

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 32 (1965-1966)
Heft: 82

Artikel: Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens
Autor: Büchi, U.P. / Lemcke, K. / Wiener, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-193989>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens *

Mit 17 Figuren im Text

von U. P. BÜCHI, K. LEMCKE, G. WIENER, J. ZIMDARS¹⁾

Zusammenfassung

Es werden zunächst die geologischen Kurzprofile der Bohrungen Essertines 1, Pfaffnau 1, Lindau 1, Berlingen 1 und Kreuzlingen 1 mitgeteilt. Anschliessend werden Formation für Formation die faziellen, stratigraphischen und paläogeographischen Ergebnisse dieser Bohrungen besprochen. Davon ist folgendes hervorzuheben:

Die Unterlage des Muschelkalks wird teils von Kristallin, teils von permokarbonen Sedimenten gebildet.

Wo vollständige Profile vorliegen, beginnt der Muschelkalk überall mit einem Basissandstein, der dem Melser Sandstein ähnelt. Im übrigen ist der Muschelkalk in germanischer Fazies ausgebildet. In Pfaffnau 1 enthält der Mittlere Muschelkalk ein 80 m mächtiges kompaktes Steinsalzlager.

Der Keuper ist in der Ost- und Mittelschweiz noch ähnlich wie in Süddeutschland entwickelt. In der Südwestschweiz wird er zunehmend salinar und enthält in Essertines 1 zahlreiche Steinsalzlagen von zusammen 80–90 m Mächtigkeit. Zugleich nimmt seine Gesamtmächtigkeit dort gewaltig zu.

Der Schilfsandstein ist in seiner tonigen Normalfazies ebenso wie in der Sandfazies an einem besonders kräftigen Ausschlag der Gammastrahlung erkennbar, so dass er gut als Zeitmarke benutzt werden kann. Danach fehlt in Pfaffnau 1 offenbar der grösste Teil des oberen Mittelkeupers, sei es primär oder infolge Abtragung.

Das Rhät schneidet den Mittelkeuper transgressiv in verschiedenen Horizonten ab. Es ist wie im süddeutschen Bereich tonig-sandig entwickelt; zwischen Pfaffnau 1 und Lindau 1 fehlt es möglicherweise weitgehend.

Der Lias zeigt in Bodenseenähe noch die süddeutsche Ausbildung mit allen Stufen. In der mittleren Schweiz steht ein sandiger unterer Lias einem kalkigen höheren Lias gegenüber; ob dort alle Stufen vorhanden sind, ist ungewiss. In der Südwestschweiz wird der Lias tonig-mergelig und schwillt in Essertines 1 zu grossen Mächtigkeiten an.

Dogger und Malm sind am Bodensee noch wie in Süddeutschland ausgebildet. Nach SW ist sehr gut der unter gleichzeitiger Mächtigkeitszunahme erfolgende Übergang in die keltische Fazies zu verfolgen.

Auch für die nur in der Südwestschweiz erhalten gebliebenen Stufen der Unterkreide ergibt sich eine primäre Mächtigkeitszunahme nach Südwesten. Die vom Anstehenden bekannten Einzelhorizonte lassen sich z. T. in den Bohrungen wiedererkennen.

Im letzten Abschnitt des Aufsatzes wird die tektonische Gesamtsituation beleuchtet. Einer tiefen Senke in der Südwestschweiz, die mit mindestens 2600 m fast ausschliesslich marinem Mesozoikum gefüllt ist

*) Nach einem Vortrag von K. LEMCKE, gehalten an der Jahrestagung der Vereinigung Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing. in Neuchâtel am 26. Juni 1965.

¹⁾ Anschriften der Autoren:

Dr. U. P. BÜCHI (SEAG, Zürich): 8127 Forch ZH, Eggenberg

Dr. K. LEMCKE (Gewerkschaft Elwerath, Erdölwerke Hannover): 8 München-Pasing, Fritz-Reuter-Strasse 19

Dr. G. WIENER, 3006 Bern, Friedlistrasse 14

Dr. J. ZIMDARS (Gewerkschaft Elwerath, Erdölwerke Hannover): 894 Memmingen, Tillystrasse 16

und ein gewisses Pendant in der ostbayerischen Kreidemulde östlich München besitzt, steht eine Schwel-
lenregion zwischen Aarmassiv und Schwarzwald gegenüber, die zum ersten Mal im Rhät angedeutet ist
und sich mit Unterbrechungen wohl bis in die Molassezeit bemerkbar macht.

Abstract

The geological results of the exploration for oil in the Mesozoic of the Swiss Molasse basin are pre-
sented.

Condensed logs of the deep tests drilled from 1962 to 1964 are listed.

Time-rock-units are then discussed separately, each from the point of view of facies, stratigraphy and
paleogeography.

The following results are noteworthy:

The Pre-Muschelkalk consists either of *Granite* or of *Permocarbon* sediments.

Where complete sequences are present, the *Muschelkalk* sedimentation always starts with a basal sand-
stone similar to the alpine «Melsersandstein». Besides, the *Muschelkalk* is developed in germanic facies.
The middle *Muschelkalk* of Pfaffnau 1 contains a solid *rock-salt* member of 80 meters (244 feet) thickness.

In E and Central Switzerland the *Keuper* facies is similar to that in Southern Germany. Towards south-
west it gets increasingly saline and in Essertines 1 it contains numerous layers of rock salt of a combined
thickness of 80 to 90 meters (244–274 feet). In the same direction total thickness of this unit increases
tremendously.

The «Schilfsandstein» is easily recognized both in its normal argillaceous facies and in its sandy facies
by a distinct positive gamma ray departure which represents an excellent time-rock marker. Accordingly
in Pfaffnau 1 the greater part of the upper middle *Keuper* is evidently missing, either due to lack of de-
position or due to erosion.

Rhetian sediments are cutting transgressively into different levels of the middle *Keuper*. As in Southern
Germany they are developed as an argillaceous-sandy sequence. They are possibly lacking in the region
between Pfaffnau 1 and Lindau 1.

All stages and substages of the *Liassic* in the neighbourhood of the Lake of Constance («Bodensee»)
show the distinct facies of Southern Germany. In Central Switzerland a sandy lower *Liassic* is followed
by a calcareous upper *Liassic*; here it is uncertain if all stages are present. In South-Western Switzerland
the *Liassic* rocks get argillaceous-marly and in Essertines 1 increase to great thickness.

Dogger and *Malm* near the Lake of Constance show the same developpement as in Southern Germany.
The continous increase in thickness combined with a transition into celtic facies towards the south-west
can easily be traced.

The stages of *Lower Cretaceous* which are only preserved in South-Western Switzerland also show a
primary increase in thickness towards the south-west. Part of the stages and horizons known from out-
crops of the region are easily recognized in the drillings.

The final chapter of the paper deals with the general *tectonics*. A deep *through* in Western Switzer-
land filled with a total of at least 2600 meters (7925 feet) of marine Mesozoic sediments has its equivalent
in the *East Bavarian cretaceous through* to the east of Munich. The throughs are separated by a *swell* with a
culminating high extending between the «Aarmassiv» to the south and the Black Forest («Schwarzwald»)
to the north. This high had first been indicated during the *Rhetian* time and since has probably been
active (with interruptions) until the *Molasse* deposition (upper Tertiary).

Résumé

En premier lieu, les auteurs citent les profils géologiques condensés des sondages Essertines 1, Pfaff-
nau 1, Lindau 1, Berlingen 1 et Kreuzlingen 1. Puis ils exposent les résultats stratigraphiques et paléogéo-
graphiques de ces sondages. Il importe d'en préciser ce qui suit:

Le soubassement du *Muschelkalk* est formé d'une part par le *crystallin*, d'autre part par des *sédiments permocarbonifères*.

Là où les profils sont complets, le *Muschelkalk* montre partout, à la base, un grès analogue à celui de
Mels. Du reste le *Muschelkalk* a un faciès germanique. Le *Muschelkalk* moyen de Pfaffnau 1 présente
une intercalation massive de *sel gemme* d'une épaisseur de 80 mètres.

Le *Keuper* du centre et de l'Ouest de la Suisse est encore analogue à celui du Sud de l'Allemagne. En
Suisse Romande, on note une augmentation d'épaisseur du niveau salifère: les nombreux lits de *sel gemme*
à Essertines ont une épaisseur de 80 à 90 mètres. De même, la puissance du *Keuper* augmente dans son
ensemble.

Le Schilfsandstein possède son faciès normal, tant argileux que gréseux, ceci reconnaissable au gamma-
ray prononcé – indice estimable pour préciser l'époque primaire du dépôt. De ce fait, la supposition s'im-

pose que la plus grande partie du Keuper moyen manque à Pfaffnau 1, pour cause primaire ou par suite d'érosion.

Les divers niveaux du Keuper moyen sont surmontés par le *Rhétien*. Son faciès argilo-gréseux est analogue à celui de la région sud de l'Allemagne. Il est probable qu'entre Pfaffnau 1 et Lindau 1 le Rhétien fasse défaut.

La région du lac de Constance montre un *Lias* encore à l'état complet. En Suisse centrale, le Lias inférieur gréseux est suivi d'un Lias supérieur calcaire; mais on ne peut affirmer s'il est complet. En Suisse Romande, le Lias devient marneux et atteint une épaisseur importante à Essertines.

Le *Dogger* et le *Malm* ont encore le même développement au lac de Constance qu'au Sud de l'Allemagne. L'accroissement de puissance qui va de pair avec le passage au faciès celtique s'observe facilement du Nord-Est au Sud-Ouest.

De même, la partie conservée des couches du *Crétacé inférieur* n'existant qu'en Suisse Romande, démontre un accroissement primaire de puissance vers le Sud-Ouest. Le *Crétacé supérieur et moyen*, qui se trouve en affleurements isolés dans le Jura, se retrouve en partie dans les sondages.

La dernière partie de la publication illustre l'ensemble de la *situation tectonique*. Une profonde *dépression*, située au Sud-Ouest de la Suisse, est comblée par au moins 2600 mètres de Mésozoïque marin; elle a son pendant dans la *dépression du Crétacé de Bavière orientale*, à l'Est de Munich. Une *région de culmination* se trouve entre le massif cristallin de l'Aar et celui de la Forêt Noire. Elle se manifeste au Rhétien pour la première fois et, avec certaines interruptions, elle est visible jusqu'à la période molassique.

1. Einleitung

In den Jahren 1962 bis 1964 wurden zwischen Genfersee und Bodensee in den Konzessionsgebieten der S.A. des Hydrocarbures (Lausanne), der LEAG, Aktiengesellschaft für luzernisches Erdöl (Luzern), und der SEAG, Aktiengesellschaft für schweizerisches Erdöl (St. Gallen), durch eine Bohranlage der Gewerkschaft Elwerath, Erdölwerke Hannover, die fünf Aufschlussbohrungen Essertines 1, Pfaffnau 1, Lindau 1, Berlingen 1 und Kreuzlingen 1 abgeteuft (Fig. 1). Sie hatten vor allem die Aufgabe, das Mesozoikum unterhalb der mittelländischen Molasse zu untersuchen und haben zahlreiche neue Erkenntnisse über die prätertiäre Schichtenfolge erbracht, von denen die wichtigsten an Hand einiger Karten und Profile besprochen werden sollen. Diese Darstellungen beschränken sich im wesentlichen auf das Gebiet der Schweiz, da den im benachbarten Frankreich und in Süddeutschland in der Erdölexploration tätigen Kollegen nicht vorgegriffen werden soll. So wurden ausser schweizerischen Unterlagen nur vier schon von den Bearbeitern publizierte Bohrungen nördlich des Bodensees verwertet, nämlich Dingelsdorf 1, Markdorf 1 und Opfenbach 1 (LEMCKE & WAGNER 1961) sowie Tettngang 1 (SCHNEIDER 1962).

Die stratigraphische Gliederung der fünf neuen Bohrungen erfolgte meist nach Lithologie der Spülproben und Kerne sowie nach Vergleichen von elektrischen Bohrlochmessungen (Schlumbergerlogs), in einem Fall (Essertines 1) z. T. auch nach Mikropaläontologie. Die Bearbeitung der in den gewonnenen Kernen vorhandenen Makrofauna liegt noch nicht vor, so dass sich die Grenzziehung hier und da vielleicht noch etwas ändern könnte. Ausserdem wird man aus diesen paläontologischen Untersuchungen verschiedentlich eine feinere Unterteilung der Formationen, wie z. B. des Lias, erhoffen dürfen. In den bodenseenahen Bohrungen wurde für Lias, Dogger und Malm die Quenstedt'sche Gliederung verwendet, da bis dorthin die süddeutsche Fazies reicht. Im übrigen wurden bei der Gliederung des Jura nach Möglichkeit die Empfehlungen berücksichtigt, die 1962 auf dem Internationalen Jurakolloquium in Luxemburg gegeben wurden (HÖLDER 1962), also z. B. Aalénien = Unterer Dogger, Oxfordien + Argovien + Séquanien = Oxfordien.

Zur Veranschaulichung der stratigraphischen und faziellen Ergebnisse wurden die Faziesprofile der neuen Bohrungen gesondert für jede Formation und jeweils eingehängt

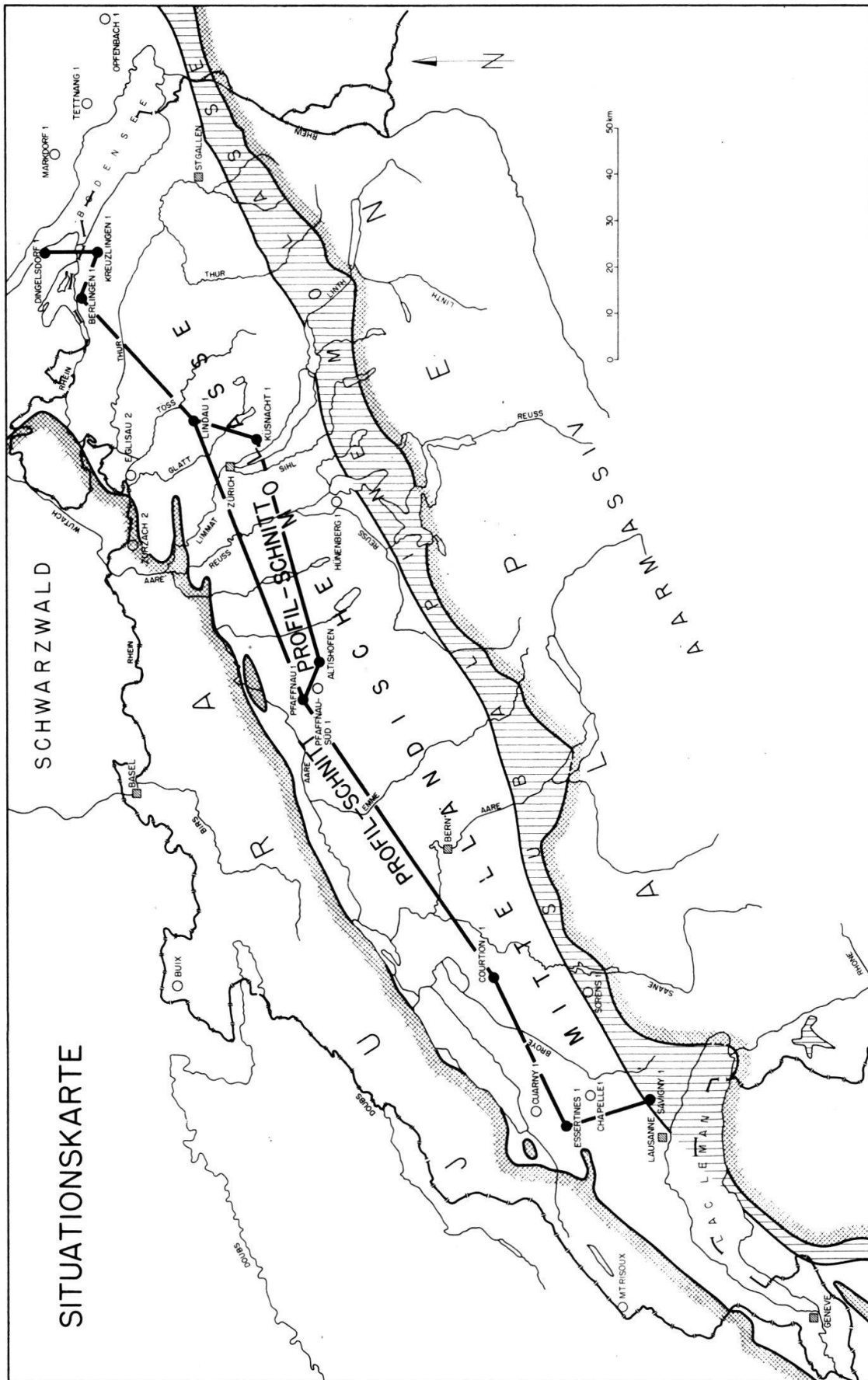


Fig. 1: Situationskarte.

an deren Oberkante zu 300fach überhöhten Faziesschnitten zusammengestellt. In diese wurde auch die Bohrung Courtion 1 (FISCHER & LUTERBACHER 1963) einbezogen, um die weite Entfernung zwischen Essertines 1 und Pfaffnau 1 zu überbrücken, ferner in den Profilschnitt der Kreide die weiter südlich stehende Bohrung Savigny 1 (LEMCKE 1963). In den Einzelprofilen ist die Gesteinsausbildung vereinfacht dargestellt, da die Wiedergabe aller Übergänge und Details den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Die Hauptzüge der lithologischen Entwicklung und die Zusammenhänge kommen zudem hierdurch nur um so klarer heraus. Ferner soll das Lackprofil von Essertines 1 die Lithofazies der erbohrten Gesteine an einem Beispiel verdeutlichen (Fig. 2).

Die Faziesschnitte werden – ebenfalls für jede Formation – durch kartenmässige Darstellungen der Mächtigkeit und sonstiger paläogeographisch wichtiger Merkmale der betreffenden Schichtenfolge ergänzt, wobei die Linienführung im einzelnen infolge der relativ geringen Zahl der Bohrungen und der weiten, unregelmässigen Streuung der Aufschlüsse allerdings noch nicht endgültig sein kann.

Die Verfasser möchten an dieser Stelle den an den Bohrungen beteiligten Gesellschaften, der SEAG, der LEAG und der S.A. des Hydrocarbures, für die Publikationserlaubnis ihren verbindlichsten Dank aussprechen.

2. Die Bohrungen

Über die obengenannten Bohrungen können hier folgende Einzelangaben gemacht werden:

Essertines 1

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Yverdon Nr. 1203, Koord. 539 775/173 490//660,6 m. ü M. (Ackersohle)	
Auftraggeber:	S.A. des Hydrocarbures	
Bohrzeit:	1.12.1962–22.7.1963	
Endteufe:	2936,1 m	
Bearbeiter:	Spülproben und Kerne:	Dr. H. HÖRAUF Dr. H. WECHSLER Dr. J. ZIMDARS
	Profilgliederung:	Dr. K. LEMCKE Dr. J. ZIMDARS
	Einzelprobleme:	Dr. U. P. BÜCHI Dr. G. WIENER
	Mikropaläontologische Untersuchungen:	F. ELSTNER Dr. H. FAHRION Dr. J. WOLBURG
	Sedimentpetrographische Untersuchungen:	Dr. H. J. DRONG Dr. H. FÜCHTBAUER
	Bakteriologische Untersuchungen in Trägergesteinen:	Dr. H. BAHR (Moers/Ndrhh.)
Geologisches Profil:	0 – ca. 337 m	Untere Süsswassermolasse, Chattien
	— — — — —	Schichtlücke — — — — —
	– ca. 360 m	Barrémien
	– ca. 393 m	Ober-Hauterivien
	– ca. 430 m	Unter-Hauterivien
	– ca. 531 m	Valanginien
	– ca. 603 m	Purbeckien
	– ca. 925 m	Portlandien + Kimmeridgien
	– ca. 1032 m	Séquanien } Oxfordien
	– ca. 1346,5 m	Argovien }

- ca. 1375 m Callovien
- ca. 1752 m Bathonien + Bajocien
- ca. 1905 m Aalénien (ab ca. 1811 m Opalinuston)
- ca. 2302 m Lias
- ca. 2322 m ? Ober- und Mittelrhät
- Transgression -----
- ca. 2542 m Oberer Mittelkeuper
- ca. 2553 m Schilfsandstein-Bereich
- 2936,1 m Gipskeuper (ab ca. 2584 m Steinsalz führend)

Pfaffnau 1²⁾

Lage: Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Murgenthal Nr. 1108, Koord. 632 708/231 789//500 m ü. M. (Ackersohle)

Auftraggeber: LEAG und SEAG

Bohrzeit: 6. 10.-20. 12. 1963

Endteufe: 1843,0 m

Bearbeiter: Spülproben und Kerne: Dr. U. P. BÜCHI
Dr. G. WIENER

Profilgliederung: Dr. U. P. BÜCHI
Dr. K. LEMCKE
Dr. G. WIENER

Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN (Neuhausen/
Rheinfall)

Geologisches Profil 0 - ca. 691 m Untere Süsswassermolasse, Aquitanien + Chattien

----- Schichtlücke -----

- ca. 827,5 m Kimmeridgien (ab ca. 795 m Aequivalente des Malm gamma)
- ca. 855 m Séquanien
- ca. 1085 m Argovien (bis ca. 873 m Bimammatum-Schichten)
- ca. 1090 m Callovien
- ca. 1250 m Bathonien, Bajocien, Murchisonaeschichten
- ca. 1363 m Opalinuston (Unter-Aalénien)
- ca. 1398 m Lias
- ca. 1408 m Rhät
- Transgression -----
- ca. 1421 m Bunte Mergel des Mittleren Keupers
- ca. 1429,5 m Schilfsandstein-Bereich
- ca. 1538,5 m Gipskeuper
- ca. 1546 m Unterer Keuper
- ca. 1610 m Oberer Muschelkalk (bis ca. 1575 m Trigonodusdolomit)
- ca. 1772 m Mittlerer Muschelkalk (Steinsalz von ca. 1652-1733 m)
- ca. 1812,5 m Unterer Muschelkalk (ab ca. 1805,5 m Basissand)
- Transgression -----
- ca. 1824 m Permokarbon
- 1843,0 m Granit

} Mittlerer Keuper

Lindau 1

Lage: Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Winterthur Nr. 1072, Koord. 692 815/255 098//516,0 m ü. M.

Auftraggeber: SEAG

Bohrzeit: 24. 1.-6. 5. 1964

Endteufe: 2377,2 m

Bearbeiter: Spülproben und Kerne: Dr. U. P. BÜCHI
Dr. G. WIENER

Profilgliederung: Dr. U. P. BÜCHI
Dr. K. LEMCKE
Dr. G. WIENER

Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN

²⁾ Die Molasseanteile der Bohrungen Pfaffnau 1, Lindau 1, Berlingen 1 und Kreuzlingen 1 werden in der Arbeit von U. P. BÜCHI, G. WIENER und F. HOFMANN «Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz», *Eclogae Geol. Helv.* Vol. 58/1, näher behandelt.

Geologisches Profil:	0	- ca.	5	m	Quartär	
		- ca.	365	m	Obere Süßwassermolasse, Sarmatien + Tortonien	
		- ca.	629	m	Obere Meeresmolasse, Helvétien + Burdigalien	
					Transgression	-----
		- ca.	1665,5	m	Untere Süßwassermolasse, Aquitanien + Chattien	
					Schichtlücke	-----
		- ca.	1821	m	Malm zeta + epsilon	
		- ca.	1860	m	Malm delta	
		- ca.	1878	m	Malm gamma	
		- ca.	1906	m	Malm beta	
		- ca.	1965	m	Malm alpha (bis ca. 1935 m Bimammatum-Schichten)	
		- ca.	1976	m	Dogger zeta	
		- ca.	1985	m	Dogger epsilon	
		- ca.	1997	m	Dogger delta	
		- ca.	2020	m	Dogger gamma	
		- ca.	2037,5	m	Dogger beta	
		- ca.	2117	m	Dogger alpha	
		- ca.	2141	m	Lias	
		- ca.	2143,5	m	Rhät	
					Transgression	-----
		- ca.	2156,5	m	Knollenmergel	} Mittlerer Keuper
		- ca.	2160	m	Stubensandstein (vertont und verkalkt)	
		- ca.	2171	m	Bunte Mergel	
		- ca.	2173	m	Schilfsandstein-Bereich	
		- ca.	2220	m	Gipskeuper	
		- ca.	2225	m	Unterer Keuper	
		- ca.	2285,5	m	Oberer Muschelkalk (bis ca. 2234,5 m Trigonodusdolomit)	
		- ca.	2340	m	Mittlerer Muschelkalk	
		- ca.	2365	m	Unterer Muschelkalk (ab ca. 2355 m Basissand)	
					Transgression	-----
		-	2377,2	m	Granit	

Berlingen 1

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Steckborn Nr. 1033, Koord. 719 685/280 195//593 m ü. M. (Ackersohle)		
Auftraggeber:	SEAG		
Bohrzeit:	2. 6.-19. 9. 1964		
Endteufe:	2310,7 m		
Bearbeiter:	Spülproben und Kerne:	Dr. U. P. BÜCHI	
		Dr. G. WIENER	
	Profilgliederung:	Dr. U. P. BÜCHI	
		Dr. K. LEMCKE	
		Dr. G. WIENER	
	Sedimentpetrographische Untersuchungen:	Dr. F. HOFMANN	

Geologisches Profil:	0	- ca.	2	m	Quartär	
		- ca.	530	m	Obere Süßwassermolasse, Sarmatien + Tortonien	
		- ca.	539	m	Süßbrackwassermolasse, Tortonien/Helvétien	
		- ca.	738	m	Obere Meeresmolasse, Helvétien + Burdigalien	
					Transgression	-----
		- ca.	1473	m	Untere Süßwassermolasse, Aquitanien + Chattien	
					Schichtlücke	-----
		- ca.	1730	m	Malm zeta + epsilon (Bolusbildungen bis ca. 1529 m)	
		- ca.	1757	m	Malm delta	
		- ca.	1779	m	Malm gamma	
		- ca.	1790	m	Malm beta	
		- ca.	1842	m	Malm alpha (bis ca. 1810 m Bimammatum-Schichten)	
		- ca.	1850	m	Dogger zeta	
		- ca.	1856	m	Dogger epsilon	
		- ca.	1876,5	m	Dogger delta	
		- ca.	1889	m	Dogger gamma	

- ca. 1911,5 m	Dogger beta	
- ca. 2010 m	Dogger alpha	
- ca. 2019,5 m	Lias zeta	
- ca. 2026,5 m	Lias epsilon	
- ca. 2028,5 m	Lias delta	
- ca. 2033 m	Lias gamma	
- ca. 2039 m	Lias beta	
- ca. 2064 m	Lias alpha	
- ca. 2080 m	Rhät	
-----	Transgression	-----
- ca. 2099,5 m	Knollenmergel	} Mittlerer Keuper
- ca. 2102 m	Stubensandstein	
- ca. 2127,5 m	Bunte Mergel (mit Sandlagen)	
- ca. 2140 m	Schilfsandstein	
- ca. 2167 m	Gipskeuper	
- ca. 2179,5 m	Unterer Keuper	
- ca. 2245,5 m	Oberer Muschelkalk (bis ca. 2191,5 m Trigonodusdolomit)	
- ca. 2286 m	Mittlerer Muschelkalk	
- ca. 2307 m	Unterer Muschelkalk (ab ca. 2298,5 m Basissand)	
-----	Transgression	-----
- 2310,7 m	Oberrotliegendes	

Kreuzlingen 1

Lage: Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Weinfelden Nr. 1054, Koord. 729 201/276 169//538,5 m ü. M. (Ackersohle)

Auftraggeber: SEAG

Bohrzeit: 11. 7.-14. 10. 1962

Endteufe: 2550,0 m

Bearbeiter: Spülproben und Kerne:

Dr. U. P. BÜCHI

Dr. G. WIENER

Profilgliederung:

Dr. U. P. BÜCHI

Dr. K. LEMCKE

Dr. G. WIENER

Einzelprobleme:

Dr. H. HÖRAUF,

Dr. H. WECHSLER

Sedimentpetrographische Untersuchungen:

Dr. H. J. DRONG

Dr. F. HOFMANN

**Bakteriologische Untersuchungen
in Trägergesteinen:**

Dr. H. BAHR

Geologisches Profil:

0 - ca. 4 m	Quartär	
- ca. 538,5 m	Obere Süßwassermolasse, Tortonien	
- ca. 739 m	Obere Meeresmolasse, Helvétien + Burdigalien	
-----	Transgression	-----
- ca. 1748,5 m	Untere Süßwassermolasse, Aquitanien + Chattien	
-----	Schichtlücke	-----
- ca. 2040 m	Malm zeta + epsilon	
- ca. 2059 m	Malm delta	
- ca. 2075 m	Malm gamma	
-----	Störung; Schichtausfall ca. 62 m	-----
- ca. 2110,5 m	Malm alpha	
- ca. 2116,5 m	Dogger zeta	
- ca. 2127 m	Dogger epsilon	
- ca. 2133,5 m	Dogger delta	
- ca. 2149,5 m	Dogger gamma	
- ca. 2172,5 m	Dogger beta	
- ca. 2267 m	Dogger alpha	
- ca. 2274 m	Lias zeta	
- ca. 2280 m	Lias epsilon	
- ca. 2290 m	Lias delta bis beta	
- ca. 2305,5 m	Lias alpha	
- ca. 2314,5 m	Rhät	

-----	Transgression	-----
- ca. 2355 m	Knollenmergel	} Mittlerer Keuper
- ca. 2364,5 m	Stubensandstein	
- ca. 2369 m	Bunte Mergel	
- ca. 2371 m	Schilfsandstein	
- ca. 2408 m	Gipskeuper	
- ca. 2415 m	Unterer Keuper	
- ca. 2480 m	Oberer Muschelkalk (bis ca. 2424 m Trigonodusdolomit)	
- ca. 2524 m	Mittlerer Muschelkalk	
- ca. 2532,5 m	Unterer Muschelkalk (ab ca. 2528 m Basissand)	
-----	Transgression	-----
- 2550,0 m	Permokarbon, nach unten in Granitgrus übergehend	

3. Die Formationen

3. 1. Die Unterlage des Muschelkalks (Fig. 3 und 4)

Ausser Essertines 1 haben alle Bohrungen den Muschelkalk und seine Unterlage erreicht, die aus permokarbonen Sedimenten oder Kristallin besteht. Buntsandstein wurde nirgends nachgewiesen; seine SE-Grenze könnte demnach etwa wie auf Fig. 4 verlaufen, da er in Zurzach 2 noch mit 10,5 m Mächtigkeit angetroffen wurde (CADISCH 1956, S. 314). In Berlingen 1 liegt der Muschelkalk auf rotbraunen, z. T. grünfleckigen Tonsteinen mit Lagen von dichtem, tonigem Arkosesandstein, die man als Oberrotliegendes ansprechen kann und die wohl die SW-Fortsetzung des in Dingelsdorf 1 (LEMCKE & WAGNER 1961, S. 10) erbohrten Rotliegenden bilden. Zum gleichen jungpaläozoischen Trog, und zwar vielleicht an dessen Südrand, gehören wahrscheinlich auch die schwach bunten, tonig gebundenen Grauwacken unter dem Muschelkalk von Kreuzlingen 1 und eine darunter liegende Feinbrekzie, die nach unten in den eingekieselten

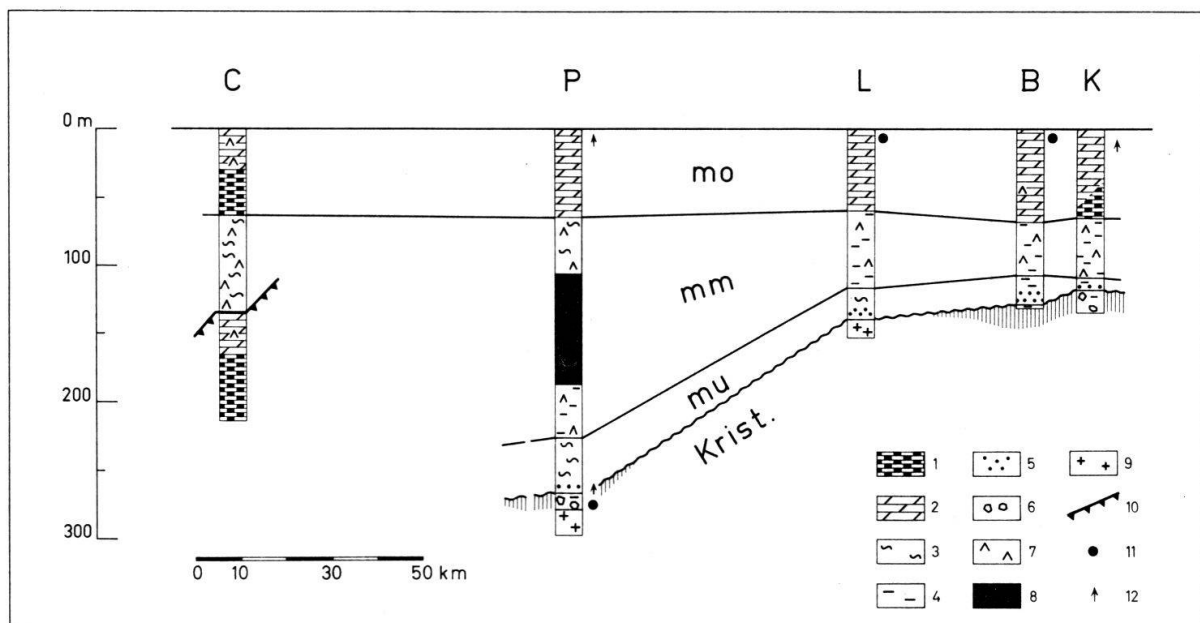


Fig. 3: Faziesschnitt durch den Muschelkalk und sein Liegendes. - C = Courtion 1, P = Pfaffnau 1, L = Lindau 1, B = Berlingen 1, K = Kreuzlingen 1. 1 = Kalkstein, 2 = Dolomit, 3 = Mergelstein, 4 = Tonstein, 5 = Sandstein, 6 = Brekzie, 7 = Anhydrit, 8 = Steinsalz, 9 = Kristallin, 10 = Aufschiebung, 11 = Ölspur, 12 = Gasspur. mo = Ob. Muschelkalk, mm = Mittl. Muschelkalk, mu = Unt. Muschelkalk, Krist. = Kristallin, senkrecht schraffiert = Permokarbon. - Geschlängelte Linie = Transgression.

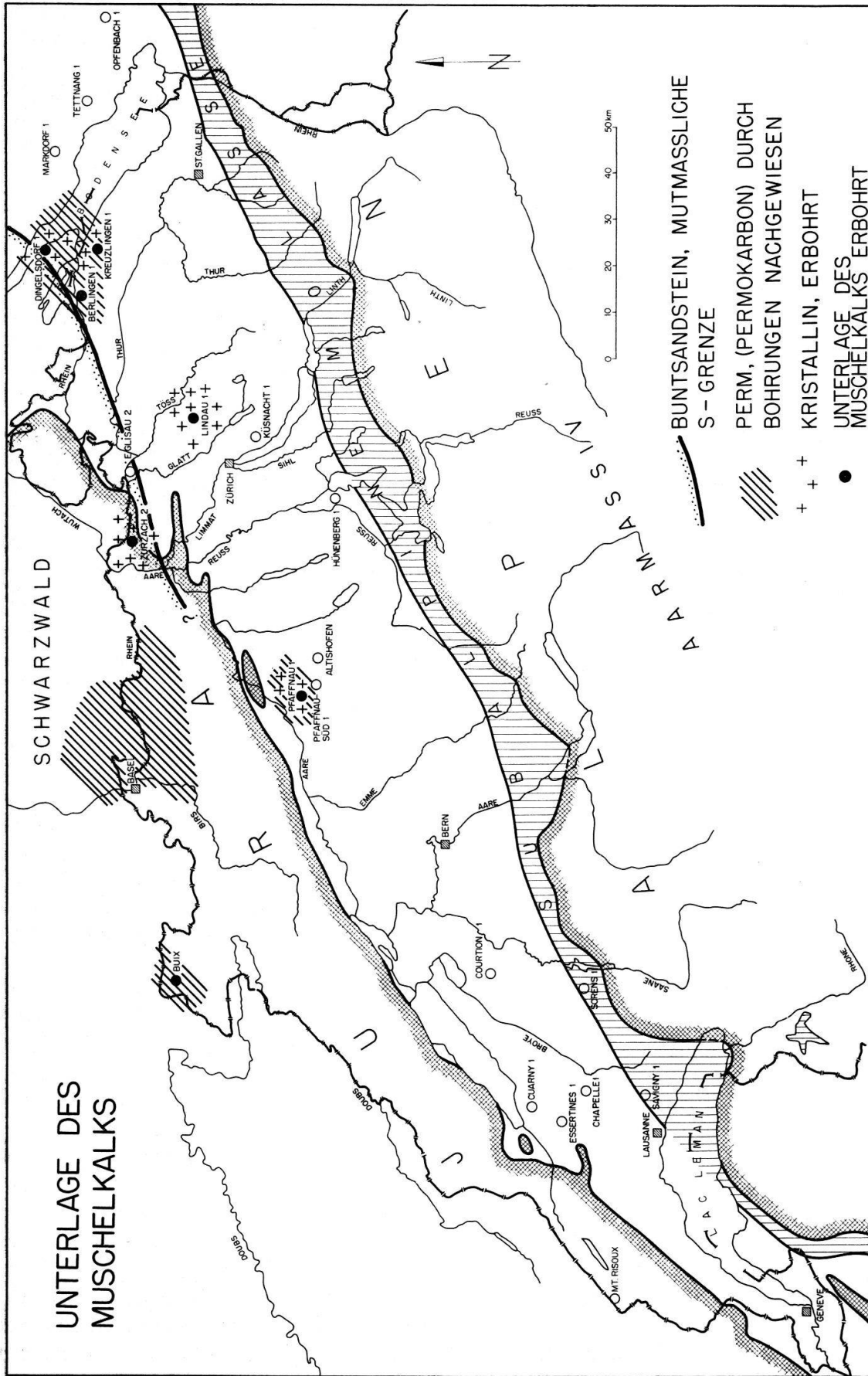


Fig. 4: Paläogeographische Karte der Unterlage des Muschelkalks.

Grus eines Alkali-Biotitgranits (Mitt. von Herrn Dr. H. J. DRONG) übergeht. Diese Gesteine sind sicher paläozoischen Alters, lassen sich aber nicht näher einstufen, so dass man sie am besten als «Permokarbon» bezeichnet.

In Lindau 1 wurde unter dem Muschelkalk ein hellblaugrauer, grünlich und rötlich gefleckter Biotitgranit angetroffen. Da auch in der Thermalbohrung Zurzach 2 die Trias direkt von Granit unterlagert wird (CADISCH 1956, S. 314), bleibt für eine Verbindung des Rotliegenden von Dingelsdorf-Berlingen mit dem Permtrog östlich Basel (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946), wie sie von LEMCKE (1961, S. 176) angenommen wurde, nicht viel Raum. Ähnlichen Schwierigkeiten begegnet aber auch die von TRÜMPY (1962, S. 526) für wahrscheinlicher gehaltene Vorstellung einer Verbindung von Dingelsdorf mit dem Unterwallis.

In Pfaffnau 1 liegt unter dem Muschelkalk eine buntgefärbte, tonig-kaolinig oder auch kieselig gebundene Brekzie, die nach unten in zunächst ebenfalls bunten, dann mehr hellgrau werdenden Kies- bis Grobsandstein übergeht, in den eine bunte Tonsteinlage eingeschaltet ist. In den obersten 6–7 m finden sich öfters hell-zinnoberroter *Karneol* in Splintern und Lagen oder Bändern, ferner Dolomit, ganz oben als Dolomitbrekzie, sowie Anhydrit in Linsen, Knollen und Lagen, der auch noch etwas tiefer hinunter reicht. Auch diese Gesteine wird man als Permokarbon bezeichnen dürfen, da sie paläozoischen Habitus besitzen, eine genauere Einstufung aber nicht möglich ist. Sie werden an scharfer Grenze von Biotitgranit (Aplitgranit bis Alkaligranit, mdl. Mitt. von Herrn Dr. H. J. DRONG) unterlagert. Ob sie nur ein isoliertes Erosionsrelikt auf der prätriadischen Landoberfläche darstellen oder mit einem Permtrog zusammenhängen, lässt sich nicht entscheiden.

Ausser ganz schwachen und unbedeutenden *Ölspuren* im Permokarbon von Pfaffnau 1 wurden in der Unterlage des Muschelkalks keine Kohlenwasserstoffanzeichen beobachtet.

3. 2. Der Muschelkalk (Fig. 3 und 5)

Der Muschelkalk beginnt überall mit einem grob- bis kieskörnigen, teils schwach kalkig, teils tonig-kaolinig gebundenen Basissandstein von grauer bis grünlichgrauer Färbung, der in Berlingen 1 partienweise auch etwas rötlich getönt ist und in Pfaffnau 1 mehrere bunt gefleckte oder gebänderte Tonsteinlagen enthält (? Buntsandsteinäquivalente). Er geht nach oben in kalkigen oder dolomitischen Fein- bis Mittelsandstein über und führt im übrigen fast stets verschiedene Erzminerale wie Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies. In seinem höheren Teil fanden sich in Kreuzlingen 1 und Berlingen 1 Muschelschalentrümmer. Dem Habitus nach ähnelt er dem Melser Sandstein (vgl. TRÜMPY 1962, S. 526). Mächtigkeiten und Trägerqualitäten des Basissandsteins wechseln sehr, doch wird man ihn im ganzen als potentiellen Speicher ansehen dürfen. In Pfaffnau 1 wurden in ihm einige *Gasspuren* beobachtet.

Darüber folgen zunächst graue, meist etwas anhydritische Ton- und Mergelsteine mit einzelnen Kalkbänken, also wohl die Wellenmergel des Unteren Muschelkalks. Besonders gut erkennbar ist dann stets der Mittlere Muschelkalk, der aus Anhydrit führenden, grauen oder auch graubraunen bis graugrünen Mergeln und Tonsteinen besteht. Er enthält in Pfaffnau 1 ein *kompaktes Steinsalzlager* mit der ungewöhnlich grossen Mächtigkeit von ca. 80 m, so dass man wohl auch für die benachbarte Bohrung Altshofen 1 (KOPP 1955; FISCHER & LUTERBACHER 1963) die Möglichkeit von Steinsalz unterhalb der erreichten Endteufe vielleicht nicht mehr ganz von der Hand weisen kann. Der Obere Muschelkalk schliesslich ist überwiegend dolomitisch ausgebildet, doch sind in seinem unteren Teil vielfach Übergänge in Kalkstein vorhanden, die aber auf Fig. 3 der Deut-

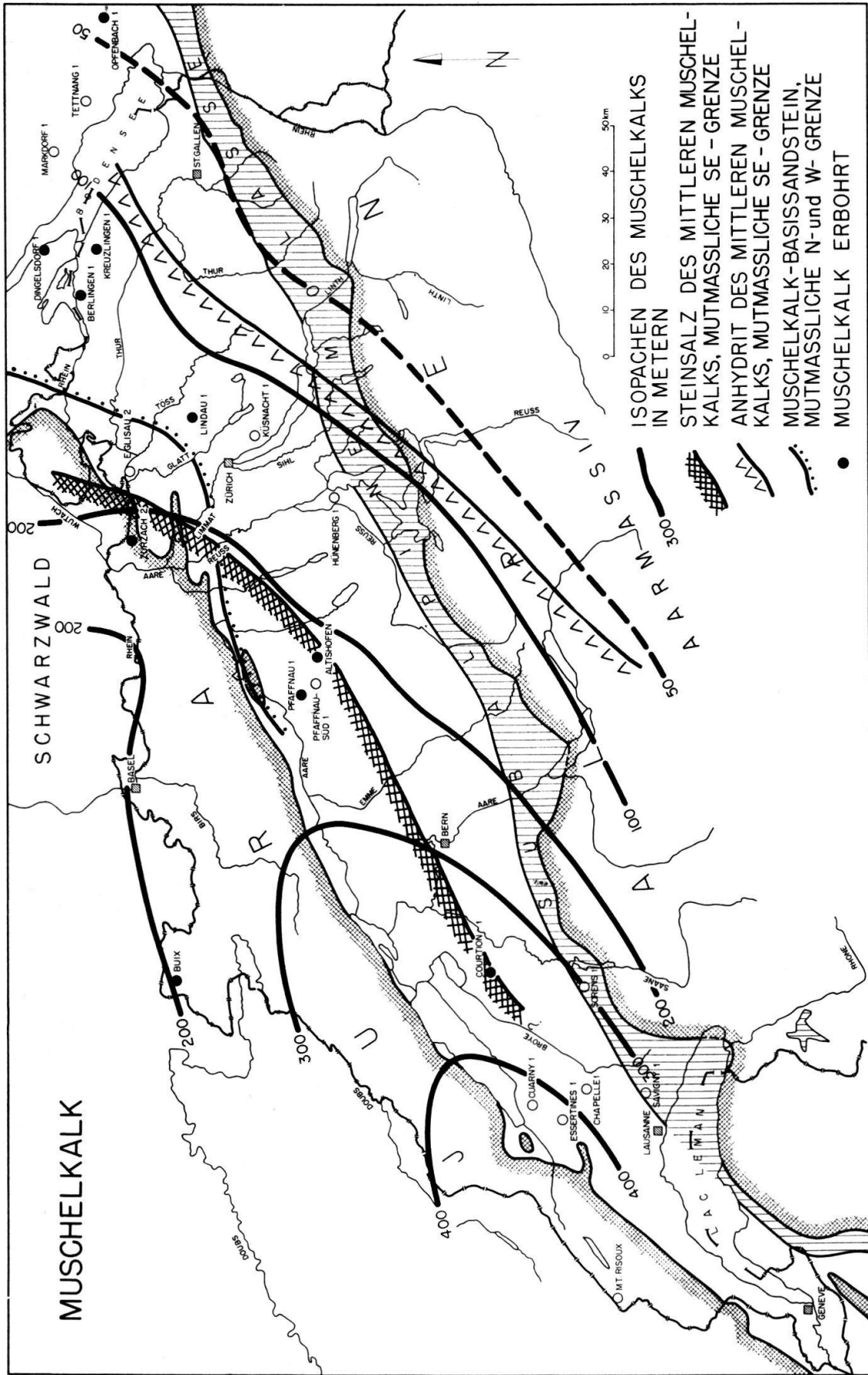


Fig. 5: Paläogeographische Karte des Muschelkalks.

lichkeit halber z. T. vernachlässigt werden mussten. In seinem höchsten Teil ist der Dolomit des Oberen Muschelkalks stets mehr oder weniger kavernös ausgebildet und besitzt somit die Fazies des Trigonodusdolomits. Porosität und Durchlässigkeit dieses Gesteins sind nach Augenschein und Testen höchstens als mässig, meist als schlecht zu bezeichnen (vgl. hierzu die in Altishofen 1 nach Säuerung vorgenommenen Förderversuche auf den Oberen Muschelkalk, KOPP 1955, S. 10 und 11). In allen Bohrungen wurden im Trigonodusdolomit, der vielfach *Muttergesteinscharakter* besitzt, Öl- oder Gasspuren beobachtet, doch handelte es sich hierbei stets nur um sehr schwache Anzeichen, die nicht in jedem Fall Teste rechtfertigten.

Die mutmasslichen Mächtigkeitslinien des gesamten Muschelkalks (Fig. 5) zeichnen eine langgestreckte, NE-SW streichende Mulde nach, deren Füllung nach SW immer mächtiger wird und deren Achse ungefähr unter dem Südostrand des Faltenjura verlaufen könnte. Nach N setzt sie sich wohl in ihr Pendant, die salzführende Muschelkalkmulde des oberen und mittleren Neckars, fort (s. hierzu GEYER & GWINNER 1964, Abb. 9, S. 37 und Abb. 11, S. 42). Erwähnenswert ist noch eine vor allem durch die Aufschlüsse in Deutschland wahrscheinlich gemachte Ausbuchtung der Isopachen nach NW zwischen dem Bodensee und Zürich, die dort vielleicht eine flache Schwelle andeutet. Die SE-Grenze der Steinsalzführung im Mittleren Muschelkalk liegt nach Pfaffnau 1 sicher *ausserhalb* des Faltenjura; die ungefähre SE-Grenze der Anhydritführung in der gleichen Stufe ist noch weiter nach SE verschoben. Der mutmassliche Verlauf der NW-Grenze des Basissandsteins schliesslich weist darauf hin, dass dieser Sandstein wohl von der südöstlichen Beckenumrandung her geschüttet worden ist.

3. 3. Der Keuper (ohne Rhät) (Fig. 6 und 7)

Der Untere Keuper (Lettenkeuper) ist in Lindau 1 ähnlich entwickelt wie im Anstehenden westlich Schaffhausen (Klettgau) (GEYER & GWINNER 1964, S. 48, Abb. 15), nämlich zuunterst als schwarzgraue Estherienschiefer (0,5 m) und darüber als mittelgrauer, braunstichiger Grenzdolomit. In Berlingen 1 und Pfaffnau 1 ist anscheinend nur der Grenzdolomit vorhanden, in den mehrere dunkel- bis schwarzgraue, bisweilen etwas Muschelschill führende Tonsteinbänke eingeschaltet sind. Ähnlich scheint nach Spülproben auch die Ausbildung in Kreuzlingen 1 zu sein. In Courtion 1 kann man den Unteren Keuper nicht mehr als besonderes Schichtglied ausscheiden (FISCHER & LUTERBACHER 1963, S. 18), und in Essertines 1 wurde der tiefste Keuper nicht erreicht.

Besonders interessant ist die Ausbildung des Gipskeupers sowie des darüber liegenden Schilfsandsteins. Dieser besitzt bekanntlich eine tonige Normalfazies und eine sandige Rinnenfazies (THÜRACH 1889/90; HELING 1965), die dem ganzen Horizont den Namen gegeben hat. Es wäre nun kaum möglich, die tonige Normalfazies in den Spülproben oder den Schlumberger-Diagrammen der Bohrungen zu identifizieren, wenn sie sich nicht ebenso wie die Sande durch einen ungewöhnlich kräftigen Ausschlag der *Gammastrahlung* bemerkbar machen würde. Da dieser Ausschlag wohl auf die Zufuhr von ganz bestimmten Sedimenten während einer ganz bestimmten kurzen Zeitperiode schliessen lässt, stellt er eine ausgezeichnete Zeitmarke dar, die eine Untergliederung auch von tonigen Keuperprofilen gestattet, wie sie z. B. in Pfaffnau 1 oder Essertines 1 erbohrt wurden. So konnte in Fig. 6 überall die Oberkante des Schilfsandsteins bzw. des Schilfsandsteinbereichs (Normalfazies) als wichtiger Bezugshorizont eingetragen werden.

Der Gipskeuper selbst ist in Kreuzlingen 1, Berlingen 1 und Lindau 1 noch ähnlich wie in Baden-Württemberg entwickelt, nämlich in der Fazies rotbunter Tonsteine mit Anhydritbändern, und besitzt auch ähnliche Mächtigkeiten wie nördlich des Bodensees.

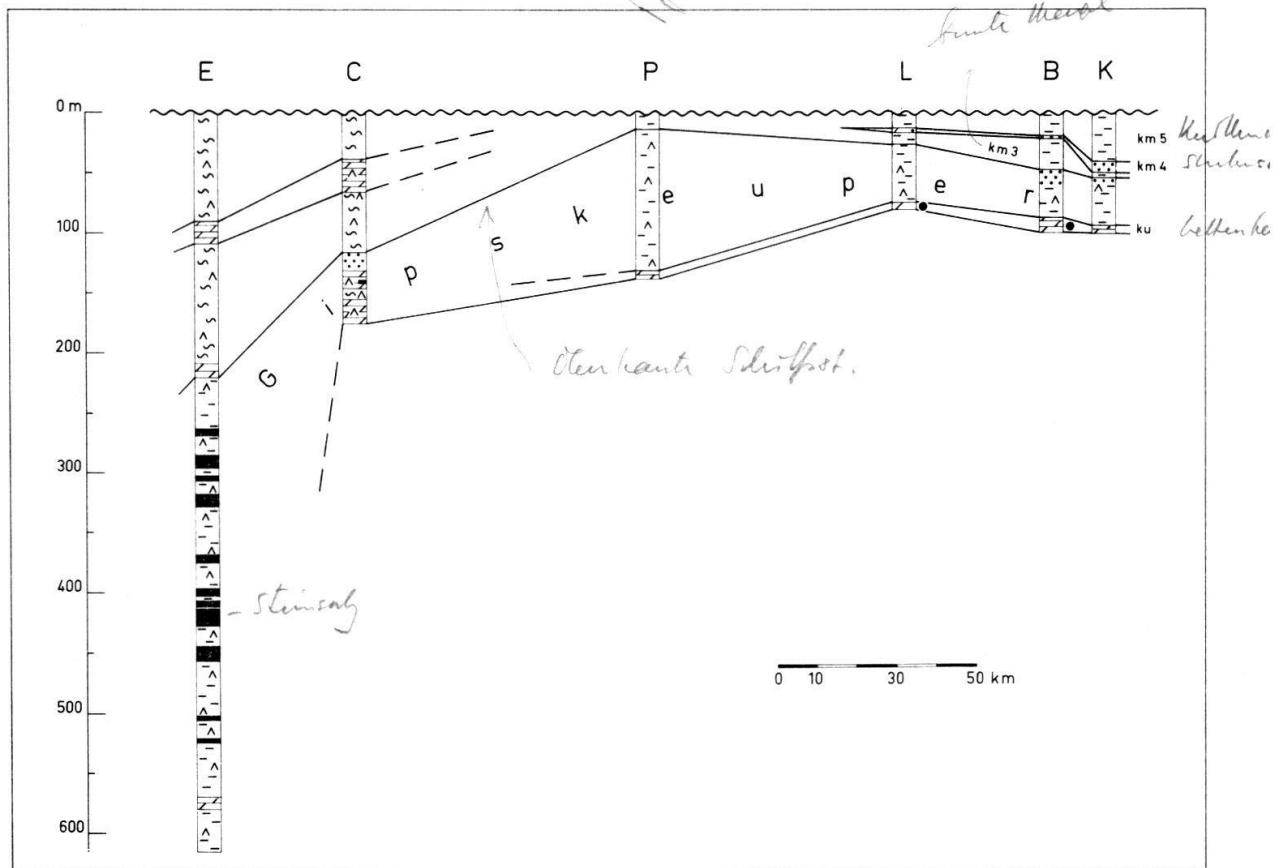


Fig. 6: Fazieschnitt durch den Keuper (ohne Rhät.). E = Essertines 1; km 5 = Knollenmergel, km 4 = Stubensandstein, km 3 = Bunte Mergel, ku = Lettenkeuper. Übrige Signaturen s. Fig. 3. Schichtgrenze oberhalb «Gipskeuper» = Oberkante Schilfsandstein (— Bereich).

In Pfaffna 1 nimmt bei etwa gleichbleibender Fazies die Mächtigkeit beträchtlich zu, geht dann aber in Courtion 1 wieder zurück. Als neuer Bestandteil tritt dort etwas *Steinsalz* hinzu, ohne dass jedoch zusammenhängende Salzlagen beobachtet worden wären. In Essertines 1 schwillt dann der Gipskeuper gewaltig an. Sein auffälligstes Merkmal sind hier zahlreiche verschieden starke *Steinsalzlagen*, die zusammen eine Mächtigkeit von 80–90 m erreichen. Sie werden durch Anhydrit und Salz führende, graue bis grünliche Tonsteine voneinander getrennt; rötliche Farbtöne treten sehr zurück. Besonders im tieferen Teil der Serie kommen gelegentlich auch zusammenhängende Anhydrit- und Dolomitlagen vor. Das Continuous-Dipmeter (CDM-Log) registrierte in dieser Salzfolge von oben nach unten zunehmende Fallwinkel bis 65° ; in einem Kern unterhalb der vermessenen Strecke wurde ferner ein Einfallen von $70\text{--}75^\circ$ beobachtet. Dadurch reduziert sich rein rechnerisch die erbohrte Mächtigkeit der Salzserie von 352 m auf ca. 270 m wahre Mächtigkeit. Auch diese ist noch so gross, dass man hier an *Salzkissenbildung* mit Schichtrepetitionen usw. denken möchte, doch lässt sich dies noch nicht beweisen.

Eigentlicher Schilfsandstein (Rinnenfazies) wurde nur in Kreuzlingen 1, wo in Spülproben wenig hellgrauer Mittelsandstein beobachtet wurde, sowie in Berlingen 1 erbohrt. Dort handelt es sich um verschieden graue bis grünliche, tonig gebundene oder tonflaserige Mittelsandsteine, die starke Kreuzschichtung aufweisen und etwas Pyrit und Pflanzenhäcksel enthalten. Als Trägergesteine kommen sie kaum in Frage.

Für den höheren Keuper kann man südlich des Bodensees noch gut die Gliederung anwenden, wie sie aus dem schwäbischen Bereich bekannt ist. Auf den Gipskeuper und Schilfsandstein folgen zunächst bunte Mergel (Rote Wand), dann der Stubensandstein

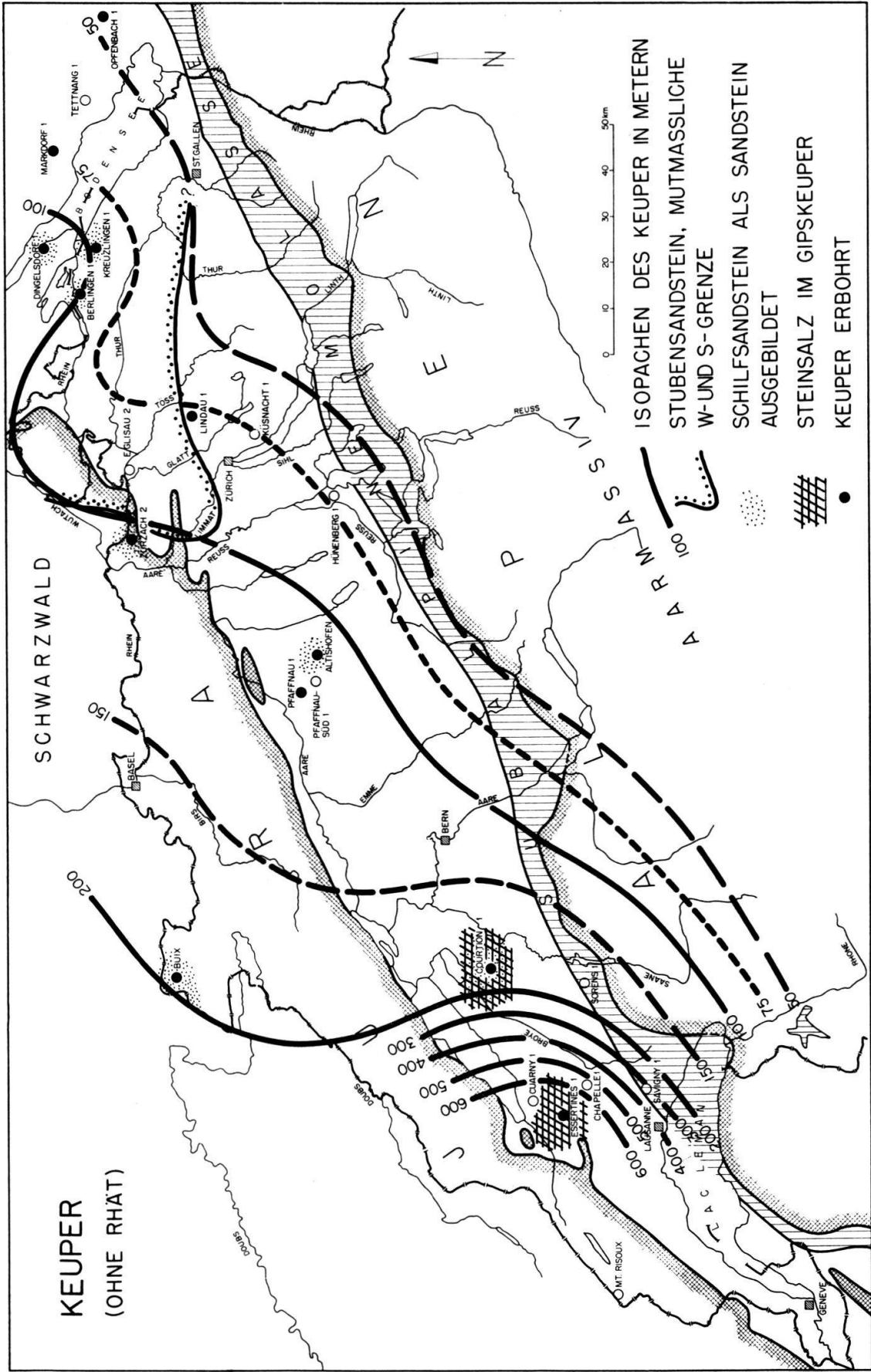


Fig. 7: Paläogeographische Karte des Keupers (ohne Rhät).

und als Abschluss die ebenfalls bunten Knollenmergel. Der Stubensandstein ist in Kreuzlingen 1 und Berlingen 1 als rötlich- bis grünlichgrauer, tonig oder kalkig gebundener Mittel- bis Grobsandstein ausgebildet, in Lindau 1 jedoch nur noch andeutungsweise vorhanden. Er geht dort in einen kalkigen *Dolomit* (? Gansinger Dolomit) über. Bemerkenswert ist ferner die starke Mächtigkeitsabnahme der Knollenmergel von Kreuzlingen 1 nach Berlingen 1 und Lindau 1, während die Mächtigkeitsschwankungen der Bunten Mergel noch im Rahmen des Üblichen liegen. In Pfaffnau 1 sind zwischen Rhät und Schilfsandstein nur noch etwa 10 m grünlichgraue Ton- und Mergelsteine vorhanden, die wahrscheinlich den Bunten Mergeln unter dem Stubensandstein entsprechen. In Courtion 1 besteht der höhere Keuper über dem Schilfsandstein aus bunten, stellenweise Anhydrit führenden Mergeln, ebenso in Essertines 1, wo sie stark an Mächtigkeit zunehmen. In beiden Bohrungen ist in diese Mergelfolge eine anhydritische *Dolomitbank* eingeschaltet, die sich im übrigen auch in Altishofen 1 in den bunten Mergeln zwischen Rhät und Schilfsandstein wiedererkennen lässt. Sie könnte ihrer stratigraphischen Lage nach etwa dem *Gansinger Dolomit* entsprechen.

Weder im Schilfsandstein noch im Stubensandstein wurden Kohlenwasserstoffanzeichen beobachtet. Schwache, nicht testwürdige *Ölspuren* traten hingegen auf Klüften und Schichtflächen des Grenzdolomits des Unteren Keupers von Lindau 1 und Berlingen 1 auf.

Offenbar wird der Mittlere Keuper durch das Rhät *transgressiv* in verschiedenen Niveaus abgeschnitten, besonders deutlich in der Bohrung Pfaffnau 1, wo nahezu der ganze obere Teil dieser Serie fehlt (Fig. 6). Allem Anschein nach gibt es also prä-rhätische Bewegungen, die zwar im allgemeinen wohl nur sehr schwach waren, sich jedoch im Bereich von Pfaffnau 1 stärker äusserten, dies vielleicht im Zusammenhang mit dem dort vorhandenen mächtigen Muschelkalksalz.

Die Mächtigkeit des gesamten Keupers (ohne Rhät) ist wie im Muschelkalk am grössten in der Südwestschweiz, bezeichnenderweise also in dem Gebiet mit Salzföhrung im Gipskeuper (Fig. 7). Die Mächtigkeitzunahme erfolgt dort fast sprunghaft von ca. 200 m in Courtion 1 auf etwa 6–700 m in Essertines 1, wo der Keuper mit 614 m (= ca. 520 m wahre Mächtigkeit nach dem CDM-Log) noch nicht durchbohrt war. Die Verbreitung des Schilfsandsteins im Untergrund scheint ebenso unregelmässig und unvorhersehbar zu sein, wie es aus dem Anstehenden bekannt ist. Der Verlauf der mutmasslichen S- und W-Grenze des Stubensandsteins (Fig. 7) wird durch die Verhältnisse nördlich des Bodensees wahrscheinlich gemacht. Im übrigen ist auch auf dieser Karte das schon für den Muschelkalk erwähnte Ausbiegen der Mächtigkeitlinien nach NW zwischen Bodensee und Zürich gut erkennbar. Hier scheint also tatsächlich während der Trias eine *flache Schwelle* existiert zu haben.

3. 4. Rhät und Lias (Fig. 8, 9, 10)

Das Rhät wird zusammen mit dem Lias besprochen, weil es faziell viel mehr mit dieser Formation verwandt ist als mit dem Mittleren Keuper. In allen Bohrungen ist es ähnlich wie in Baden-Württemberg entwickelt, nämlich als meist nur kalkarme bis kalkfreie und ziemlich oft quarzitisches Fein- bis Mittelsandsteine mit mehr oder minder kräftigen schwarzgrauen Tonsteinlagen und -fasern, wozu als Besonderheit in Essertines 1 noch einige Dolomitbänke treten (Fig. 8). Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 2,5 m und 20 m, wobei die grösste Mächtigkeit wieder in Essertines 1 erreicht wird. Hier liegt im übrigen nach den mikropaläontologischen Untersuchungen von Herrn Dr. H. FAHRION Mittel-Rhät unmittelbar auf den bunten Keupermergeln, so dass die oben erwähnte Rhättransgression auch von dieser Seite her eine Stütze findet.

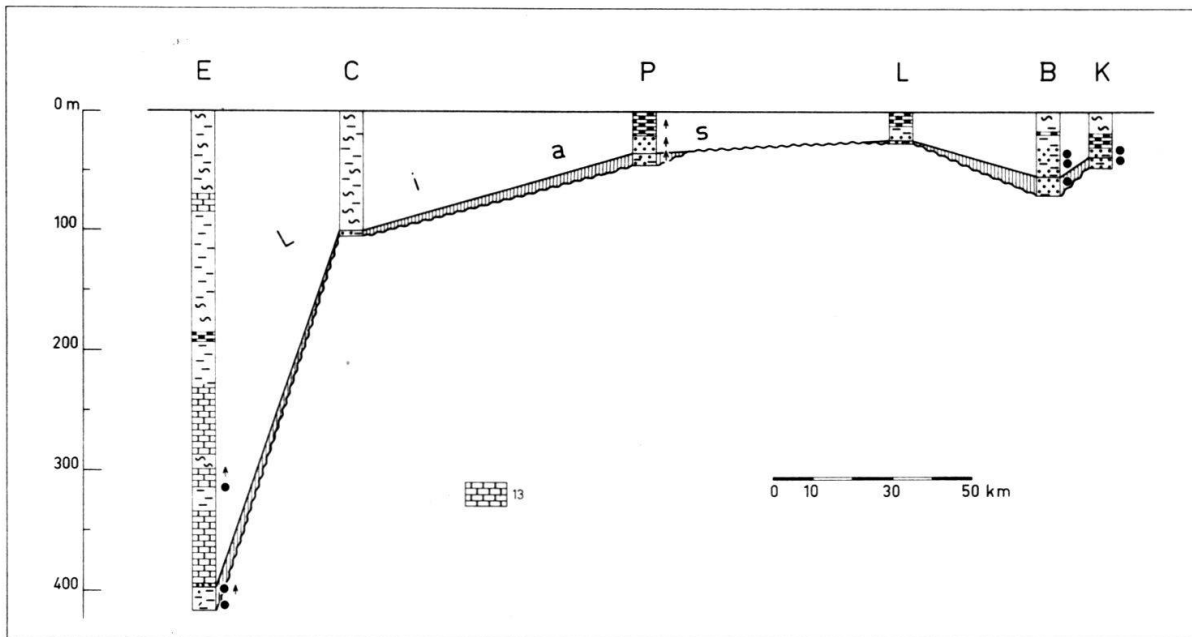


Fig. 8: Fazieschnitt durch Rhät und Lias. – 13 = Mergelkalkstein; senkrecht schraffiert = Rhät. Übrige Signaturen s. Fig. 3 u. 6.

Mächtigkeitslinien für das Rhät lassen sich in der Schweiz noch kaum zeichnen, weil das Beobachtungsnetz für diese geringmächtige Formation zu wenig dicht ist. So konnte auf Fig. 9 nur am Bodensee eine 10m-Isopache in Anlehnung an die Verhältnisse in Oberschwaben eingetragen werden. Die den Bohrungen im restlichen Gebiet beige-schriebenen Mächtigkeitszahlen lassen eine Tendenz insofern erkennen, als die Mächtigkeiten von NE her bis Lindau 1 und von SW her bis Altishofen 1 geringer werden. Es wäre also denkbar, dass das Rhät zwischen diesen beiden Bohrungen *weitgehend fehlt*, zumal das gleiche auch im angrenzenden Jura und im alpinen Autochthon der Fall ist (s. hierzu TRÜMPY 1962, S. 525). Dies würde dann zum ersten Mal ein Hinweis auf die Herausbildung einer vielleicht zeitweise unterbrochener *Schwellenzone* zwischen Aarmassiv und Schwarzwald sein.

Der Lias ist in Kreuzlingen 1 und Berlingen 1 noch wie auf der Schwäbischen Alb ausgebildet (Fig. 8). Alle Stufen sind vorhanden; der tiefste Lias enthält Sandsteine verschiedenster Körnung, die stets mehr oder weniger kalkig und manchmal tonflaserig sind. In Lindau 1 ist die Fazies noch ähnlich, die Mächtigkeit etwas geringer, doch kann man hier nicht mit Bestimmtheit sagen, ob alle Stufen vertreten sind. Das gleiche gilt auch für Pfaffnau 1, wo einem kalksandigen Unterlias ein kalkiger höherer Lias gegenüber steht. Zwischen dieser Bohrung und Courtion 1 vollzieht sich unter gleichzeitiger rascher Mächtigkeitszunahme ein Wechsel zu tonig-mergeliger Fazies. Ähnlich wie im Keuper schwillt dann die Mächtigkeit von Courtion 1 nach Essertines 1 gewaltig an, nämlich von ca. 100 auf ca. 400 m. Dabei ändert sich die weiterhin tonreiche Fazies nur insofern, als vor allem im unteren Lias der Kalkgehalt grösser wird, so dass dort häufig Mergelkalksteine auftreten. An der Liasbasis liegt in Essertines 1 ein dünner Feinsandhorizont, der sich durch Glaukonit- und Kalkgehalt deutlich von dem kalkfreien, quarzitischem Rhätsandstein unterscheiden lässt. Auch hier kann man im übrigen noch nicht sagen, ob alle Liasstufen vorhanden sind, obwohl durchaus plausible Diagrammverknüpfungen mit Bohrungen auf der Schwäbischen Alb sowie die wenigen stratigraphisch verwertbaren Mikrobefunde dies wahrscheinlich machen. Aber Fernkorrelierun-

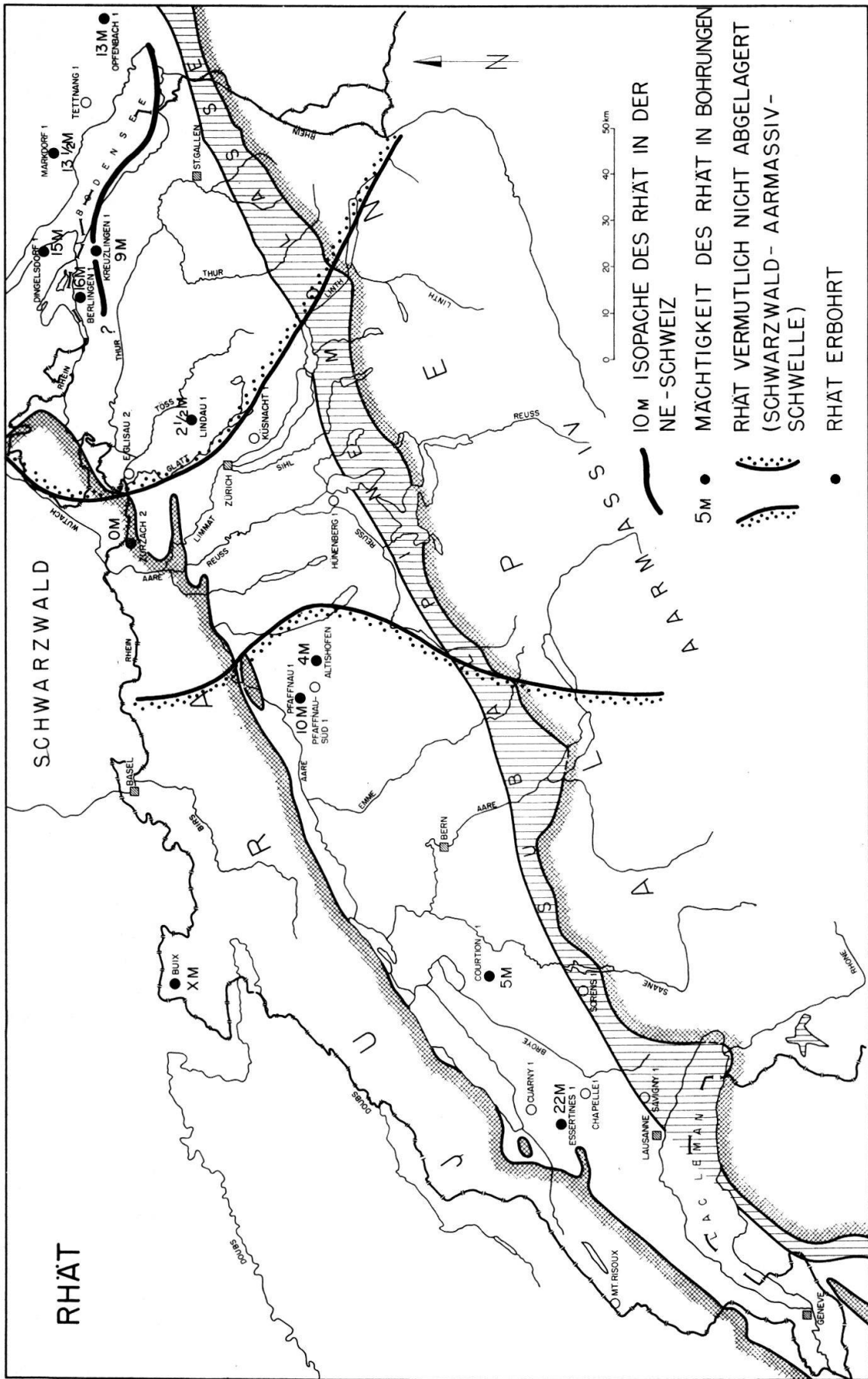


Fig. 9: Paläogeographische Karte des Rhät. (Korrektur: Essertines 1 20 m)

gen über so weite Strecken sind immer etwas zweifelhaft, so dass man den Lias hier trotz seiner grossen Mächtigkeit lieber noch nicht gliedern möchte, bevor nicht die Makrofossiluntersuchungen vorliegen.

Lias und Rhät haben von allen mesozoischen Formationen die meisten Öl- und Gasspuren geliefert, und zwar Ölsuren in den Sanden des Rhät und tiefen Lias von Kreuzlingen 1 und Berlingen 1, Gassuren im Rhät und fast im ganzen Lias von Pfaffnau 1, die in den Kalken dort allerdings nur äusserst schwach waren, ferner Öl- und Gassuren im Rhät und tiefsten Lias von Essertines 1 sowie Öl- und Gassuren im etwas höheren, tonigen Lias der gleichen Bohrung. Die Speichereigenschaften und Mächtigkeiten der Sandsteine von Lias und Rhät sind unterschiedlich und kaum voraussehbar, doch verdienen diese Horizonte auch weiterhin besondere Aufmerksamkeit.

Im Bild der Mächtigkeitslinien des Lias (Fig. 10) ist eine deutliche Zweiteilung zu erkennen. Im Osten liegen zwischen dem Bodensee und etwa Pfaffnau 1 die Mächtigkeiten unter 50 m, so dass man 10m-Isopachen zeichnen kann. Das in der Trias sich andeutende Hochgebiet zwischen Bodensee und Zürich tritt nicht mehr hervor, statt seiner jedoch eine NW gerichtete Ausbuchtung der Mächtigkeitslinien westlich Zürich, die der bei der Besprechung des Rhät erwähnten *Schwellenregion* zwischen Schwarzwald und Aarmassiv (Fig. 9) entsprechen könnte (vgl. hierzu TRÜMPY 1959, S. 442). Westlich Pfaffnau 1 beginnt eine raschere Zunahme der Mächtigkeit, die sich zwischen Courtion 1 und Essertines 1 aussergewöhnlich steigert. Die Mächtigkeitslinien zeichnen hier wieder wie schon in der Trias das Bild eines *tiefen Sedimenttroges*, dessen Achse anscheinend nach W oder SW eintaucht.

Die mutmassliche NW-Grenze der Sandverbreitung im unteren Lias (Fig. 10) ist besonders zwischen Altishofen 1 und Lindau 1 problematisch. So ist vor allem unsicher, wie weit sie dort nach SE ausbiegt bzw. ob die Annahme von R. TRÜMPY (1962, S. 525) über eine Verbindung der Sandareale im Südwesten und Nordosten zutrifft. Die geringe Mächtigkeit der Sandsteine in Altishofen 1 und Lindau 1 sowie der Verlauf der Isopachen des gesamten Lias könnten auch zu der Vermutung führen, dass zwischen den beiden Bohrungen von SE nach NW eine *sandfreie Schwellenzone* durchzieht, wie sie ähnlich schon für das Rhät für möglich gehalten wurde (S. 24). Dass man andererseits mit solchen Spekulationen Überraschungen erleben kann, zeigt die kürzlich erfolgte Auffindung eines lokalen Sandvorkommens im unteren Lias südwestlich Schaffhausen durch U. P. BÜCHI, das also ca. 20 km nordwestlich der o. a. Sandverbreitungsgrenze liegt.

3. 5. Der Dogger (Fig. 11 und 12)

Wie schon Trias und Lias ist auch der Dogger am Bodensee und in Lindau 1 noch ähnlich wie in Oberschwaben ausgebildet (Fig. 11). Alle Quenstedt'schen Stufen sind vorhanden und gut identifizierbar; der Dogger beta wird wie in Dingelsdorf 1 und Markdorf 1 (LEMCKE & WAGNER 1961, S. 13) auch in Kreuzlingen 1 und Berlingen 1 durch tonflaserige Sandsteine oder sandflaserige Tonsteine vertreten, die keine Speichereigenschaften besitzen und in Lindau 1 völlig ausklingen. Zwischen dieser Bohrung und Pfaffnau 1 ändert sich unter gleichzeitiger Mächtigkeitszunahme die Fazies, so dass man von hier ab nach SW die schwäbische Stufengliederung nicht mehr benutzen kann. Die Schichtenfolge oberhalb des Opalinuston wird weitgehend kalkig und behält diesen Charakter bis Essertines 1 bei, während sich der Opalinuston selbst in Fazies und Mächtigkeit kaum verändert. Auch die Murchisonae-Schichten vergrössern ihre Mächtigkeit nach SW anscheinend nur ziemlich wenig (sofern ihre Obergrenze in Essertines 1 nach dem Auftreten von Feinsandkörnern in Kalksteinen einigermaßen richtig angesprochen wurde). Die hauptsächliche Mächtigkeitszunahme entfällt auf das Bathonien

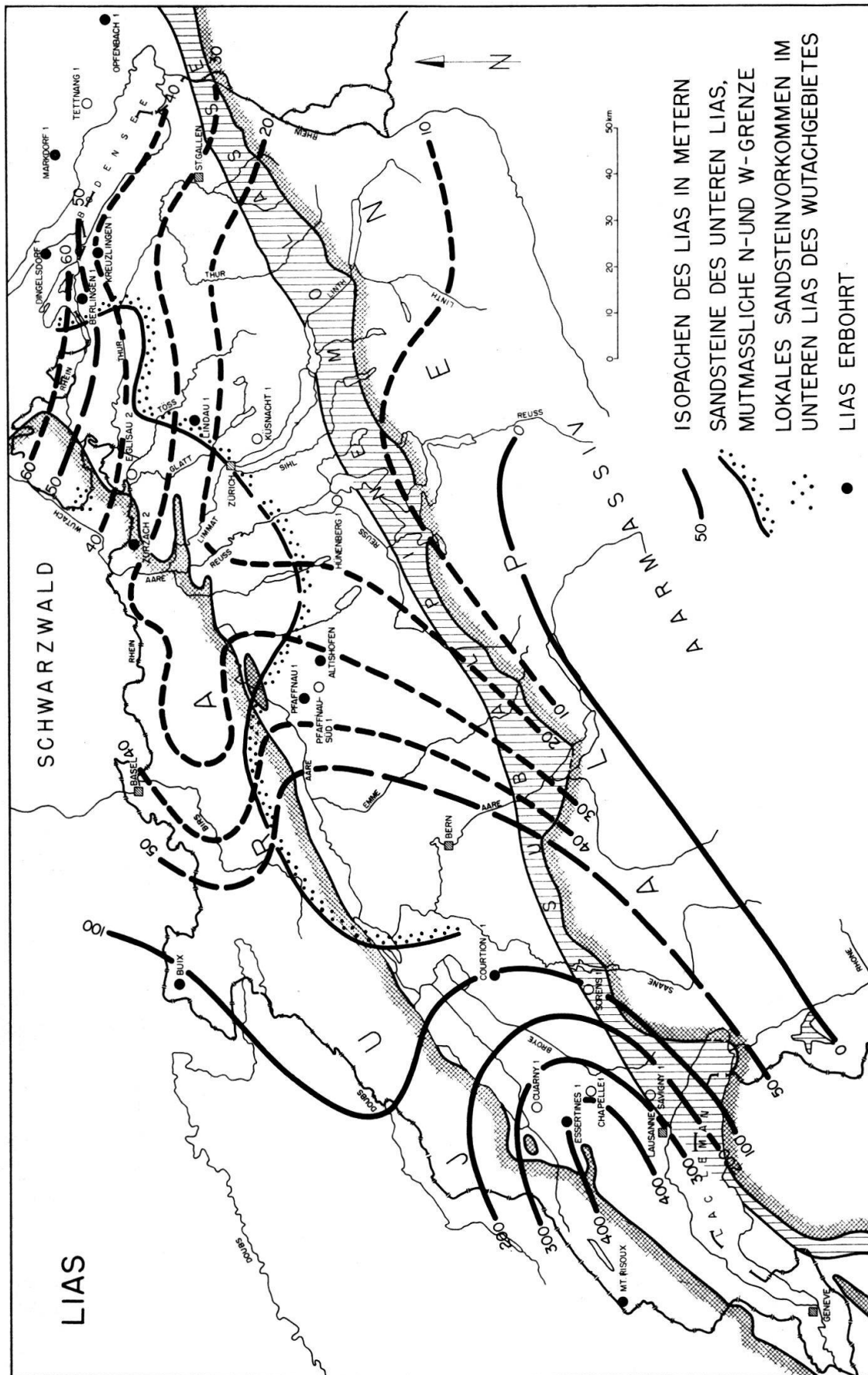


Fig. 10: Paläogeographische Karte des Lias.

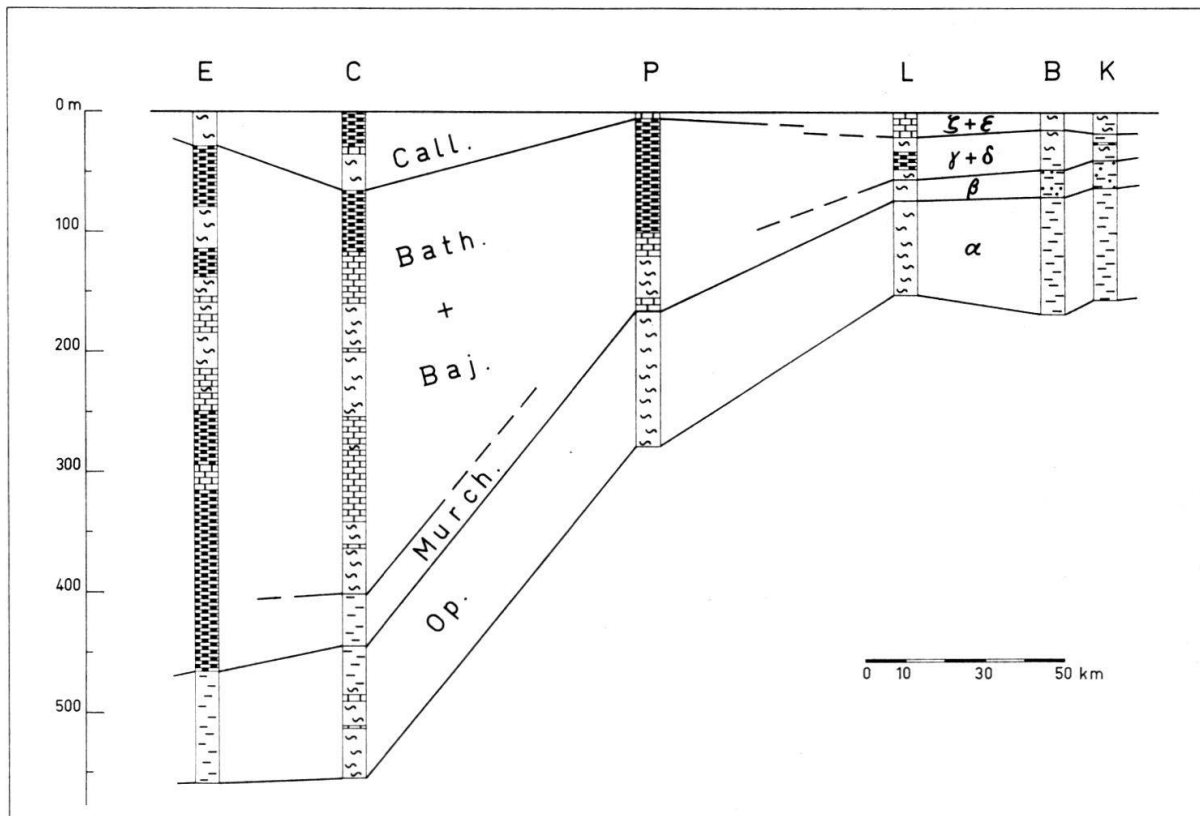


Fig. 11: Faziesschnitt durch den Dogger. – Call. = Callovien, Bath. = Bathonien, Baj. = Bajocien, Murch. = Murchisonaeschichten, Op. = Opalinuston. Übrige Signaturen s. Fig. 3, 6, 8.

und Bajocien, die in keiner Bohrung voneinander getrennt werden können. In diesen Stufen sind oolithische Kalke vorhanden, von denen man die von Pfaffnau 1 vielleicht z. T. als *Hauptrogenstein* bezeichnen kann. Oolithische Echinodermenkalke in Essertines 1 hingegen wird man wohl nicht mit dem Hauptrogenstein gleichsetzen dürfen, da sie dicht über den mutmasslichen Murchisonaeschichten liegen und somit wahrscheinlich zum unteren Bajocien gehören. Bemerkenswert ist noch die relativ starke Mächtigkeitszunahme des Callovien in Courtion 1, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass nur dort die *Dalle nacrée* entwickelt ist.

Speichergesteine sind im ganzen Dogger nicht vorhanden; auch der Hauptrogenstein und die Echinodermenkalke des unteren Bajocien sind nach Kernen und Diagrammbefunden völlig dicht. Öl- oder Gaspuren wurden nirgends beobachtet.

Die Mächtigkeitslinien des Dogger (Fig. 12) lassen wieder einen *Sedimenttrog* mit NE-SW streichender Achse erkennen, der in der gleichen Richtung tiefer wird. In der Ostschweiz deutet sich an der sanften Ausbuchtung der Isopachen nach NW erneut eine *flache Schwellenregion* zwischen Bodensee und Zürich an, wie sie etwas ausgeprägter schon in der Trias erkennbar war.

3. 6. Der Malm (Fig. 13, 14, 16 und 17)

In Kreuzlingen 1, Berlingen 1, Lindau 1 und Pfaffnau 1 schneidet die präoligozäne Abtragungsfläche verschiedene Malmstufen ab (Fig. 13 und 16). Vollständig erhalten ist der Malm in Courtion 1 und Essertines 1, wo er wahrscheinlich ohne nennenswerte Schichtlücke von Unterkreide überlagert wird.

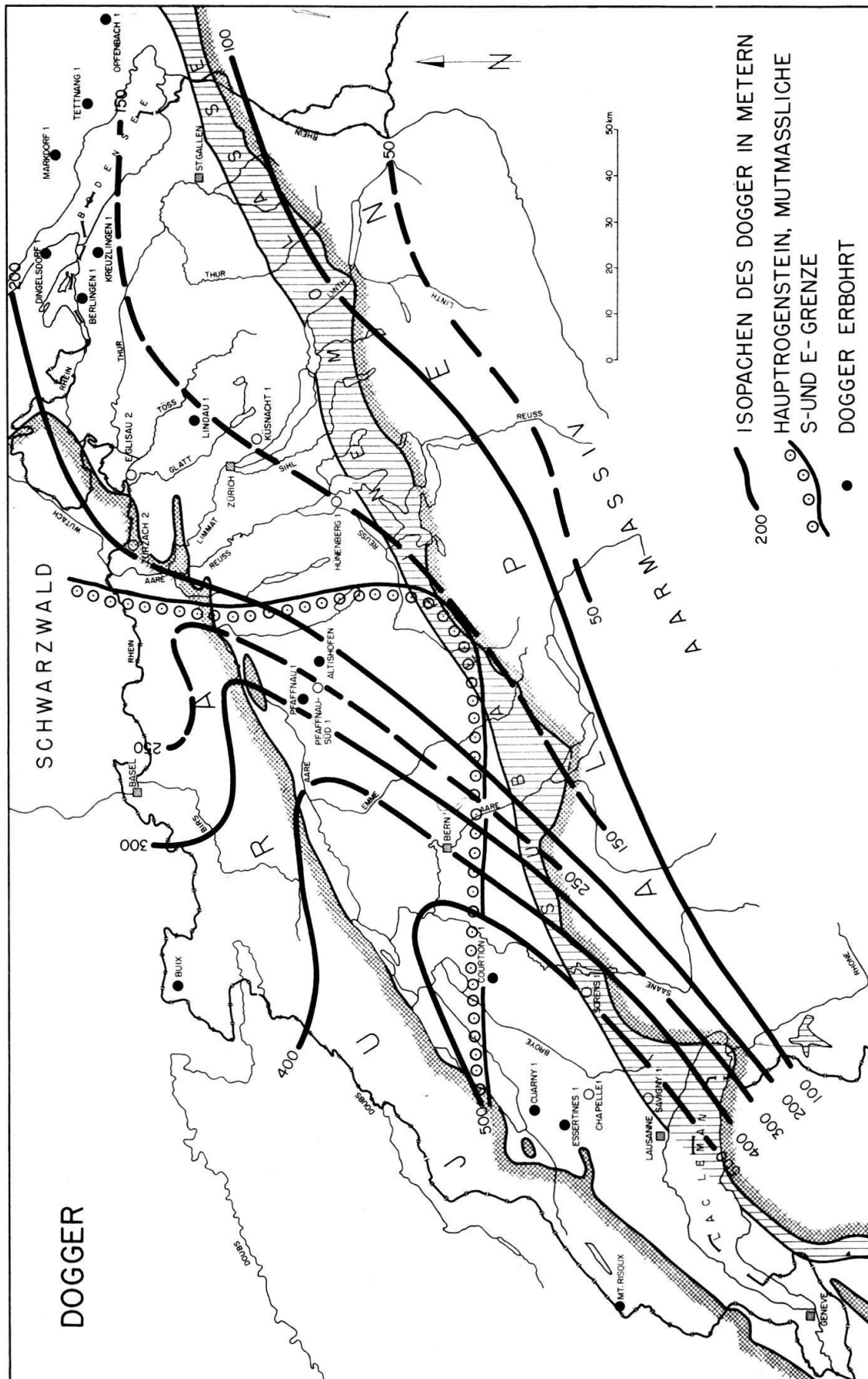


Fig. 12: Paläogeographische Karte des Dogger.

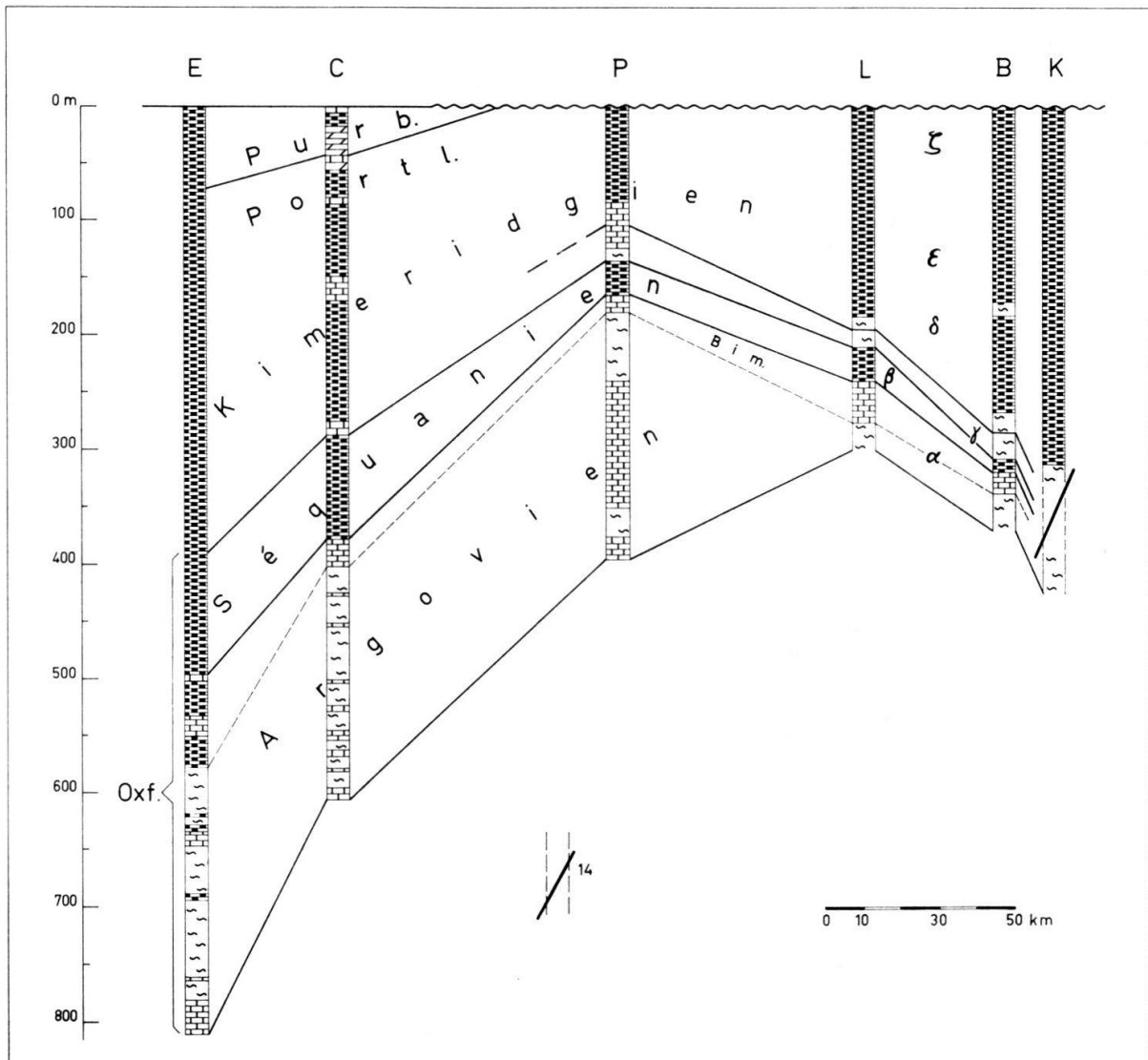


Fig. 13: Fazieschnitt durch den Malm. - 14 = Störung. Purb. = Purbeckien, Portl. = Portlandien, Oxf. = Oxfordien, Bim. = Bimammatum-Schichten. Übrige Signaturen s. Fig. 3, 6, 8.

In Bodenseenähe lassen sich im tieferen Malm (ausser in Kreuzlingen 1, wo er gestört ist) alle von der Schwäbischen Alb bekannten Stufen ohne Schwierigkeit ausgliedern. Von ihnen bleiben die Bimammatumsschichten sowie der Malm beta und gamma bis Pfaffnau 1 gut erkennbar, die erstgenannte Stufe sogar bis Essertines 1. Zwischen Lindau 1 und Pfaffnau 1 vollzieht sich unter rascher, starker Mächtigkeitszunahme der Übergang vom Malm alpha in das mergelige bis mergelkalkige «Argovien», das wie die hangenden Stufen bis Essertines 1 seine Mächtigkeit weiter vergrössert. Kimmeridgien und Portlandien lassen sich in keiner Bohrung voneinander trennen; man kann nur auf Grund der Mächtigkeitsverhältnisse annehmen, dass das Portlandien wie in Altishofen 1 (FISCHER & LUTERBACHER 1963, S. 22) auch in Pfaffnau 1 *abgetragen* ist, während es in den übrigen Bohrungen erhalten zu sein scheint. Das ebenfalls nach SW mächtiger werdende Purbeckien ist ausser in Courtion 1 nur in Essertines 1 vorhanden; seine Untergrenze wurde in Courtion 1 dort angenommen, wo (von unten her gesehen) die ersten grünlichen Gesteine, in diesem Fall dolomitische Kalksteine, einsetzen.

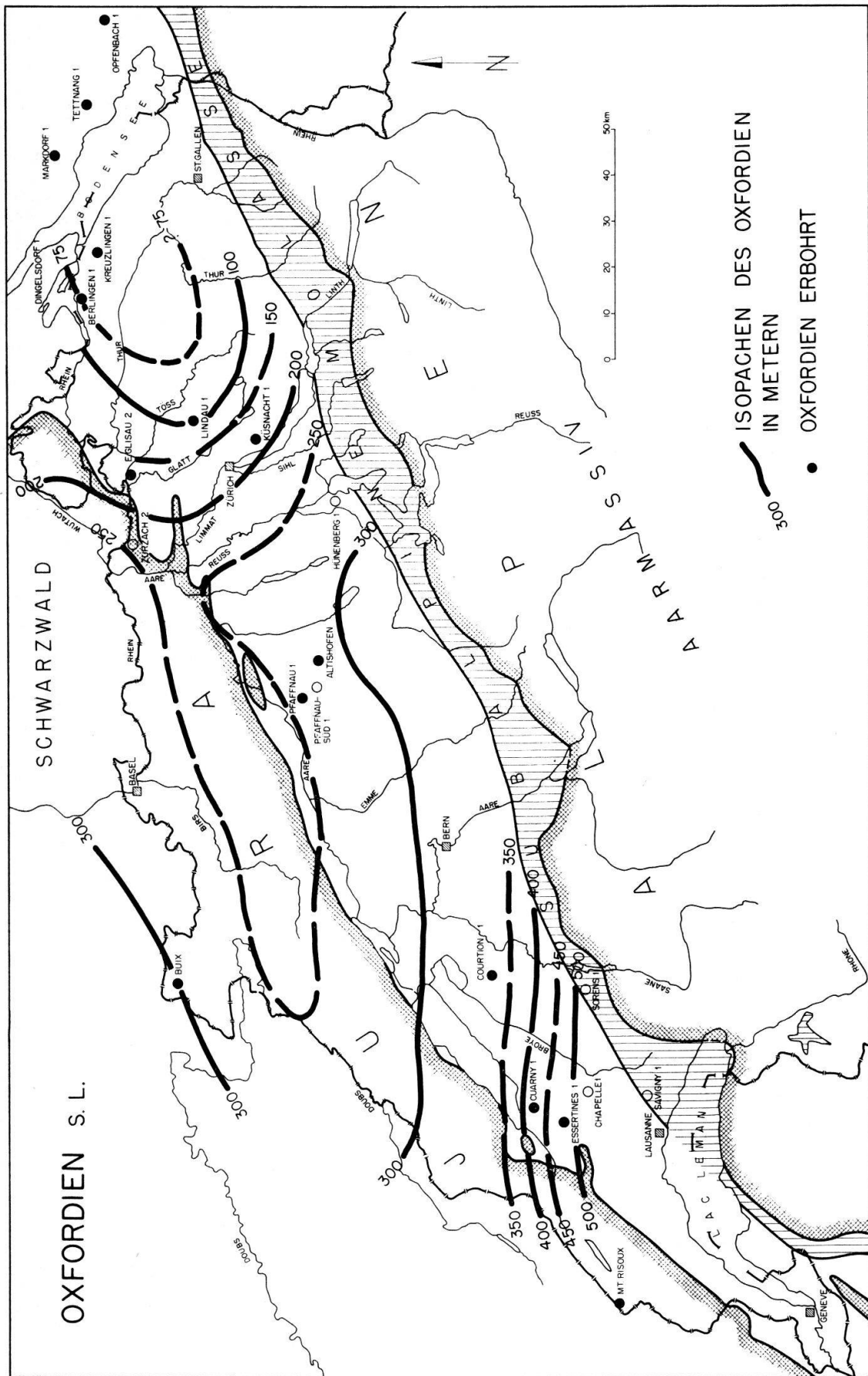


Fig. 14: Paläogeographische Karte des Oxfordien s. l.

Um wenigstens für einen Teil des nur unvollständig erhaltenen Malm zu Vorstellungen über die Mächtigkeitsentwicklung zu gelangen, wurden Isopachen des Oxfordien s. l. entworfen, der einzigen sicher abgrenzbaren und überall vorhandenen Malmstufe (Fig. 14). Sie lassen zwar wiederum eine kräftige Mächtigkeitszunahme in Richtung Südwestschweiz erkennen, nicht aber die in den älteren Formationen meist so charakteristische, NE-SW streichende Beckenachse. Statt dessen fällt im keltischen Faziesbereich ein von der 250m-Linie umrandeter, WSW-ENE streichender Streifen geringerer Mächtigkeit auf, also eine Art flache Schwellenzone, die interessanterweise etwa dort liegt, wo heute die Grenze zwischen Faltenjura und Tafeljura verläuft. Ob hier Zusammenhänge bestehen, bleibt vorderhand offen.

Zwischen Bodensee und Zürich deutet sich auch im Oxfordien jenes *Hochgebiet* an, das schon in der Trias und im Dogger erkennbar war. Es gehört noch ganz zum schwäbischen Faziesgebiet und begrenzt den Ablagerungsraum des Argovien nach Nordosten.

3. 7. Die Kreide (Fig. 15, 16 und 17)

In der Unterkreide von Essertines 1, die dort den Malm überlagert, kann man nach lithologischen Merkmalen wie in Courtion 1 das Valanginien sowie das Ober- und Unter-Hauterivien ausscheiden, ferner zusätzlich noch unteres Barrémien, dessen Untergrenze allerdings sehr unscharf ist. Eine Feingliederung dieser Stufen ist zwar sicherlich problematisch (vgl. FISCHER & LUTERBACHER 1963, S. 4), doch liegt es z. B. nahe, die in beiden Bohrungen vorhandene und auch petrographisch ähnliche basale Kalkserie dem Marbre bâlard gleichzusetzen. Ob man in Essertines 1 die darüber liegenden Mergelkalke als Äquivalente der Marnes d'Arzier und die hangenden Kalke vielleicht als

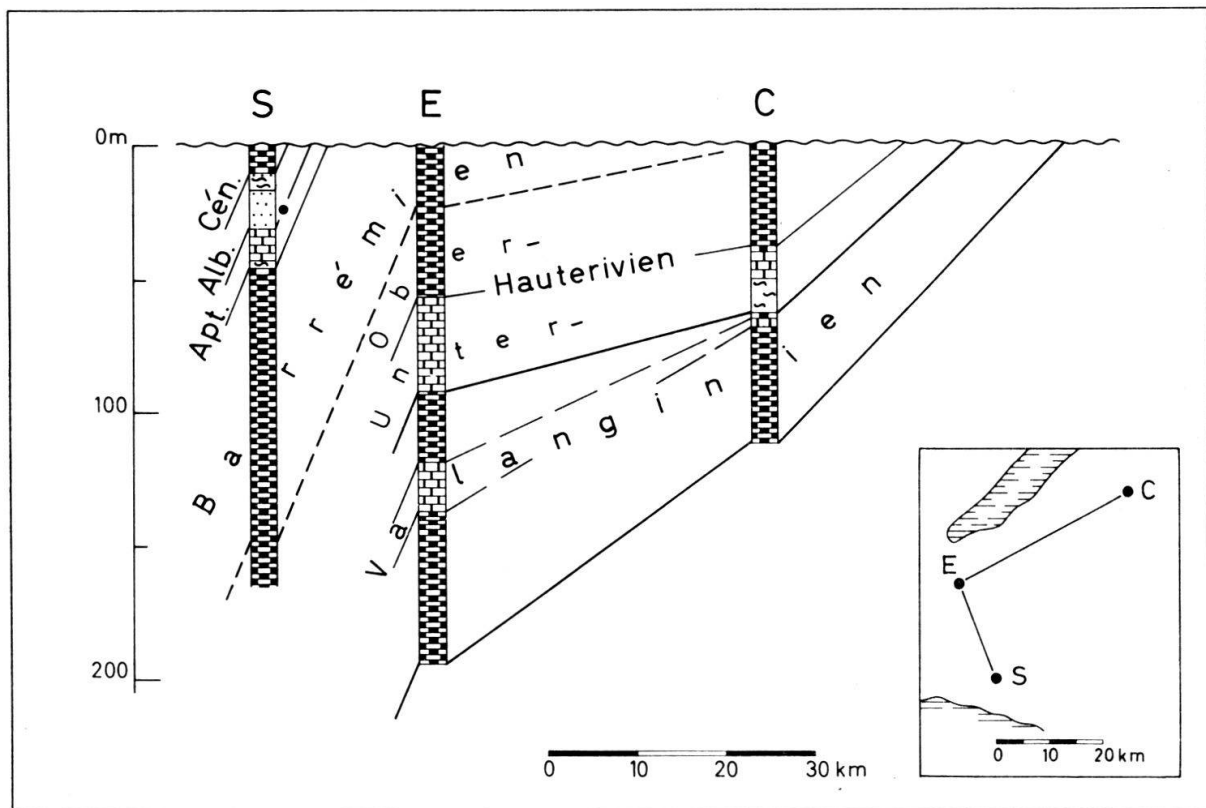


Fig. 15: Fazieschnitt durch die Kreide. - S = Savigny 1. Cén. = Cénomaniens, Alb. = Albien, Apt. = Aptien. Übrige Signaturen s. Fig. 3, 6, 8.

Calcaire roux ansprechen will, bleibe dahingestellt. Allem Anschein nach haben diese Horizonte geringmächtige Entsprechungen auch in Courtion 1. Gut erkennbar sind dann wieder das Unter-Hauterivien in einer tonigen Fazies, die wohl den Marnes bleues entspricht, und auch das Obere Hauterivien als Pierre jaune de Neuchâtel. Im ganzen ist eine deutliche *primäre Mächtigkeitzunahme* von Courtion 1 nach Essertines 1 zu konstatieren, am ausgeprägtesten im Valanginien.

Von Essertines 1 nach Süden sind immer jüngere Kreidestufen erhalten geblieben, wie die Bohrung Savigny 1 (LEMCKE 1963) gezeigt hat. Dort wurden über dem Barrémien noch Aptien, Albien und Cénomani angetroffen; der Albien-Grünsand enthielt schwache *Ölspuren*. Dies sind – abgesehen von sehr schwachen *Gasspuren* in verschiedenen Unterkreide-Horizonten von Savigny 1 – zugleich die einzigen Kohlenwasserstoffanzeichen, die in den hier besprochenen Kreideprofilen beobachtet wurden.

Mächtigkeitdarstellungen für die Unterkreidestufen lassen sich mit diesen wenigen Daten noch nicht entwerfen. Der Faziesschnitt zeigt aber schon für sich allein, dass die seit dem *Muschelkalk* erkennbaren *Senkungsbewegungen* in der Südwestschweiz – synsedimentär bis mindestens einschliesslich Hauterivien – bis in *postcenomane* Zeit angedauert haben müssen.

4. Einige Bemerkungen zur mesozoischen Tektonik

(Fig. 16 und 17)

Eine Zusammenzeichnung der Prätertiär-Profile der betrachteten Bohrungen sowie von Dingelsdorf 1, Küsnacht 1 (BÜCHI et al. 1961) und Altishofen 1 zu einem an der Tertiärbasis eingehängten Längsschnitt durch das Schweizer Mittelland (Fig. 16) rundet die schon gewonnenen Erkenntnisse ab. Die Darstellung verzichtet zwar auf alle faziellen Einzelheiten, ist aber trotzdem der Deutlichkeit halber immer noch 60fach überhöht.

Von NE her, wo unter dem Mesozoikum der tief in das Kristallin eingesenkte, wohl bis Kreuzlingen 1 und Berlingen 1 reichende jungpaläozoische Trog von Dingelsdorf liegt, steigen alle Schichten nach Lindau 1 an, in welcher Richtung z. T. auch ihre Mächtigkeit geringer wird. Dieser Anstieg kulminiert wahrscheinlich etwa in der Gegend von Küsnacht 1, die als Bohrung auf die Molasse das Mesozoikum nur angeritzt hat und dabei unter dem Tertiär Kalke des Ober-Oxfordien antraf (TRÜMPY, siehe BÜCHI et al. 1961, S. 12). Von hier aus fallen alle Schichten unter gleichzeitiger Mächtigkeitzunahme nach SW wieder ab, wo sie im Raum Essertines 1 – Savigny 1 eine Gesamtmächtigkeit von sicher mehr als 2600 m erreichen.

Die Eintiefung in der Westschweiz führt in Essertines 1 für den Keuper (ohne Berücksichtigung einer etwaigen Salzkissenbildung!) bis inkl. Lias zu einer durchschnittlichen Vervierfachung der Mächtigkeiten gegenüber denen in der nur 37 km entfernten Bohrung Courtion 1. Oberhalb des Lias wird die Mächtigkeitzunahme erheblich geringer und klingt in der Kreide wohl allmählich aus. Der Gedanke liegt daher nicht fern, dass dementsprechend die stärkste Senkung (Keuper-Lias) auch Vorläufer gehabt haben könnte, die vielleicht schon im Muschelkalk begonnen haben (trotz praktisch gleichbleibender Mächtigkeit des Oberen Muschelkalks von Kreuzlingen 1 bis Courtion 1, siehe Fig. 3; S. 16). Demgegenüber beginnt sich die Schwellenzone von Küsnacht 1 wohl erst im Keuper herauszubilden. Sie macht sich bis inkl. Lias ziemlich deutlich bemerkbar, sehr wenig oder gar nicht dann im Dogger und Malm und gewinnt ihre volle Bedeutung erst in *postjurassischer Zeit*.

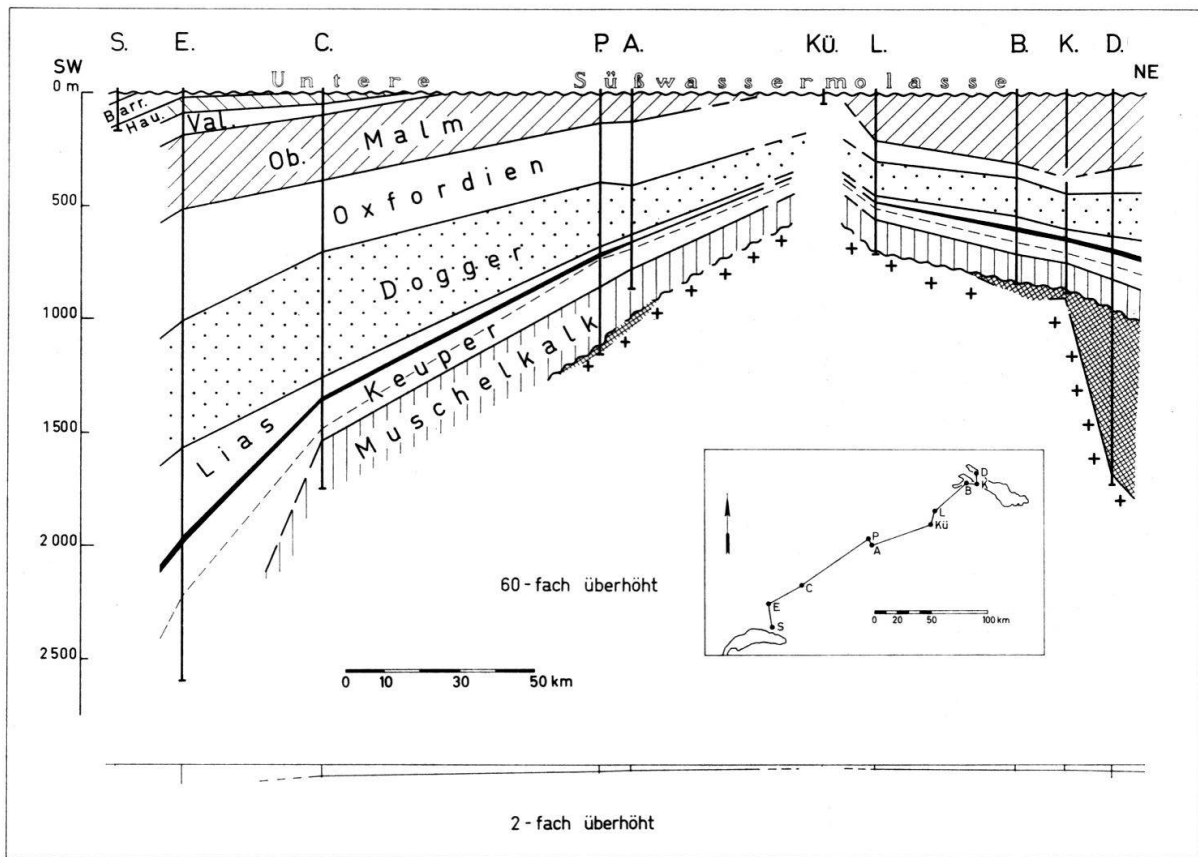


Fig. 16: Längsschnitt durch das Mesozoikum im Untergrund des Schweizerischen Mittellandes. – Bohrungsbezeichnungen wie auf Fig. 6, dazu S. = Savigny 1, A. = Altishofen 1, Kü. = Küsnacht 1, D. = Dingelsdorf 1. Barr. = Barrémien, Hau. = Hauterivien, Val. = Valanginien, schwarz = Rhät, Kreuzschraffur = Permokarbon, Kreuze = Kristallin. — In Savigny 1 liegen auf der Kreide ?Grès de Vaulruz (Untere Meeresmolasse).

Dies erkennt man am besten auf einer Kartendarstellung der Unterlage des Tertiär (Fig. 17). Ganz im Südwesten, am Genfersee, liegt unter der Molasse Cénonanien, Albien und Aptien. Nach NE folgen dann nacheinander die Ausstrichbänder des Barrémien (mit Resten von Aptien/Albien und Cénonanien), des Hauterivien + Valanginien und des Portlandien, an die eine breite Fläche mit Kimmeridgien als Unterlage des Tertiärs anschliesst, in die das Oxfordien-Vorkommen von Küsnacht 1 als Kulmination, vielleicht allerdings auch nur als lokale Hochlage, eingebettet erscheint. Noch weiter nach NE folgt sodann wieder eine ausgedehnte Portlandien-Fläche. Dies bedeutet, dass die mesozoischen Schichten von SW und – flacher – von NE gegen jenes zentrale Kimmeridgien-Gebiet ansteigen, wie es ja ähnlich auf dem Profilschnitt (Fig. 16) zu sehen ist. Damit aber wird nun zwischen Aarmassiv und Schwarzwald eine flache *prätertiäre Aufwölbung* erkennbar, die unter verschiedenen Bezeichnungen dort schon lange vermutet worden ist (z. B. TRÜMPY 1962, S. 524). Sie wurde wahrscheinlich bereits von der Rhättransgression respektiert und stellt heute die strukturell höchste Stelle im mesozoischen Unterbau des Molassebeckens zwischen Genf und Mühldorf am Inn dar. Das tiefe *Senkungsgebiet* der *Westschweiz*, das bis zur Oberkreide aktiv war und nach SW vielleicht noch tiefer wird (RICOUR 1963), hat sein grosstektonisches Pendant – wenn auch nicht dem Ausmass und der Bildungsgeschichte nach – erst 350 km weiter nordöstlich in der *Ostbayerischen Kreidemulde* östlich München (BARTHEL 1963, S. 5). Dazwischen liegt der starre Südostrand des Rheinischen Schildes, der etwa bei Zürich mit der oben ge-

nannten *Aarmassiv-Schwarzwald-Schwelle* verschmilzt. Auf ihr bilden im übrigen nach N immer ältere Schichten die Unterlage des Tertiär, zunächst in breitem Ausstrich das Oxfordien und dann der Dogger, worin sich ein prätertiärer Anstieg des Mesozoikums zum Schwarzwaldkristallin ausdrückt.

Es bleibt noch die Frage, ob sich der hier geschilderte Bau des mesozoischen Untergrundes auch während der Molassezeit noch oder wieder bemerkbar gemacht hat. Zu diesem Thema hat sich vor allem F. HOFMANN (1955a, 1955b) eingehend geäußert, welcher damals nach Indizien aus der Molasse u. a. ein «Grundgebirgshoch zwischen dem Aarmassiv einerseits und den Massivblöcken Schwarzwald–Vogesen andererseits» (1955b, S. 119) annehmen zu können glaubte. Er stiess damit zwar auf lebhaftere Kritik (RUTSCH & HÜGI 1956, S. 33 und 34), doch ist die grundsätzliche Übereinstimmung seiner Konzeption mit den hier dargelegten Ergebnissen immerhin recht bemerkenswert, zumal die kürzlich beendete, auf dem HOFMANN'schen Hoch am Zugersee stehende Bohrung Hünenberg 1 dort ein weites Zurückweichen der älteren Molasse-Stufen nach SE nachgewiesen hat. Wie ferner in Bayern die oligozänen und untermiozänen Meere im wesentlichen auf das Gebiet der ostbayerischen Kreidemulde beschränkt bleiben, so findet sich in der Schweiz die z. T. brackische Süsswasserkalk-Gipsmergelserie an der Chattien/Aquitaniengrenze (JORDI 1955, S. 33 ff) nur im Senkungsbereich der Westschweiz. Man gewinnt also den Eindruck, dass sich trotz der Umgestaltung des mesozoischen Ablagerungsraumes zu einem tertiären Subsidenzbecken die Hauptzüge der tektonischen Entwicklung und gewisse Großstrukturen aus dem Mesozoikum in die Molasse durchpausen.

Wichtigste benützte Literatur

- AMSLER, A. (1915): Tektonik des Staffelegg-Gebietes. *Eclogae geol. Helv.* 13/4.
 – (1926): Bemerkungen zur Juratektonik. *Eclogae geol. Helv.* 20/1.
 BARTHEL, K. W. (1963): The Lower Cretaceous of the Eastern Molasse Basin. *Colloque sur le Crétacé inférieur*, Lyon 1963, Pré-tirage.
 BAUMBERGER, E. (1901): Über Facies und Transgression der untern Kreide am Nordrande der mediterrano-helvetischen Bucht im westlichen Jura. *Bericht der Töchterschule zu Basel 1900–1901*.
 BERTSCHY, R. (1958): Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson (Kt. Waadt). *Eclogae geol. Helv.* 51/2.
 BOURQUIN, P., SUTER, H. und BUXTORF, A. (1946): Atlas géologique de la Suisse 1:25 000, Feuilles: 114 Biaufond, 115 Les Bois, 116 La Ferrière, 117 St-Imier, notice explicative.
 BRANDLIN, E. (1911): Zur Geologie des nördlichen Aargauer Tafeljura zwischen Aare und Fricktal. *Verh. d. natf. Ges. Basel* 22/1.
 BROSIUS, M. and BITTERLI, P. (1961): Middle Triassic Hystrichosphaerids from Salt-wells Riburg –15 and –17, Switzerland. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, 28/74.
 BÜCHI, U. P. et al. (1961): Geologische Ergebnisse der Bohrung Künsnacht 1. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, 28/74.
 BÜCHI, U. P., WIENER, G. und HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. *Eclogae geol. Helv.* 58/1.
 BUSER, H. (1952): Beiträge zur Geologie von Blatt Bözen (Nr. 33) im schweizerischen Tafeljura. *Dissertation Universität Zürich*.
 BUXTORF, A. (1901): Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura. *Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz N.F.* 11.
 BUXTORF, A. (1916): Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung des letztern für die Geologie des Juragebirges. *Verh. d. Natf. Ges. Basel*, 27.
 BUXTORF, A. und TRÖSCH, A. (1917): Geologie des Grenchenbergtunnels. *Separatdruck aus dem Schlussbericht an das Schweiz. Post- und Eisenbahndep.*
 CADISCH, J. (1953): *Geologie der Schweizer Alpen*. 2. Aufl. Basel.
 – (1956): Die Wiedererbohrung der Therme von Zurzach (Kt. Aargau). *Eclogae geol. Helv.* 49/2.
 CELLIERS, J. B. (1907): *Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Eptingen, Basel-Land*. *Dissertation, Freiburg i. Breisgau*.
 DIEBOLD, P. (1960): Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Ocourt. *Beitr. Z. Geol. Karte d. Schweiz. NF.* 111.

- DISLER, C. (1914): Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheins zwischen Rheinfeldern und Augst. Verh. d. natf. Ges. Basel, 25.
- (1941): Stratigraphischer Führer durch die geologischen Formationen im Gebiet zwischen Aare, Birs und Rhein. Verlag B. Wepf & Co., Basel.
- ERDÖLGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DER SCHWEIZ (1947, 1948, 1950, 1952) Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. Geotech. Serie 26/1–4.
- ERNI, A. (1910): Das Rhät im schweizerischen Jura. Eclogae geol. Helv. 11/1.
- FISCHER, H. & LUTERBACHER, H. (1963): Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion 1 und Altishofen 1. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. NF. 115.
- GEOLOGISCHER FÜHRER DER SCHWEIZ (1934), Wepf, Basel.
- GEYER, O. F. und GWINNER, M. P. (1964): Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg. Verl. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- GLAUSER, A. (1936): Geologische Beschreibung des Kartengebietes vom Blatt Montfaucon im Berner Jura. Verh. Natf. Ges., Basel, 47.
- GYGI, R. und STUMM, F. (1965): Der untere Malm des Aargauer Jura. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 31/81.
- HANTKE, R. (1961): Tektonik der helvetischen Kalkalpen zwischen Obwalden und dem St.-Galler Rheintal. Viertelj.schr. d. Naturf. Ges. Zürich, 106.
- HAUBER, L. (1960): Geologie des Tafel- und Faltenjura zwischen Reigoldswil und Eptingen. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. NF. 112.
- HEIM, ALB. (1919): Geologie der Schweiz.
- HELBLING, R. (1948): Photogeologische Studien. Herausgegeben von der Eidg. Techn. Hochschule Zürich.
- HELING, D. (1965): Zur Petrographie des Schilfsandsteins. Beitr. Mineral. Petrogr. 11.
- HERZOG, P. (1956): Die Tektonik des Tafeljura und der Rheintalflexur südöstlich von Basel. Eclogae geol. Helv. 49/2.
- HOFMANN, F. (1955a): Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing. 22/62.
- (1955b): Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz. Eclogae geol. Helv. 48/1.
- HÖLDER, H. (1962): Bericht über das internationale Jura-Kolloquium in Luxemburg und Nancy im Aug. 1962. Jb. und Mitt. oberrh. geol. Ver., NF. 44.
- JORDI, H. H. (1955): Geologie der Umgebung von Yverdon. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 99.
- KELLER, W. T. (1922): Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Delsbergerbecken und ober-rheinischer Tiefebene. Eclogae geol. Helv. 17/1.
- KELTERBORN, P. (1944): Beobachtungen im Mont Terri-Gebiet zwischen Courgenay und Asvel. Eclogae geol. Helv., 37/2.
- KOPP, J. (1955): Die Ergebnisse der Erdölbohrung Altishofen. Mitt. natf. Ges. Luzern, 17.
- LEHNER, E. (1920): Geologie der Umgebung von Bretzwil. Beitr. geol. Karte der Schweiz, NF. 47.
- LEMCKE, K. (1961): Ein jungpaläozoischer Trog unter dem Süddeutschen Molassebecken. Z. deutsch. geol. Ges., 113/1.
- (1963): Die Ergebnisse der Bohrung Savigny 1 bei Lausanne. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 30/78.
- LEMCKE, K. & WAGNER, R. (1961): Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseegebiet. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 27/73.
- LUGEON, M. (1914, 1916, 1918): Les hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Carte géol. de la Suisse. NF. 30. Fasc. 1–3.
- LÜTHI, E. (1954): Geologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Tessenberg und St. Immortal. Dissertation Zürich.
- MERKI, P. (1961): Der Obere Muschelkalk im östlichen Schweizer Jura. Eclogae geol. Helv. 54/1.
- RICOUR, J. (1963): Esquisse paléogéographique de la France aux temps Triasiques. – Colloque sur le Trias de la France etc., Mem. Bureau Rech. Géol. et Min., 15.
- RICOUR, J., HOVON, O. & LIENHARDT, G. (1960): Le Trias du Jura, de la Saône et de la bordure nord du Massif central. Bull. Soc. Géol. France (7) 2.
- RIGASSI, D.: Le Tertiaire de la Région Genevoise et Savoissienne. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 24/66.
- ROTHPLETZ, W. (1933): Geologische Beschreibung der Umgebung von Tavannes im Berner Jura. Verh. d. Natf. Ges. Basel, 43.
- RUTSCH, R. F. & HÜGI, TH. (1956): Bemerkungen zur Arbeit von F. Hofmann: Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 22/63.
- RYNIKER, K. (1923): Geologie der Seekette zwischen Biel und Ligerz. Eclogae geol. Helv. 18/1.

- SCHMASSMANN, H. (1945): Stratigraphie des mittleren Dogger der Nordschweiz. Tätigkeitsbericht der naturf. Ges. Basel-Land, 14.
- (1953): Das Keuperprofil von Neuwelt. Tätigkeitsbericht d. Natf. Ges. Basel-Land, 19 (1950/1952).
- SCHMASSMANN, H. und BAYRAMGIL, O. (1945): Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz. Tätigkeitsbericht Natf. Ges. Basel-Land, 15.
- 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. z. Geol. Karte d. Schweiz. Geol. Serie 10.
- SCHNEIDER, A. (1960): Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Porrentruy. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. NF. 109.
- SCHNEIDER, J. (1962): Der Jura in Erdölbohrungen des westlichen Molassetroges. Hermann Aldinger-Festschrift. Verl. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- SCHUERER, W. (1928): Geologische Aufnahmen des Jura- und Molassegebietes zwischen Dotzigen und Tavannes. Dissertation Universität Zürich.
- SENFLEBEN, G. (1923): Beiträge zur geologischen Erkenntnis der West-Lägern und ihrer Umgebung. Dissertation Universität Zürich.
- STAUB, R. (1924): Der Bau der Alpen. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz NF. 52.
- THÜRACH, H. (1889/90): Übersicht über die Gliederung des Keuper im nördlichen Franken im Vergleich zu den benachbarten Gegenden. Geogr. Jh. 1 u. 2.
- TRÜMPY, R. (1959): Hypothesen über die Ausbildung von Trias, Lias und Dogger im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. Eclogae geol. Helv. 52/2.
- (1962): Mesozoischer Untergrund und ältere Meeresmolasse im schweizerischen und oberschwäbischen Molassebecken. Erdöl-Ztschr. 78.
- TSCHOPP, R. (1960): Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Miécourt. Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz NF. 110.
- VONDERSCHMITT, L. (1942): Die geologischen Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass). Eclogae geol. Helv. 35/1.
- WAIBEL, A. (1925): Geologie der Umgebung von Erschwil. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. NF. 55.
- WINNOCK, E. (1961): Résultats géologiques du forage Risoux 1. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 28/74.
- WIRTH, E. (1958): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlussbohrung Buttenhausen 1, Schwäbische Alb. Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. NF. 40.
- (1960): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlussbohrung Upflamör 1, Schwäbische Alb. Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. NF. 42.
- WURSTER, P. (1964): Geologie des Schilfsandsteins. Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 33.
- ZIEGLER, M. A. et TRÜMPY, R. (1962): Sur les relations lithostratigraphiques entre le Rauracien-type et l'Argovien-type. - Colloque du Jurassique, Luxembourg.
- ZIEGLER, P. A. (1956): Geologische Beschreibung des Blattes Courtelary. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz. NF. 102.