinischen Massive (isostatischer Ausgleich) verantwortlich sind. Die Ursache für diese grossräumigen, vertikalgerichteten Bewegungen ist im tieferen Untergrund (wohl gravitativ und thermo-dynamisch bedingte Massenverschiebungen im Erdmantel) zu suchen. Diese Krustenbewegungen (Bruchbildungen) haben bei uns in grösserem Masse im Mitteleocaen begonnen — Paroxysmen wechselten alsdann mit Zeiten geringer tektonischer Tätigkeit — und dauerten bis in die Jetztzeit fort⁸ (seismische Aktivität, vgl. H. Laubscher 1962b). Als Resultat finden wir heute im südlichen Grabenbereich maximale Absenkungen von über 2000 m (vgl. Bohrungen auf der Kartenbeilage, ferner N. Théobald 1967) und Hebungen von gegen 2000 m (Sprunghöhe um 4000 m). Noch höhere Senkungsbeträge werden bei Karlsruhe mit zirka 3500 m (maximale Niveaudifferenz um 5000 m, vgl. H. Illies 1962a) angegeben. Im Zusammenhang mit diesen Vertikalbewegungen wurden alte, hercynisch angelegte Störungen reaktiviert; sowohl im Grabengebiet als auch in den Massiven kam es zu vielfach vergitterten Brüchen (Zerlegung in Bruchschollen).

⁸ In gewissen Grabenabschnitten wurden Vertikalbewegungen bis 1 mm pro Jahr gemessen (H. Illies 1962a).

Im Gegensatz zur Grabenbildung ist die Entstehung der anderen Grossstruktur — des *Juragebirges* — auf *kompressive* (tangentielle) Kräfte zurückzuführen. Der aus dem alpinen Raum wirkende Fernschub, der nur den Schichtstapel oberhalb des mittleren Muschelkalkes (Anhydritgruppe) erfasste, stauchte die Sedimenthülle zu einem respektablen Faltenbündel (Faltenjura) zusammen⁹. Die Entwicklungsgeschichte der Jurafaltung ist auf eine kurze Zeitspanne beschränkt: auf das Pliocaen. Insbesondere in der südlichen Fortsetzung des Oberrheingrabens (rheintalischer Faltenjura) interferieren rheinische Bruch- und jurassische Faltungstektonik miteinander.

Im *Eocaen* (Lutétien) setzten die ersten kräftigen *Absenkungsbewegungen* ein: Auf dem von Verwitterungsbildungen (Bohnerzformation) bedeckten Flachrelief bildeten sich im künftigen Grabengebiet flache Seebecken, in denen weitverbreitet limnische Sedimente zur Ablagerung gelangten. Über Ursache und Verlauf der Grabenbildung sei auf die umfassenden Arbeiten von H. Illies (1962 a, b, 1965, 1967) hingewiesen.

Zu Beginn des *Oligocaens* verstärkten sich einerseits die Absenkungen (Unterteilung in Schwellen und Becken), und andererseits fanden Hebungen der Massivkörper statt. Die Sedimentserie des Sannoisien, die in Beckenbereichen über 1000 m mächtig sein kann, besteht vorwiegend aus brackisch-lagunären Absätzen (Mergel, Kalke, Evaporite) und an den Grabenrändern aus klastischen (sandigen bis konglomeratischen) Bildungen. Es wird darauf verzichtet, die mannigfaltigen Gesteinsbezeichnungen zu nennen. Durch die rege Explorationstätigkeit auf Kalisalz (Becken von Mülhausen-Wittelsheim, Becken von Buggingen) und Erdöl (Ölfelder von Pechelbronn, Bruchsal, Staffelfelden etc.) ist die lithologische Ausbildung des Sannoisien bestens bekannt (W. Wagner 1929, V. Maikovsky 1941, L. Vonderschmitt 1942, «Erdöl am Oberrhein» 1962). Die paläogeographischen Aspekte werden bei C. Sittler (1965) und H. Fischer (1965) eingehend diskutiert. Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, dass im nördlichen Oberrheingraben die Sannoisien-Ablagerungen sehr geringmächtig sind, dass also eine starke initiale Grabenbildung im Süden einsetzte, während in miocaener und pliocaener Zeit die Sedimentmächtigkeiten (und Absenkungsbeträge) im nördlichen Grabengebiet überwiegen. Es scheint also eine grossräumige Kippbewegung stattgefunden zu haben — um einen Angelpunkt (Knickstelle) in der Gegend von Karlsruhe (H. Illies 1962a).

Das Rupélien ist gekennzeichnet durch eine marine Transgression, die aus dem norddeutschen Raum über die Hessische Senke in den südlichen Oberrheingraben vordrang. Seit der oberjurassischen Regression herrschen nun wieder erstmals vollmarine Verhältnisse in unserem Gebiet. Der fortschreitende Küstenverlauf der Meeresüberflutung ist südwärts bis ins Delsberger

⁹ Der Gesamtzusammenschub beträgt nach H. P. Laubscher (1961) im Querschnitt Waadtländer Jura - französischer Jura bei Salins um 20 km, im Querschnitt Grenchen - Delémont - Pfirter Jura etwa 11 km, nimmt im Aargauer Jura auf 3-5 km ab und setzt am Jura-Ostende (Lägern) aus.

Becken markiert durch Transgressionskonglomerate und «Meeressande» (H. Fischer 1965), während beckenwärts Mergelsedimentation vorliegt (Melletta-Schichten etc.). Im Verlaufe des Rupélien haben die feinklastisch-mergeligen Beckensedimente den Graben nahezu aufgefüllt; die Sedimente weisen auf eine geringe Reliefenergie der Grabenränder. Die im rheintalischen Jura häufig diskordante Auflagerung der Oligocaen-Bildungen auf verschiedene Malmstufen weist auf vor- und unteroligocaene Bruchfaltung (Flexuren) hin — und nicht, wie früher angenommen, auf eine alttertiäre Faltungsphase des Juras.

Im Süden hat zu dieser Zeit eine Einengung des nordhelvetisch-subalpinen Flysch-Meeres zu einem schmalen, langsam aussüssenden, perialpinen Trog stattgefunden, in dem sich die Untere Meeresmolasse absetzte. Einen paläogeographischen Überblick gibt R. F. Rutsch (1961/1962). Kurzfristige Kommunikationen mit dem Meer des Oberrheingrabens über die «raurachische Senke» sind anzunehmen (W. Weiler 1953, H. Fischer 1965).

Bereits im oberen Rupélien deuten sandige Einschaltungen in unserem Gebiet die beginnende Molasseschüttung aus dem südlichen, alpinen Raum (Thunersee-Schüttung) an. Der Gebirgskörper der Alpen hat sich erhoben und das schmale perialpine Molassemeer verdrängt. Starke erosive Tätigkeit liess die mächtigen Schuttfächer der Unteren Süsswassermolasse entstehen¹⁰ (E. Baumberger 1934, H. Füchtbauer 1958, U. P. Büchi et al. 1965 b). Im Raume Basel sind die sandigen Molasse-Einschwemmungen (Elsässer Molasse) vorerst noch seitlich verzahnt mit den Mergelablagerungen des aussüssenden Cyrenenmergel-Meeres. Fluvioterrestrische und limnische Sedimente weisen darauf hin, dass im oberen Chattien jedoch das Meer nach Norden zurückgewichen ist. Da die Meeresverbindung durch die Hessische Senke unterbrochen wurde, findet sich zu jener Zeit im mittleren und nördlichen Rheingraben ein ausgedehntes, aussüssendes Binnenmeer.

Zu Beginn des *Miocaens* (Aquitaniens) kam es im zentralen und nördlichen Rheingraben erneut zu einer marinen Verbindung — diesmal aber vermutlich über die Pfalzburger Senke mit einem im Westen gelegenen Meer (W. Wagner 1959). Beträchtliche Absenkungen und mächtige Sedimentanhäufungen (bei Heidelberg gegen 1500 m) charakterisieren jenes Gebiet. Die südlichsten Ausläufer dieses marin-brackischen Aquitans dürften bis in die Nähe von Strassburg gereicht haben.

Burdigales Alter ist — nach Säugerfunden in Tufflinsen zu schliessen — dem Kaiserstuhl-Vulkanismus zuzuschreiben. In enger Beziehung mit der basaltischen Magmenförderung stehen zweifellos beträchtliche tektonische Bewegungen — Heraushebung des südlichen Oberrheingrabens und Schollenbildung. Eine kurze Übersicht geben K. Sauer (1965) und O. F. Geyer und M. P. Gwinner (1968), während in den Erläuterungen zur Kaiserstuhl-Karte (1959) der geologische Aufbau des Vulkans und seiner Umgebung und

¹⁰ Die bei den Bohrungen Pfaffnau 1 und Altishofen 1 angetroffenen Mächtigkeiten der USM betragen 700 m bzw. 1000 m.

seine Entwicklungsgeschichte ausführlich beschrieben werden. Im Zusammenhang mit dem Kaiserstuhl-Vulkanismus stehen auch die zahlreichen mittel- bis obermiozänen Tuffschlote. Bekannt sind u. a. die Vorkommen am Tuniberg (H. Illies und W. Wimmenauer 1958), südlich von Müllheim (K. Sauer et al. 1955) und ferner bei Feuerbach (A. Schreiner et al. 1957).

Dem Burdigalien und Helvétien entsprechen im Molassebecken die Bildungen der Oberen Meeresmolasse — im Flachmeer abgelagerte Grobsande, Muschelsandsteine, Konglomerate (Nagelfluh) etc., die zuweilen limnische Einschaltungen aufweisen. Eine paläogeographische Darstellung geben U. P. Büchi et al. (1965 b). Die nördlichsten Vorkommen von marinem Helvétien finden sich ungefähr entlang dem Doubs, nördlich des Delsberger Beckens (Mettemberg, Kiffis), Laufener Becken, südlich der Ergolz, Aargauer Tafeljura. Dieser transgressive Vorstoss in nördliche Richtung war vermutlich nur kurzfristig. Das obere Helvétien ist im Tafeljura durch fluvio-lakustrische Heliciden-Mergel vertreten (F. Stumm 1964).

Bereits im Verlaufe des Helvétien begann aus dem alpinen Bereich eine verstärkte Geröll- und Sandzufuhr. Das Molassemeer wurde langsam verdrängt, und die Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (Tortonien) breiteten sich, vom mächtigen Napf-Schuttfächer ausgehend, weiträumig über das ganze zentralschweizerische Mittelland aus.

Im Basler und Aargauer Tafeljura sind die gleichaltrigen Bildungen als «Juranagelfluh» bekannt (F. Stumm 1964). Es handelt sich um eine Geröllschüttung aus dem Südschwarzwald. Die Nagelfluh ist — ähnlich wie im Molassebecken — seitlich oft verzahnt mit limnischen Kalken und Mergeln. Diese Nord-Süd gerichtete Schüttung lässt auf eine beginnende Hebung des Schwarzwaldes schliessen.

Die jüngste Abteilung des Tertiärs, das *Pliocaen*, zeichnet sich vor allem durch eine ausserordentlich starke *tektonische Aktivität* aus. Die ober-rheinischen Massive, die sich seit den Hebungen im Alttertiär mehr oder minder passiv verhalten haben, steigen nun um beträchtliche Beträge (gegen 1000 m) hoch, wobei die Hauptbewegungen nach H. Illies (1965) im Zeitraum Oberpliocaen bis Altpleistocaen stattgefunden haben sollen.

Die *Auffaltung des Juras* hat sich an der Wende Mittel-/Oberpliocaen ereignet. Allfällige frühere, einleitende Bewegungsphasen sind in jedem Falle ebenfalls postpontisch¹¹. Der Nordrand des rheintalischen Faltenjuras und die Beckenstrukturen in der südlichen Grabenverlängerung weisen auf Interferenzen zwischen dem jung-alpinotyp deformierten Deckgebirge mit germanotyper Sockeltektonik hin.

Es würde zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle auf die geometrischen Verhältnisse des Faltenkomplexes oder auf den Mechanismus des Faltungsvorganges zu sprechen kommen. Wir verweisen daher auf die ausge-

¹¹ Die frühere Ansicht einer zweiphasigen, prä- und postpontischen Jurafaltung (mit dazwischenliegender Peneplainisierungsphase) wird heute abgelehnt: H. P. Laubscher (1961, 1962a), H. Liniger (1967).

zeichnete — aber auch anspruchsvolle — Synthese von H. P. Laubscher (1965). Seine Ideen basieren auf der Fernschub-Hypothese — einer Weiterentwicklung der Buxtorf'schen Abscherungs-Hypothese (H. P. Laubscher 1961). Im Gegensatz dazu vertritt N. Pavoni (1961, 1968) die Ansicht, der Faltenjura sei durch Horizontalverschiebungsfaltung entstanden. Der wesentliche Unterschied der beiden Auffassungen besteht darin, dass beim letztgenannten Bewegungsmechanismus aktive Sockelbewegungen in ursächlichem Zusammenhang mit der Faltenbildung stehen, während bei Laubschers Fernschub ein passives Verhalten des Sockels angenommen wird.

Die Ablagerungen des Pliocaens haben vorwiegend fluvioterrestrischen Charakter. Während im nördlichen Oberrheingraben (bei Heidelberg) noch über 600 m pliocaene Ablagerungen festgestellt worden sind (H. Illies 1962a), ist ihre Mächtigkeit im Süden gering. Über Verbreitung, stratigraphische Einstufung, petrographische Zusammensetzung und Herkunft der pliocaenen Vogesen-, Höhen-, Sundgausotter usw. orientiert H. Liniger (1967) ausführlich. Für die in diesem Zusammenhang wichtige Entwicklung des Gewässernetzes verweisen wir auf J. Bartz (1961) und H. Liniger (1966, 1967).

Auf beiliegender geologischer Übersichtskarte wurden die Ablagerungen des Quartärs nicht berücksichtigt, um die geologischen Zusammenhänge übersichtlicher darstellen zu können. Nachfolgend seien lediglich einige Publikationen, mit deren Hilfe weitere Literaturstudien betrieben werden können, angefügt:

Gletscherstände, Vereisungen: R. Frei (1912), L. Erb (1948), M. Pfannenstiel (1958), H. Jäckli (1962), R. Hantke (1965)
Schweizerisches Quartär: P. Beck (1934), H. W. Zimmermann (1961), R. Hantke (1963)
Rheinlauf: O. Wittmann (1961, 1963), J. Bartz (1961)
Löss: G. H. Gouda (1962)
Geomorphologie: S. Moser (1958), D. Barsch (1968)







4 Anhang

Geologische Kartenblätter der Basler Region

Die nachfolgenden sechs Textfiguren geben eine Übersicht über die geologischen Kartenwerke Frankreichs, Deutschlands und der Schweiz¹². Mit einer Ausnahme sind nur Karten mit topographischer Unterlage berücksichtigt. Es wurde versucht, ausser den vergriffenen und momentan erhältlichen Karten auch die in Arbeit stehenden Kartenblätter zu erfassen; dies spiegelt zugleich den Stand der geologischen Aufnahmetätigkeit in unserer Gegend wider.

¹² Ich möchte an dieser Stelle Herrn B. Baur (Geographisches Institut) für die Mit-hilfe beim Erstellen dieser Kartenübersicht bestens danken.

Die in Abb. 5-8 verwendeten Symbole sind nachstehend angeführt:

	Karte erhältlich		Karte vergriffen
	Karte im Druck (erscheint 1969/70)		Karte vergriffen. Neuauflage in Vorbereitung
	Karte in Vorbereitung (erscheint in 2-3 Jahren)		Karte in Bearbeitung (Feldaufnahmen)

1:1 000 000

Carte géologique de la France (4ème édition), 1955.
(vergriffen; Neuauflage nächstens erhältlich)

1:600 000

Geologische Übersichtskarte von Südwestdeutschland, 1954.

1:500 000

Geologische Übersichtskarte der Schweiz (in Vorbereitung).

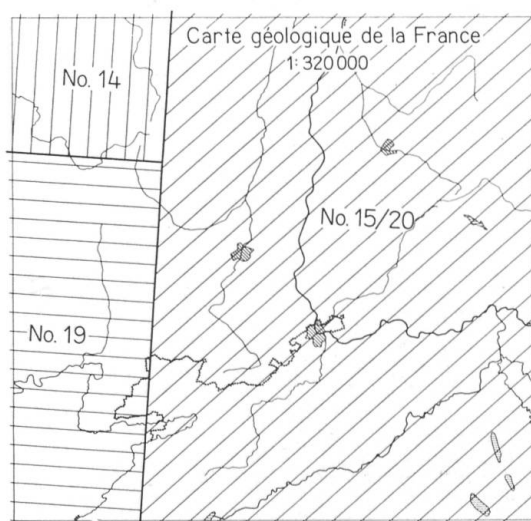


Abb. 3

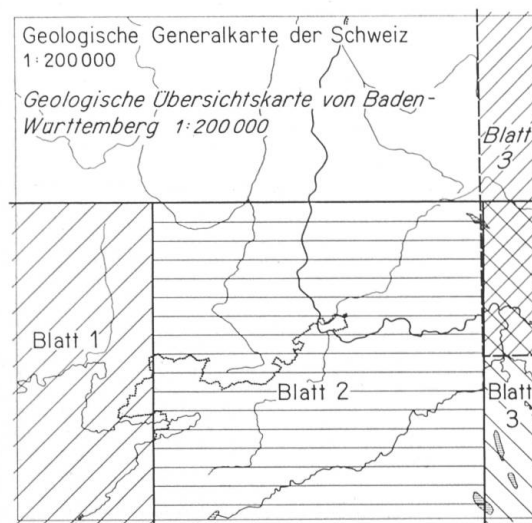


Abb. 4

1:320 000

Carte géologique de la France (vgl. Abb. 3)

- No. 14: *Metz*, 1937.
(2. Aufl. vergriffen; Neuaufl. in Vorbereitung)
- No. 19: *Dijon*, 1927.
(1. Aufl. vergriffen; Neuaufl. im Druck)
- No. 15/20: *Strasbourg — Mulhouse*, 1956.

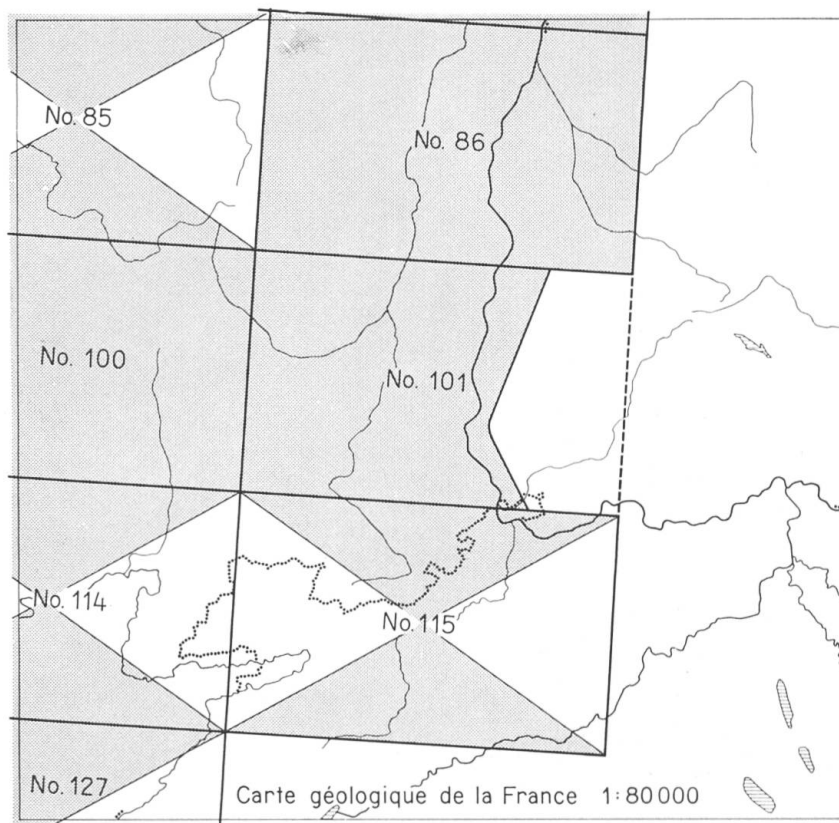


Abb. 5

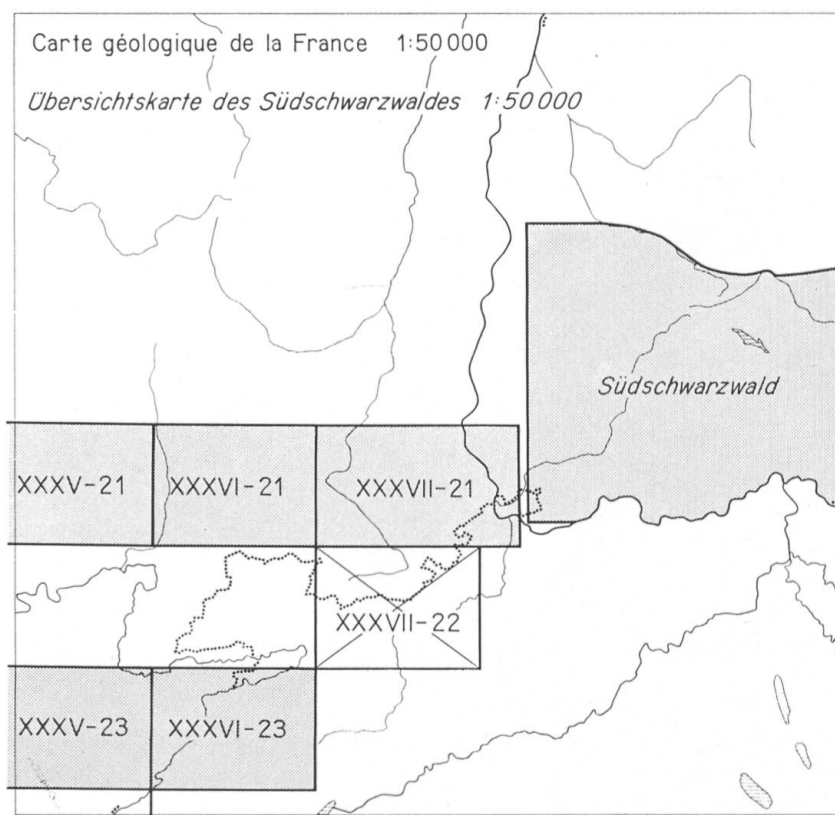


Abb. 6

1:200 000

Geologische Generalkarte der Schweiz (vgl. Abb. 4)

- Blatt 1: *Neuchâtel*, 1944.
- Blatt 2: *Basel—Bern*, 1942 (vergriffen).
- Blatt 3: *Zürich—Glarus*, 1950.

Geologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg (vgl. Abb. 4)

- Blatt 3: *Südwest*, 1931.

1:100 000

Geologische Karte der Schweiz (veraltet)

- Blatt II: *Belfort—Basel*, 1874 (vergriffen).
- Blatt III: *Liestal—Schaffhausen*, (2. Aufl.) 1876 (vergriffen).
- Blatt VI: *Besançon—Le Locle*, 1870 (vergriffen).
- Blatt VII: *Porrentruy—Solothurn*, (2. Aufl.) 1904 (vergriffen).
- Blatt VIII: *Aarau—Luzern—Zug—Zürich*, (2. Aufl.) 1913.

1:80 000

Carte géologique de la France (vgl. Abb. 5)

- No. 85: *Epinal*, 1939 (2. Aufl.).
- No. 86: *Colmar*, 1962 (2. Aufl.).
- No. 100: *Lure*, 1965 (3. Aufl.).
- No. 101: *Mulhouse*, 1961 (2. Aufl.).
- No. 114: *Montbéliard*, 1933 (2. Aufl.).
- No. 115: *Ferrette*, 1885.
- No. 127: *Ornans*, 1942 (2. Aufl.).

1:50 000

Carte géologique de la France (vgl. Abb. 6)

- Flle. XXXV-21: *Lure*, 1967.
- Flle. XXXVI-21: *Belfort*, 1963.
- Flle. XXXVII-21: *Altkirch—Huningue*, 1958.
- Flle. XXXVII-22: *Ferrette*, 1934.
- Flle. XXXV-23: *Maîche*, 1965.
- Flle. XXXVI-23: *Damprichard*, 1965.

Geologisch-petrographische Übersichtskarte des Südschwarzwaldes, 1957 (ohne Topographie). Erläuterungen von R. Metz und G. Rein, 1958 (vgl. Abb. 6).

1:25 000

Geologischer Atlas der Schweiz (vgl. Abb. 7)

- Nr. 1: *Movelier—Soyhières—Delémont—Courrendlin*, 1930.
- Nr. 3: *Laufen—Bretzwil—Erschwil—Mümliswil*, 1936.
- Nr. 15: *Biaufond—Les Bois—La Ferrière—St. Imier*, 1946.
- Nr. 18: *Beromünster—Hochdorf—Sempach—Eschenbach*, 1945.
- Nr. 40: *St-Ursanne*, 1963.
- Nr. 49: *Rodersdorf*, 1965.
- Nr. 50: *Wohlen*, 1966.
- Nr. 55: *Bonfol* (im Druck).
- *Basel* (in Vorbereitung).
- *Arlesheim* (in Bearbeitung).
- *Sissach* (in Bearbeitung).
- *Bellelay* (in Bearbeitung).
- *Solothurn* (in Bearbeitung).

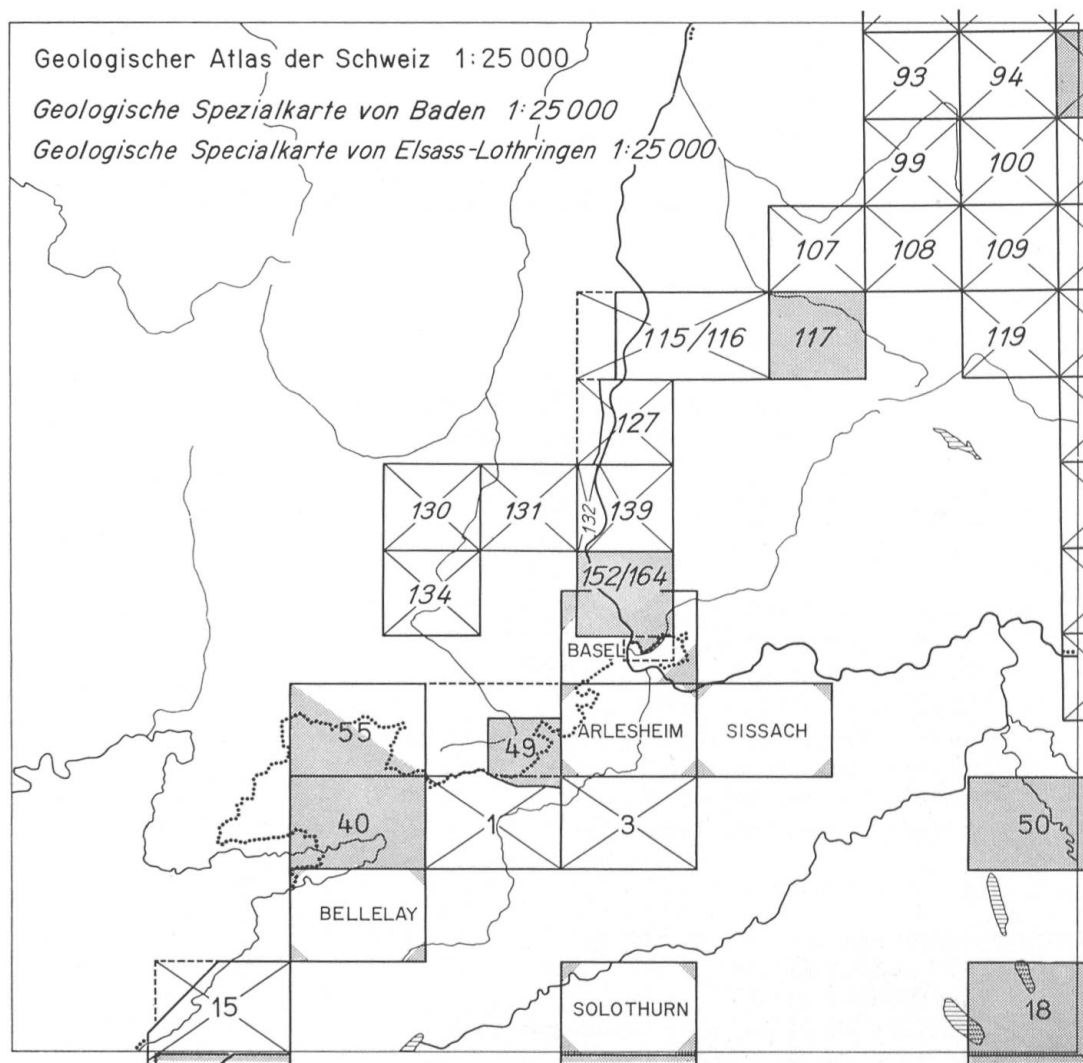


Abb. 7

Geologische Spezialkarte von Baden (vgl. Abb. 7)

- Nr. 93: Haslach, 1899.
- Nr. 94: Hornberg, 1896.
- Nr. 99: Elzach, 1907.
- Nr. 100: Triberg, 1898.
- Nr. 107: Waldkirch, 1935.
- Nr. 108: St. Peter, 1904.
- Nr. 109: Furtwangen, 1901.
- Nr. 115/116: Hartheim—Ehrenstetten, 1895.
- Nr. 117: Freiburg, 1968.
- Nr. 119: Neustadt, 1900.
- Nr. 127: Müllheim, 1902.
- Nr. 139: Kandern, 1911.
- Nr. 152/164: Lörrach—Weil, 1952.

Geologische Spezialkarte von Elsass-Lothringen (vgl. Abb. 7)

- Nr. 130: Mülhausen West, 1893.
- Nr. 131: Mülhausen Ost, 1895.

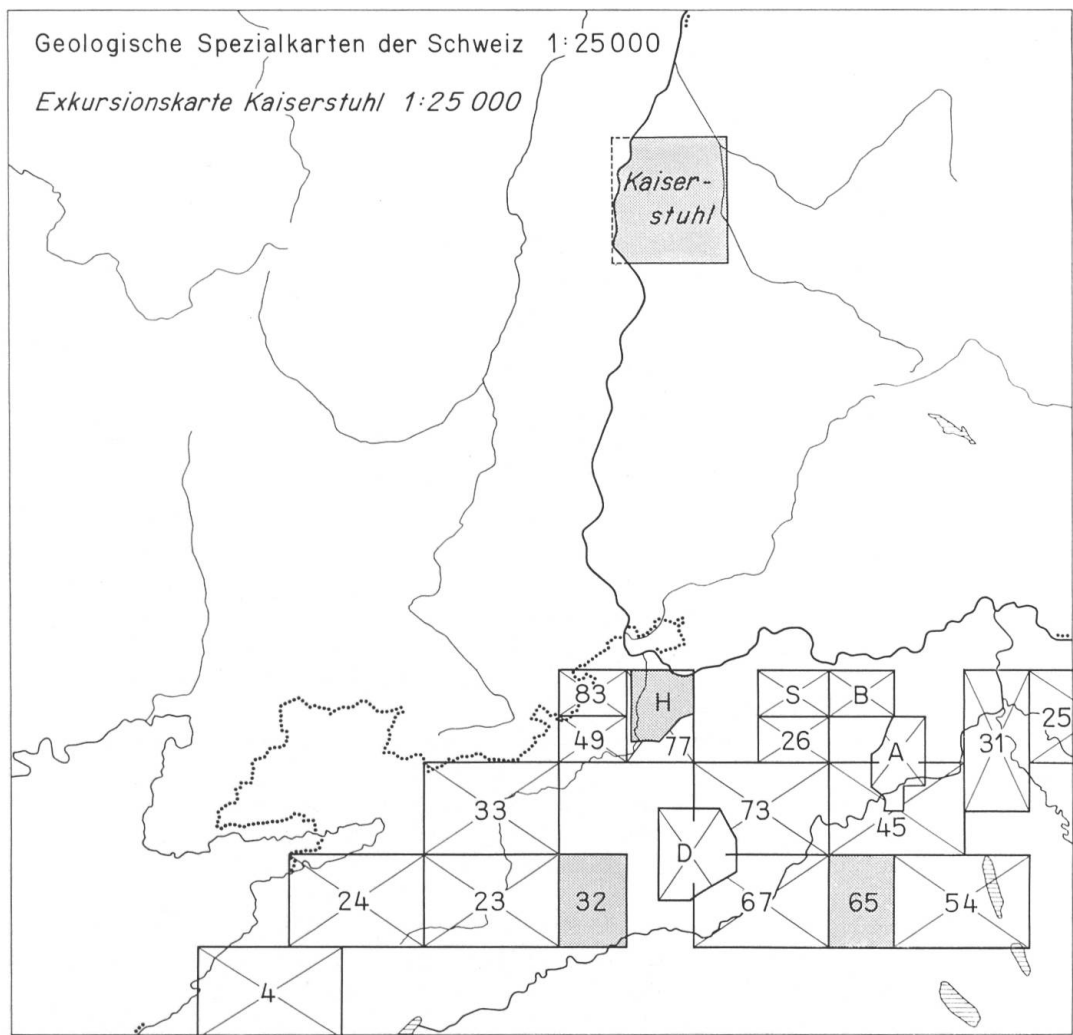


Abb. 8

- Nr. 132: *Homburg*, 1895.
- Nr. 134: *Altkirch*, 1899.

Geologische Spezialkarten der Schweiz (vgl. Abb. 8)

- Nr. 4: *Carte géologique des environs de St-Imier*, 1894.
- Nr. 23: *Carte tectonique des environs de Moutier*, 1900.
- Nr. 24: *Carte tectonique des environs de Bellelay*, 1901.
- Nr. 25: *Geologische Karte der Lägernkette*, 1901.
- Nr. 26: *Gelterkinden*, 1901.
- Nr. 31: *Geologische Karte des unteren Aare-, Reuss- und Limmat-Tales*, 1904.
- Nr. 32: *Carte tectonique d'Envelier et du Weissenstein*, 1904.
- Nr. 33: *Carte tectonique des environs de Delémont*, 1904.
- Nr. 45: *Geologische Karte der Umgebung von Aarau*, 1908.
- Nr. 49: *Geologische Karte des Blauenberges südlich Basel*, 1908.
- Nr. 54: *Geologische Karte der Umgebung des Hallwilersees und des obern Winen- und Surtales*, 1910.
- Nr. 65: *Geologische Karte von Zofingen*, 1912.
- Nr. 67: *Geologische Karte des Gebietes Roggen—Born—Boowald*, 1913.

- Nr. 73: *Geologische Karte des Hauensteingebietes*, 1915.
 - Nr. 77: *Geologische Karte von Basel I: Gempfenplateau und unteres Birstal*, 1916.
 - Nr. 83: *Geologische Karte von Basel II: S-W Hügelland mit Birsigtal*, 1917.
- Andere schweizerische Karten* (vgl. Abb. 8)
- A *Tektonische Karte des Staffelegg-Gebietes*, 1915.
A. Amsler: *Eclogae geol. Helv.* 13/4, 1915.
 - B *Geologische Karte der Umgebung von Frick*, 1920.
L. Braun: *Verh. natf. Ges. Basel* 31, 1920.
 - D *Geologische Karte des Kettenjura zwischen Reigoldswil und Oensingen*, 1912.
W. Delhaes und H. Gerth: *Geol. u. palaeont. Abh., NF.* 11/1 (Jena), 1912.
 - H *Geologische Karte des Tafeljura südöstlich von Basel*, 1956.
P. Herzog: *Eclogae geol. Helv.* 49/2, 1956.
 - S *Geologische Karte von Maisprach*, 1915.
R. Suter: *Verh. natf. Ges. Basel* 26, 1915.
- Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls*, 1957 (vgl. Abb. 8)

LITERATUR

- Barsch, D. (1968): Die geomorphologische Übersichtskarte 1:250 000 der Basler Region. — *Regio Basiliensis IX/2*, p. 384-403.
- Bartz, J. (1961): Die Entwicklung des Flussnetzes in Südwestdeutschland. — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 4, p. 127-135.
- Baumberger, E. (1934): Die Molasse des Schweizerischen Mittellandes und Juragebietes. — *Geol. Führer Schweiz I*, p. 57-75 (Wepf & Cie., Basel).
- Beck, P. (1934): Das Quartär. — *Geol. Führer Schweiz I*, p. 26-41 (Wepf & Cie., Basel).
- Bolliger, W. und Burri, P. (1970): Sedimentologie von Carbonatplattform- und Beckenablagerungen im Oxfordien des zentralen Schweizer Jura. — *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF.* (in Vorb.).
- Büchi, U. P., Lemcke, K., Wiener, G. und Zimdars, J. (1965a): Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. — *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 32/82, p. 7-38.
- Büchi, U. P., Wiener, G. und Hofmann, F. (1965b): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.* 58/1, p. 87-108.
- Colloque du Jurassique à Luxembourg 1962* (1964): Congrès Géologique International, Commission Internationale de Stratigraphie. — *Minist. Arts et Sci., Luxembourg.*
- Disler, C. (1941): Stratigraphischer Führer durch die geologischen Formationen im Gebiet zwischen Aare, Birs und Rhein. — Wepf & Cie., Basel.
- Dorn, P. (1960): *Geologie von Mitteleuropa* (2. Aufl.). — Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Dreyfuss, M. (1954): Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur. — *Mém. Soc. géol. France, nouv. Sér.* 69, p. 1-62.
- Dubois, G. et Dubois, C. (1955): La Géologie de l'Alsace. — *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 13.
- Dubois, G. et Dubois, C. (1957): Notice explicative de la Carte géologique au 1:320 000 Strasbourg-Mulhouse. — *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 10/1.
- Eller, J.-P. von (1961a): Les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines et les séries voisines des Vosges moyennes. — *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 19.
- Eller, J.-P. von (1961b): Carte géologique et pétrographique des Vosges moyennes, partie centrale et partie orientale (1:50 000). — *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 14/1.
- Erb, L. (1948): Die Geologie des Feldbergs (aus Müller, K.: *Der Feldberg im Schwarzwald*). — Bielefelds Verlag, Freiburg i. Br.
- Erdöl am Oberrhein* (1962): Ein Heidelberger Kolloquium. — *Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 4.

- Erläuterungen zur Geologischen Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Blatt 2: Basel-Bern* (1951), Blatt 3: Zürich-Glarus (1957). — Schweiz. geol. Komm.
- Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1: Movelier-Soyhières-Delémont-Courrendlin* (1930), Blatt 3: Laufen-Bretzwil-Erschwil-Mümliswil (1936), Blatt 18: Beromünster-Hochdorf-Sempach-Eschenbach (1945), Blatt 40: St-Ursanne (1963), Blatt 49: Rodersdorf (1965), Blatt 50: Wohlen (1966), Blatt 55: Bonfol (in Vorb.). — Schweiz. geol. Komm.
- Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Baden 1:25 000, Blatt 152/164: Lörrach-Weil* (1952). — Bad. geol. Landesanstalt.
- Erläuterungen zur geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1:25 000* (1959). — Geol. Landesamt Baden-Württemberg.
- Erni, A. und Kelterborn, P.* (1948): Ölgeologische Untersuchungen im Molassegebiet südlich Wangen a. d. Aare - Aarburg. — Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 26/2, p. 1-37.
- Favre, J. et Jeannet, A.* (1934): Le Jura. — Geol. Führer Schweiz I, p. 42-56 (Wepf & Cie., Basel).
- Fischer, H.* (1965): Geologie des Gebietes zwischen Blauen und Pfirter Jura (SW Basel). Mit einem mikropaläontologischen und einem paläogeographischen Beitrag. — Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 122.
- Fischer, H. und Luterbacher, H.* (1963): Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion 1 (Kt. Fribourg) und Altishofen 1 (Kt. Luzern). — Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 115.
- Frei, R.* (1912): Über die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. — Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 41.
- Frey, M.* (1968): Quartenschiefer, Equisetenschiefer und germanischer Keuper — ein lithostratigraphischer Vergleich. — Eclogae geol. Helv. 61/1, p. 141-156.
- Füchtbauer, H.* (1958): Die Schüttungen im Chatt und Aquitan der deutschen Alpenvorlandsmolasse. — Eclogae geol. Helv. 51/3, p. 928-941.
- Genser, H.* (1966): Schichtenfolge und Stratigraphie des Doggers in den drei Faziesbereichen der Umrandung des Südschwarzwaldes. — Oberrhein. geol. Abh. 15, p. 1-60.
- Geologischer Führer der Schweiz*, 1. Aufl. (1934), 2. Aufl. (1967). — Wepf & Co., Basel.
- Geyer, O. F. und Gwinner, M. P.* (1968): Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg (2. Aufl.). — Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Gouda, G. H.* (1962): Untersuchungen an Lössen der Nordschweiz. — Geographica helv. 17/3, p. 137-221.
- Gygi, R. A.* (1969): Zur Stratigraphie der Oxford-Stufe (oberes Jura-System) der Nordschweiz und des süddeutschen Grenzgebietes. — Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 136.
- Häfeli, C.* (1966): Die Jura/Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kanton Bern). — Eclogae geol. Helv. 59/2, p. 565-696.
- Hameurt, J.* (1967): Carte géologique et pétrographique des terrains cristallins et cristallophylliens des Vosges moyennes lorraines 1:100 000. — Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine 20/2, p. 117-130.
- Hantke, R.* (1963): Chronologische Probleme im schweizerischen Quartär. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF. 45, p. 45-60.
- Hantke, R.* (1965): Zur Chronologie der präwürmeiszeitlichen Vergletscherungen in der Nordschweiz. — Eclogae geol. Helv. 58/2, p. 877-899.
- Heim, A.* (1919): Geologie der Schweiz (Bd. I). — Tauchnitz, Leipzig.
- Heusser, H.* (1926): Beiträge zur Geologie des Rheintales zwischen Waldshut und Basel. — Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 57/2.
- Hoernes, D., Mehnert, K.-R. und Schneiderhöhn, H.* (1949): Führer zu Petrographisch-Geologischen Exkursionen im Schwarzwald und Kaiserstuhl. — Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hottinger, L.* (1967): Die Erdgeschichte in der Umgebung von Basel. — Veröff. nathist. Museum Basel 6.
- Illies, H.* (1956): Der mittlere Dogger im badischen Oberrheingebiet. — Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 46, p. 5-52.

- Illies, H.* (1962a): Prinzipien der Entwicklung des Rheingrabens, dargestellt am Grabenabschnitt von Karlsruhe. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg 31, p. 58-121.
- Illies, H.* (1962b): Oberrheinisches Grundgebirge und Rheingraben. — Geol. Rdsch. 52/1, p. 317-332.
- Illies, H.* (1965): Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. — Oberrhein. geol. Abh. 14, p. 1-54.
- Illies, H.* und *Wimmenauer, W.* (1958): Ein neues Tuffvorkommen am Tuniberg bei Freiburg i. Br. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg 3, p. 195-211.
- Jäckli, H.* (1962): Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum. — Eclogae geol. Helv. 55/2, p. 285-294.
- Jung, J.* (1928): Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. — Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine 2.
- Kelterborn, P.* (1948): Die Erdölfrage im Molassegebiet von Aarau und Umgebung. — Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 26/2, p. 39-51.
- Laubscher, H. P.* (1961): Die Fernschubhypothese der Jurafaltung. — Eclogae geol. Helv. 54/1, p. 221-282.
- Laubscher, H. P.* (1962a): Die Zweiphasenhypothese der Jurafaltung. — Eclogae geol. Helv. 55/1, p. 1-22.
- Laubscher, H.* (1962b): Erdbeben und Tektonik im Rheintal. — Verh. natf. Ges. Basel 73/2, p. 281-289.
- Laubscher, H. P.* (1965): Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. — Eclogae geol. Helv. 58/1, p. 231-318.
- Liniger, H.* (1966): Das plio-altpleistozäne Flussnetz der Nordschweiz. — Regio Basiliensis VII/2, p. 158-177.
- Liniger, H.* (1967): Pliozän und Tektonik des Juragebirges. — Eclogae geol. Helv. 60/2, p. 407-490.
- Lutz, M.* (1964): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Wiesental und Hochrhein. — Oberrhein. geol. Abh. 13, p. 75-122.
- Maikovsky, V.* (1941): Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du Bassin potassique d'Alsace. — Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine 6.
- Margerie, E. de* (1936): Le Jura (2e partie). — Mém. serv. Expl. Carte géol. dét. France (Paris).
- Merki, P.* (1961): Der Obere Muschelkalk im östlichen Schweizer Jura. — Eclogae geol. Helv. 54/1, p. 137-219.
- Metz, R.* und *Rein, G.* (1958): Erläuterungen zur Geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1:50 000. — Schauenburg Verlag, Lahr/Schwarzwald.
- Moser, S.* (1958): Studien zur Geomorphologie des zentralen Aargaus. — Mitt. geogr.-ethnol. Ges. Basel 10, p. 1-100.
- Notice explicative* de la Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000, Feuille 1: Neuchâtel (1956). — Comm. géol. suisse.
- Notice explicative* de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000, Feuille 15: Biaufond-Les Bois-La Ferrière-St-Imier (1946). — Comm. géol. suisse.
- Notice explicative* de la Carte géologique de la France 1:80 000, Feuille 85: Epinal (1939), Feuille 86: Colmar (1962), Feuille 100: Lure (1965), Feuille 101: Mulhouse (1961), Feuille 114: Montbéliard (1933), Feuille 127: Ornans (1942). — Serv. Carte géol. France.
- Notice explicative* de la Carte géologique de la France 1:50 000, Feuille XXXV-23: Maîche (1965), Feuille XXXVI-21: Belfort (1963), Feuille XXXVI-23: Damprichard (1965), Feuille XXXVII-21: Altkirch-Huningue (1958), Feuille XXXVII-22: Ferrette (1934). — Serv. Carte géol. France.
- Notice explicative* de la Carte géologique et agronomique du Département du Haut-Rhin 1:100 000 (1955). — Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine.
- Oertli, H. J.* (1965): Bemerkungen zur Jura/Kreide-Grenze. — Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81, p. 73-74.

- Pavoni, N.* (1961): Faltung durch Horizontalverschiebung. — *Eclogae geol. Helv.* 54/2, p. 515-534.
- Pavoni, N.* (1968): Kriterien zur Beurteilung der Rolle des Sockels bei der Faltung des Faltenjura. — *Mitt. Inst. Geophysik ETH Zürich* 47, p. 307-314.
- Perriaux, J.* (1961): Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. — *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 18.
- Pfannenstiel, M.* (1958): Die Vergletscherung des südlichen Schwarzwaldes während der Risseiszeit. — *Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br.* 48/2, p. 231-272.
- Pümpin, V. F.* (1965): Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und Umgebung (Zentraler Schweizer Jura). — *Eclogae geol. Helv.* 58/2, p. 799-876.
- Renz, O.* (1936): Über ein Maestrichtien-Cénomanienvorkommen bei Alfermée am Bielersee. — *Eclogae geol. Helv.* 29/2, p. 545-566.
- Rhinegraben Progress Report 1967* (1967): International Upper Mantle Project, Scientific Report No. 13. — *Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 6.
- Rutsch, R. F.* (1961/1962): Zur Palaeogeographie der subalpinen Unteren Meeresmolasse (Rupélie) der Schweiz (Teil I und II). — *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 28/74, p. 27-32 und 28/75, p. 13-24.
- Sauer, K.* (1965): Geologischer Bau und Oberflächenformen. — *Freiburg i. Br., Stadt- und Landkreis* 1/1, p. 4-60.
- Sauer, K., Söll, H., Wimmenauer, W. und Wittmann, O.* (1955): Ein tertiärer Tuffschlot auf der Röthe südlich Müllheim (Südbaden). — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 1, p. 361-366.
- Schmassmann, H.* (1945): Stratigraphie des mittleren Doggers der Nordschweiz. — *Diss. Univ. Basel*.
- Schmassmann, H. und Bayramgil, O.* (1946): Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz. — *Tätber. natf. Ges. Baselland* 15 (1945), p. 9-117.
- Schmidt, C., Braun, L., Paltzer, G., Mühlberg, M., Christ, P. und Jacob, F.* (1924): Die Bohrungen von Buix bei Pruntrut und Allschwil bei Basel. — *Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser.* 10.
- Schreiner, A., Söll, H. und Wimmenauer, W.* (1957): Über zwei neugefundene tertiäre Tuffschlote bei Feuerbach (Südbaden). — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 2, p. 179-192.
- Schuppli, H. M.* (1950): Ölgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. — *Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser.* 26/3.
- Schuppli, H. M.* (1952): Ölgeologische Probleme des Mittellandes östlich der Linie Solothurn-Thun. — *Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser.* 26/4, p. 32-79.
- Simmler, F.* (1962): Le granite des Crêtes à l'ouest de Sainte-Marie-aux-Mines (Vosges). — *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 15/3, p. 81-126.
- Sittler, C.* (1965): Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. — *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 24.
- Stäubli, A. J.* (1959): Zur Stratigraphie des Callovien im zentralen Schweizer Jura. — *Eclogae geol. Helv.* 52/1, p. 57-176.
- Stumm, F.* (1964): Das Tertiär des Basler Tafeljura (Mit besonderer Berücksichtigung der miocaenen Ablagerungen). — *Verh. natf. Ges. Basel* 75/2, p. 153-218.
- Suter, H. und Lüthi, E.* (1969): Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Nr. 51: Val de Ruz. — *Schweiz. geol. Komm.*
- Théobald, N.* (1967): Les sondages profonds de la partie méridionale du Fossé rhénan. Renseignements généraux sur l'évolution du Fossé rhénan. — *Ann. sci. Univ. Besançon* (3), 3, p. 1-24.
- Trümpy, R.* (1959): Hypothesen über die Ausbildung von Trias, Lias und Dogger im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. — *Eclogae geol. Helv.* 52/2, p. 435-448.
- Vonderschmitt, L.* (1941): Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im nordschweizerischen Jura vom 8. bis 11. September 1941. — *Eclogae geol. Helv.* 34/2, p. 199-208.

- Vonderschmitt, L.* (1942): Die geologischen Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass). — *Eclogae geol. Helv.* 35/1, p. 67-99.
- Vosseler, P.* (1947): Einführung in die Geologie der Umgebung von Basel in 12 Exkursionen. — Verl. Helbing & Lichtenhahn, Basel.
- Wagner, W.* (1929): La géologie des puits des mines de potasse de la Haute-Alsace. — *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 1.
- Wagner, W.* (1959): Das Aquitan zwischen Schweizer Jura und Niederhessen. — *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.* Wiesbaden 87, p. 376-397.
- Waibel, A. und Burri, F.* (1961): *Lexique stratigraphique international*, Fasc. 7a: Jura-gebirge und Rheintalgraben. — *Centre natn. Rech. sci. Paris*.
- Weiler, W.* (1953): Die Verbindung des mitteloligozänen Rheintalgrabens mit dem Mittelmeer. — *Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF.* 34 (1952), p. 21-29.
- Wittmann, O.* (1949): Das südöstliche Ende des Oberrheingrabens. — *Geol. Rdsch.* p. 24-42.
- Wittmann, O.* (1952): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Baden 1:25 000, Blatt Lörrach (Nr. 152) und Blatt Weil (Nr. 164). — *Bad. geol. Landesanst.*
- Wittmann, O.* (1961): Die Niederterrassenfelder im Umkreis von Basel und ihre kartographische Darstellung. — *Basler Beitr. Geogr. u. Ethnol.* 3, p. 1-46.
- Wittmann, O.* (1963): Hochrhein und Oberrhein bis Karlsruhe. — *Beitr. Rheinkunde Koblenz* 14, p. 2-13.
- Wurster, P.* (1968): Paläogeographie der deutschen Trias und die paläogeographische Orientierung der Lettenkohle in Südwestdeutschland. — *Eclogae geol. Helv.* 61/1, p. 157-166.
- Ziegler, M. A.* (1962): Beiträge zur Kenntnis des unteren Malm im zentralen Schweizer Jura. — *Diss. Univ. Zürich*.
- Ziegler, P. A.* (1956): Geologische Beschreibung des Blattes Courtelary und: Zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura. — *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF.* 102.
- Zimmermann, H. W.* (1961): Die Eiszeit im westlichen zentralen Mittelland (Schweiz). — *Diss. Univ. Zürich*.