

Einige Ergebnisse der Erdölexploration auf die mittelländische Molasse der Zentralschweiz

Autor(en): **Lemcke, Kurt / Büchi, Ulrich P. / Wiener, Gabriel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **35 (1968-1969)**

Heft 87

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-195936>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Einige Ergebnisse der Erdölexploration auf die mittelländische Molasse der Zentralschweiz*

Mit 8 Figuren im Text

VON KURT LEMCKE, ULRICH P. BÜCHI und GABRIEL WIENER¹⁾

Zusammenfassung

Es werden zunächst die geologischen Kurzprofile der Bohrungen Hünenberg 1, Boswil 1 sowie Pfaffnau-Süd 1, 2, 4 und 5 mitgeteilt. Anschliessend werden die Ergebnisse an Hand von Faziesprofilen besprochen.

In der Oberen Süsswassermolasse (Tortonien) ist der Leithorizont des Meilener Kalks wahrscheinlich auch in Boswil 1 vorhanden. In der Oberen Meeresmolasse kann man einen obersten Abschnitt mit Geröllen und Nagelfluhbänken ausscheiden, der wohl sicher zum Helvétien gehört. Nach Diagrammverknüpfungen mit dem Bodenseegebiet könnte die Grenze Helvétien/Burdigalien 100–150 m darunter liegen. Die Mächtigkeit des Burdigalien vervierfacht sich von Boswil 1 nach Hünenberg 1.

In der Unteren Süsswassermolasse lässt sich eine höhere Schüttung mit Epidotvornacht (wohl Napf-Schüttung) von einer tieferen, zirkonreichen Schüttung unterscheiden, für die Zusammenhänge mit einer über Tage nicht mehr erhaltenen jüngeren Rigi-Schüttung möglich erscheinen. Von Boswil 1 nach Hünenberg 1 verdoppelt die Untere Süsswassermolasse fast ihre Mächtigkeit. Sie gehört wahrscheinlich grösstenteils zum Aquitanien, nur ihre untersten ca. 50 m zum Chattien.

Den unter dem Tertiär angeritzten Malm kann man nach seiner spärlichen Fauna ins Séquanien bis Unter-Kiméridgien stellen. In Hünenberg 1 liegt er in Quintner-Kalk-Fazies vor.

Streichlinienkarten für die Tertiärbasis und die Oberkante der Oberen Meeresmolasse deuten auf Stockwerkstektonik hin.

Zum Schluss folgen Angaben über Sandsteinporositäten in der Unteren Süsswassermolasse, über Öl- und Gasspuren sowie über die Salinität und Lagerstättendrucke von Formationswässern.

Abstract

The condensed geological sections of the wells Hünenberg 1, Boswil 1, and Pfaffnau-Süd 1, 2, 4, 5 in the central Swiss Molasse Basin are presented. Then the results of the a. m. wells are discussed and detailed facies sections are given.

In the Upper Freshwater Molasse (Tortonian) the key horizon of the Meilen limestone («Meilener Kalk») probably extends to Boswil 1. In the Upper Marine Molasse an uppermost unit can be distinguished containing pebbles and conglomeratic beds («Nagelfluh»). Its age certainly is Helvetian. The boundary between Helvetian and Burdigalian according to log correlations with wells in the vicinity of the Lake of Constance perhaps may be drawn 100–150 m below this unit. The Burdigalian is thickening four times between Boswil 1 and Hünenberg 1.

Within the Lower Freshwater Molasse an upper member with predominance of epidote (probably «Napf-Schüttung») can be separated from a lower member with abundant zircon. The latter unit possibly derives from an upper portion of the «Rigi-Schüttung» which at the surface is no more preserved. The thickness of the Lower Freshwater Molasse almost doubles between Boswil 1 and Hünenberg 1. The bulk of it probably belongs to the Aquitanian. The lowermost 50 m may be assigned to the Chattian.

*) Nach einem Vortrag von K. LEMCKE, gehalten auf der Jahrestagung der Vereinigung Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing. in Lugano am 22. Juni 1968.

¹⁾ Anschriften der Autoren:

Dr. K. LEMCKE (Gewerkschaft Elwerath, Erdölwerke Hannover): D-8000 München 60, Fritz-Reuter-Strasse 19.

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

Dr. GABRIEL WIENER, CH-4410 Liestal, Oristalstrasse 43.

The Malm drilled below the Tertiary rocks may be dated as of Sequanian to lower Kimmeridgian age according to its scarce fauna. In Hünenberg 1 the Malm is developed in the (alpine) Quinten limestone facies («Quintner Kalk»).

Structure contour maps drawn on the base of Tertiary and on top of the Upper Marine Molasse indicate composite tectonic movements.

Finally data on the porosity of sandstones within the Lower Freshwater Molasse, on oil and gas shows observed in the wells, and on the salinity and pressures of reservoir waters are discussed.

1. Einleitung

Vom Oktober 1964 bis Januar 1966 wurden zwischen Bern und Zürich im Konzessionsgebiet der SEAG (Aktienges. f. schweizerisches Erdöl) die Aufschlussbohrungen Hünenberg 1 und Boswil 1, im Konzessionsgebiet der LEAG (Aktienges. f. luzernisches Erdöl) die Aufschlussbohrung Pfaffnau-Süd 1 sowie die Erweiterungsbohrungen Pfaffnau-Süd 2, 4 und 5 abgeteuft (Fig. 1; VERNET 1965, S. VI; BÜCHI 1966, S. 2). Nach den voraufgegangenen, vor allem faziell wenig befriedigenden Ergebnissen der Exploration auf das Mesozoikum (BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965) beschränkten sie sich auf die Untersuchung der Molasse, und zwar in Ermanglung tieferer Horizonte speziell der Unteren Süsswassermolasse, der dementsprechend auch der Hauptteil dieser Ausführungen gilt. Der aus Malm bestehende prätertiäre Untergrund wurde nur von den 3 Aufschlussbohrungen Hünenberg 1, Boswil 1 und Pfaffnau-Süd 1 erreicht.

Bei allen drei Aufschlussobjekten handelte es sich um reflexionsseismisch gefundene Hochlagen der Tertiärbasis, von denen Pfaffnau-Süd und Boswil in mittleren Bekenteufen liegen, während Hünenberg bereits in den Bereich grosser Beckenteufen gehört. Hier bestand daher auch eine gewisse Chance, unter der Unteren Süsswassermolasse

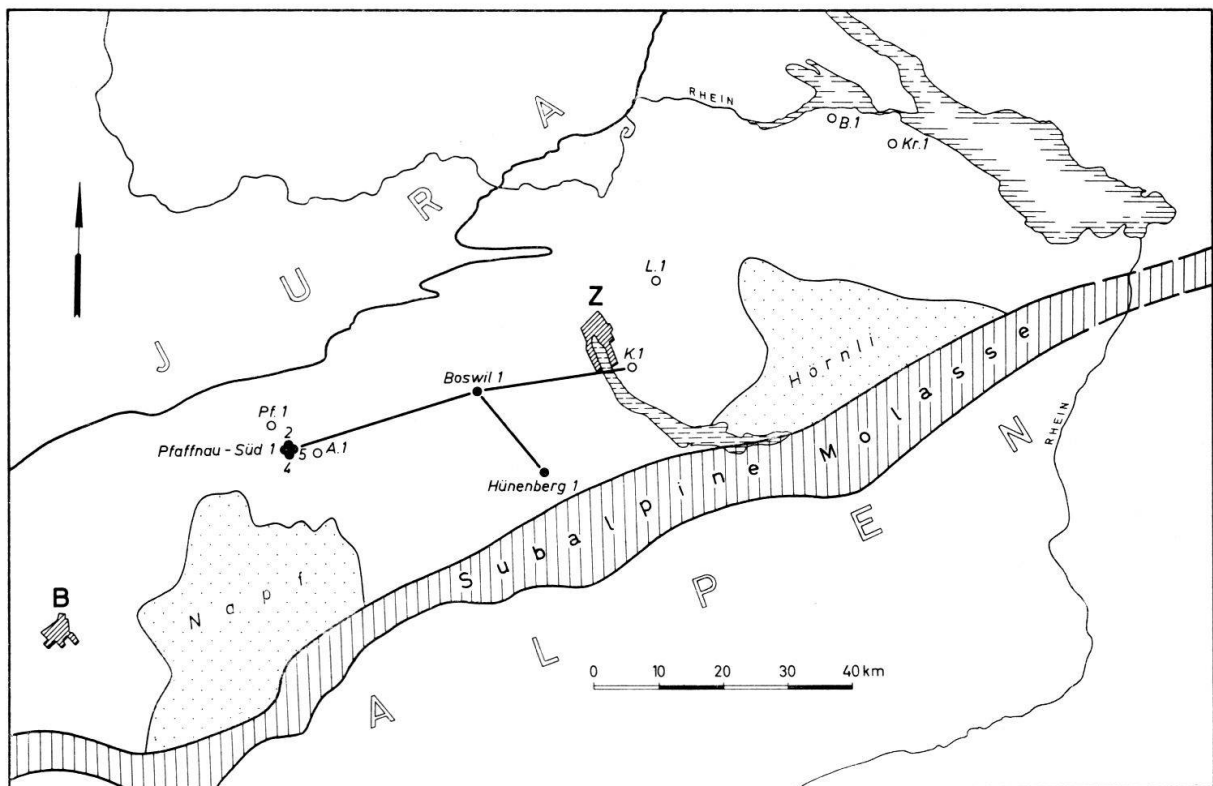


Fig. 1: Übersichtskarte der Bohrungen. – Pf. 1 = Pfaffnau 1, A. 1 = Altshofen 1, K. 1 = Küsnacht 1, L. 1 = Lindau 1, B. 1 = Berlingen 1, Kr. 1 = Kreuzlingen 1; B = Bern, Z = Zürich.

noch Horwer Platten oder gar tiefere Rupelsande anzutreffen, doch trotz diese Hoffnung. Einen ermutigenden Erfolg brachte nur die Untersuchung von Pfaffnau-Süd, wo bekanntlich in Sanden der höheren USM ein – allerdings nur kleines und daher unwirtschaftliches – Gasvorkommen gefunden wurde.

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

2. Die Bohrungen

Die vorgenannten Bohrungen wurden von einem mittelschweren und einem leichten Bohrgerät der Gewerkschaft Elwerath, Erdölwerke Hannover, niedergebracht. Die wichtigsten Bohrungsdaten lauten:

Hünenberg 1

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Zug Nr. 1131, Koord. 675 522/224 593, Höhe über Meer: ca. 461 m (Ackersohle)
Auftraggeber:	SEAG
Bohrzeit:	18. 1.–5. 9. 1965 (231 Tage)
Endteufe:	3288,0 m
Gesamtabweichung bei Endteufe:	69,4 m in Az. 321,5°, Teufenverlust 1,56 m
Verrohrung:	21 1/2"-Standrohr bis 2,8 m (zementiert) 13 3/8"-Rohre bis 724,0 m (bis zu Tage zementiert) 9 5/8"-Rohre bis 2140,4 m (bis ca. 1640 m zementiert, ab 1002 m gezogen)
Kerne:	2 Kerne und 1 Seitenkern aus der USM, 1 Kern aus dem Malm
Bearbeiter:	Spülproben und Kerne: Dr. G. WIENER Profilgliederung: Dr. U. P. BÜCHI Dr. K. LEMCKE Dr. G. WIENER
	Mikropaläontologische Untersuchungen (Malm): Prof. Dr. H. HAGN (Paläont. Inst. d. Univ. München)
	Makropaläontologische Untersuchungen (Malm): Dr. K. W. BARTHEL (Paläont. Inst. d. Univ. München)
	Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN Dr. H. FÜCHTBAUER (Einzelfragen) Dr. J. ZIMDARS (Einzelfragen)
Geologisches Profil:	0 – ca. 2 m Quartär – ca. 372 m Obere Süßwassermolasse (Tortonien) – ca. 1340 m Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien) – – – – – Transgression – – – – – – ca. 3259 m Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens + Chattien) – – – – – Schichtlücke – – – – – – 3288,0 m Malm

Boswil 1

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Hitzkirch Nr. 1110, Koord. 664 845/237 415, Höhe über Meer: 647,5 m (Ackersohle)
-------	--

Auftraggeber: SEAG
 Bohrzeit: 29. 9.–18. 11. 1965 (51 Tage)
 Endteufe: 1836,2 m
 Gesamtabweichung bei 1818,1 m: 1,15 m in Az. 168,5°, Teufenverlust 0,08 m
 Verrohrung: 21 1/2"-Standrohr bis 3,0 m (zementiert)
 13 3/8"-Rohre bis 80,8 m (bis zu Tage zementiert)
 9 5/8"-Rohre bis 824,1 m (bis ca. 590 m zementiert)
 5"-Rohre bis 1834,0 m (in 2 Stufen bis ca. 775 m zementiert, ab 360 m gezogen)

Kerne: 1 Kern aus der USM, 1 Kern aus dem Malm
 Bearbeiter: Spülproben und Kerne: Dr. G. WIENER
 Dr. J. ZIMDARS
 Profilgliederung: Dr. U. P. BÜCHI
 Dr. K. LEMCKE
 Dr. J. ZIMDARS

Mikropaläontologische Untersuchungen (Malm): Prof. Dr. H. HAGN
 Makropaläontologische Untersuchungen (Malm): Dr. K. W. BARTHEL
 Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN
 Dr. H. FÜCHTBAUER (Einzelfragen)
 Dr. J. ZIMDARS (Einzelfragen)

Geologisches Profil: 0 – ca. 15 m Quartär
 – ca. 345 m Obere Süßwassermolasse (Tortonien)
 – ca. 809 m Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien)
 – – – – – Transgression – – – – –
 – ca. 1822,5 m Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens + Chattien)
 – – – – – Schichtlücke – – – – –
 – 1836,2 m Malm

Bemerkung: Spülungsverluste beim Abteufen (ca. 180 cbm in der Oberen Meeresmolasse, ca. 223 cbm in der Unteren Süßwassermolasse)

Pfaffnau-Süd 1

Lage: Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000,
 Blatt Langenthal Nr. 1128,
 Koord. 634 950/228 120,
 Höhe über Meer: ca. 616 m (Ackersohle)

Auftraggeber: LEAG
 Bohrzeit: 16. 10.–16. 11. 1964 (32 Tage)
 Endteufe: 1208,5 m
 Gesamtabweichung bei 1204,25 m: 18,1 m in Az. 278,5°, Teufenverlust 0,19 m
 Verrohrung: 21 1/2"-Standrohr bis 2,5 m (zementiert)
 9 5/8"-Rohre bis 355,4 m (bis zu Tage zementiert)
 7"-Rohre bis 1204,8 m (bis ca. 550 m zementiert)

Kerne: 7 Kerne aus der USM, 1 Kern aus dem Malm
 Bearbeiter: Spülproben und Kerne: Dr. G. WIENER
 Profilgliederung: Dr. U. P. BÜCHI
 Dr. K. LEMCKE
 Dr. G. WIENER

Mikropaläontologische Untersuchungen (Malm): Prof. Dr. H. HAGN
 Makropaläontologische Untersuchungen (Malm): Dr. K. W. BARTHEL
 Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN
 Dr. H. FÜCHTBAUER (Einzelfragen)

Geologisches Profil:	0 – ca. 2,5 m	Quartär
	– ca. 298 m	Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien)
	-----	Transgression -----
	– ca. 1198,5 m	Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens)
	-----	Schichtlücke -----
	– ca. 1201,5 m	Boluston (Eozän)
	-----	Schichtlücke -----
	– 1208,5 m	Malm

Pfaffnau-Süd 2

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Langenthal Nr. 1128, Koord. 635 408/228 782, Höhe über Meer: ca. 697 m (Ackersohle)	
Auftraggeber:	LEAG	
Bohrzeit:	19. 6.–11. 7. 1965 (23 Tage)	
Endteufe:	903,0 m	
Gesamtabweichung bei 876,5 m:	11,7 m in Az. 295°, Teufenverlust 0,14 m	
Verrohrung:	13 3/8"-Standrohr	bis 3,96 m (zementiert)
	7"-Rohre	bis 202,26 m (bis zu Tage zementiert)
	5"-Rohre	bis 900,0 m (bis zu Tage zementiert)
Kerne:	4 Kerne aus der USM	
Bearbeiter:	Spülproben und Kerne:	Dr. G. WIENER
	Profilgliederung:	Dr. U. P. BÜCHI Dr. K. LEMCKE Dr. G. WIENER

	Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN	
Geologisches Profil:	0 – ca. 384 m	Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien)
	-----	Transgression -----
	– 903,0 m	Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens)

Pfaffnau-Süd 4

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Langenthal Nr. 1128, Koord. 635 265/227 220, Höhe über Meer: ca. 711 m	
Auftraggeber:	LEAG	
Bohrzeit:	12.–29. 8. 1965 (18 Tage)	
Endteufe:	913,5 m	
Gesamtabweichung bei 906,75 m:	2,5 m in Az. 265,5°, Teufenverlust 0,02 m	
Verrohrung:	13 3/8"-Standrohr	bis 4,3 m (zementiert)
	7"-Rohre	bis 201,58 m (bis zu Tage zementiert)
	5"-Rohre	bis 900,9 m (bis zu Tage zementiert)
Kerne:	–	
Bearbeiter:	Spülproben:	Dr. T. VOLLMAYR Dr. G. WIENER
	Profilgliederung:	Dr. U. P. BÜCHI Dr. K. LEMCKE Dr. G. WIENER

	Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN	
Geologisches Profil:	0 – ca. 430 m	Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien)
	-----	Transgression -----
	– 913,5 m	Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens)

Pfaffnau-Süd 5

Lage:	Neue Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Langenthal Nr. 1128, Koord. 635 840/228 145, Höhe über Meer: ca. 713 m		
Auftraggeber:	LEAG		
Bohrzeit:	14. 12. 1965–16. 1. 1966 (34 Tage)		
Endteufe:	952,0 m		
Gesamtabweichung bei 926,0 m:	14,5 m in Az. 322°, Teufenverlust 0,19 m		
Verrohrung:	13 3/8"-Standrohr	bis 3,8 m	(zementiert)
	7"-Rohre	bis 202,5 m	(bis zu Tage zementiert)
	5"-Rohre	bis 945,2 m	(bis zu Tage zementiert)
Kerne:	-		
Bearbeiter:	Spülproben:	Dr. G. WIENER Dr. J. ZIMDARS	
	Profilgliederung:	Dr. U. P. BÜCHI Dr. K. LEMCKE	
	Sedimentpetrographische Untersuchungen: Dr. F. HOFMANN		
Geologisches Profil:	0 – ca. 3 m	Quartär	
	– ca. 439 m	Obere Meeresmolasse (Helvétien + Burdigalien)	
	-----	Transgression -----	
	– 952,0 m	Untere Süßwassermolasse (Aquitaniens), ?gestört	

Alle Bohrungen wurden vor jeder Verrohrung und jeweils nach Erreichen der Endteufe durch die Fa. Schlumberger (Hannover) in der üblichen Weise elektrisch vermessen. In Hüenberg 1 wurde zusätzlich während des Bohrens die Richtung des Bohrlochs durch Kontrollotungen laufend überwacht. Ferner wurde in Pfaffnau-Süd 1, Boswil 1 und Hüenberg 1 jeweils nach Beendigung der Bohrung eine Geophonversenkung zur Bestimmung der seismischen Geschwindigkeiten ausgeführt. In allen Bohrungen war während des Abteufens ein Gasmessgerät, meist ein Chromatograph, eingesetzt.

Die Gliederung der Bohrprofile erfolgte überall nach Spülproben, Kernen und elektrischen Bohrlochmessungen (Teufenangaben jeweils nach ES-Diagramm). Wo eine nennenswerte Abweichung des Bohrlochs von der Senkrechten gemessen wurde, war sie gegen NW, also gegen das regionale Schichteneinfallen, gerichtet.

3. Fazies und Stratigraphie

3.1. Die Molasse

Für eine Diskussion von Fazies und Stratigraphie der von den vorgenannten Bohrungen durchteuften Molasse wurden im Folgenden die auf Fig. 1 eingetragenen Profilinien Pfaffnau-Süd 1 – Boswil 1 – Künsnacht 1 (BÜCHI et al. 1961; BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965) sowie Boswil 1 – Hüenberg 1 betrachtet, also ein Längsschnitt (Fig. 2) und ein Querschnitt (Fig. 4, S. 25) durch diesen zentralen Teil des Mittellandes. Auf ihnen sind die Bohrungen im einzelnen miteinander verknüpft, und zwar meist nach der Lithofazies, die jeweils aus den Spülprobenbefunden und den verschiedenen elektrischen Bohrlochmessungen ermittelt und als Bohrungssäule dargestellt wurde, nur in Ausnahmefällen nach den Schlumberger-Diagrammen direkt, die sich hierfür im allgemeinen als wenig geeignet erwiesen. Angesichts der unruhigen Sedimentation in allen Molassestufen und den weiten Entfernungen der Bohrungen voneinander sind die Verknüpfungen allerdings bisweilen mit gewissen Unsicherheiten in der subjektiven Deutung belastet, zumal die Spülproben manchmal stark zerbohrt waren und besonders in Hü-

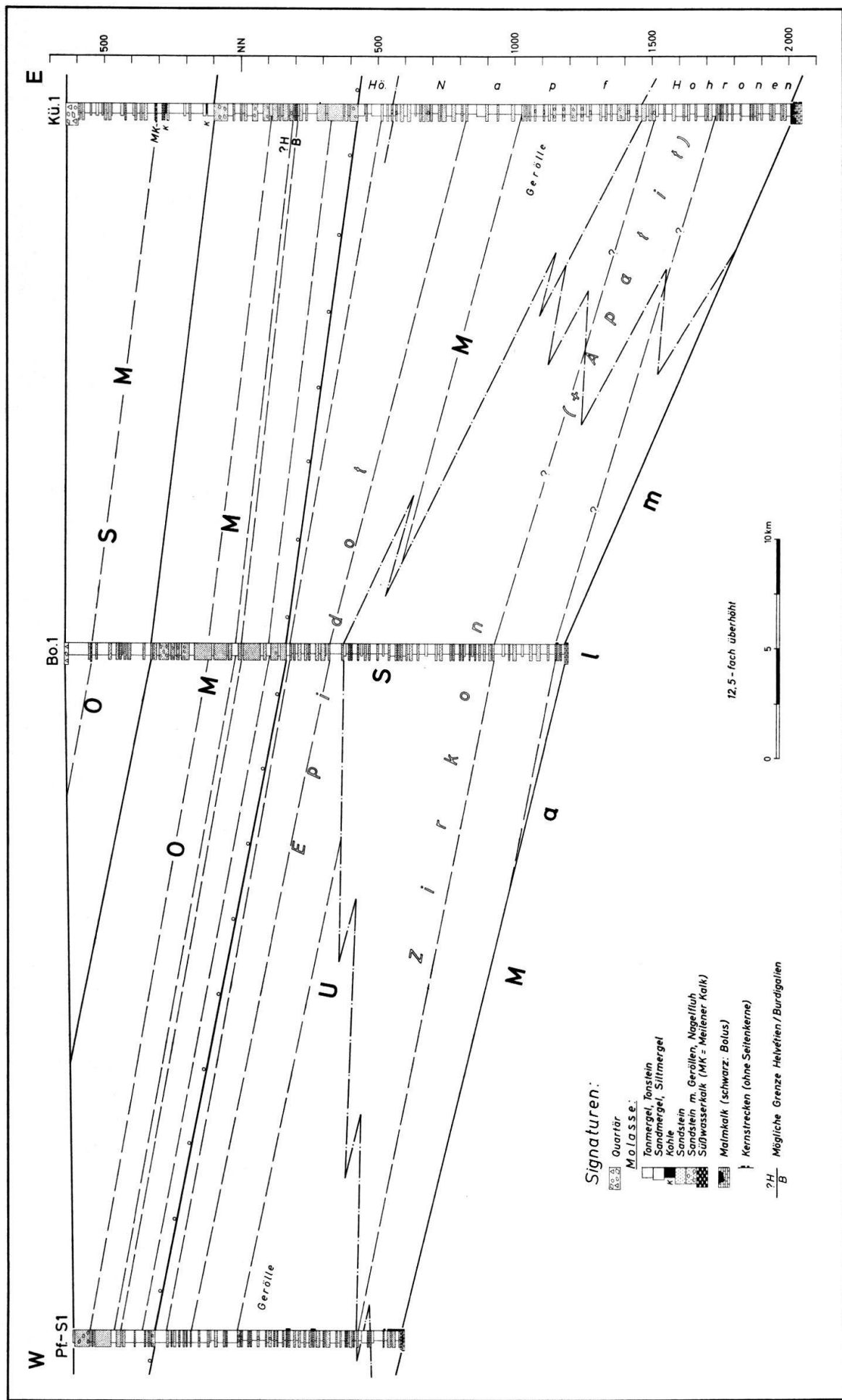


Fig. 2: Profilschnitt Pfaffnau-Süd 1 – Boswil 1 – Küsnacht 1 (12,5fach überhöht, ohne Berücksichtigung etwaiger Störungen). – Stärkere, ausgezogene Linien: Grenzen der Molassestufen (mit Geröllsignaturen = OMM-Transgression); gestrichelte Linien: Lithofaziale oder Schlumberger-Verknüpfungen; strichpunktirt: Sedimentpetrographische Grenzen; Hö. = Hörnlschüttung. – Schüttungseinheiten in der USM von Küsnacht 1 nach FÜCHTBAUER in BÜCHI et al. 1961, S. 14, sowie nach BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 97; das lithofaziale Profil von Küsnacht 1 ist gegenüber 1965 nach neuer Diagramminterpretation revidiert. – Entfernung Pf. S. 1–Bo. 1 = 31,2 km, Bo. 1–Kü. 1 = 24,5 km.

nenberg 1 erhebliche Auskesselungen des Bohrlochs die Interpretation der Diagramme erschweren.

3.1.1. Der Schnitt Pfaffnau-Süd 1 – Künsnacht 1 (Fig. 2)

Die im wesentlichen aus bunten Mergeln mit Sandsteinbänken bestehende Obere Süsswassermolasse (OSM) beisst infolge junger Heraushebung der heutigen Beckenachse nach SW aus (S. 26). In ihr lässt sich von Künsnacht 1 nach Boswil 1 nur eine, allerdings wichtige und ziemlich sichere Verknüpfung herstellen. Es ist die eines in beiden Bohrungen in fast gleicher stratigraphischer Position – 210/215 m über der Oberen Meeresmolasse – vorhandenen Kalksteinhorizonts (in Boswil 1 nach Spülproben fester, hellgrau-beiger, plattiger Kalkstein), der in Künsnacht 1 als «Meilener Kalk» (PAVONI 1956, S. 26) angesprochen wurde (BÜCHI et al. 1961, S. 9). Dieser wichtige, zur Hörnlischüttung gehörende Leithorizont reicht also sehr wahrscheinlich nach Westen noch mindestens 20 km über den Zürichsee hinaus. Er trennt nach der in der Ostschweiz üblichen Gliederung (BÜCHI 1959; BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 93 u. Taf. I) die Basiszone der OSM von der sog. «Mittleren Zone», die beide ins Tortonien zu stellen sind.

Die in Pfaffnau-Süd 1 von der Abtragung gekappte, aber primär wohl auf der ganzen Profillänge ähnlich mächtige Obere Meeresmolasse (OMM) besteht zum grössten Teil aus grauen bis grünlich-grauen, meist glaukonitischen Sanden, zum geringeren aus ebenso gefärbten Mergeln. Lithofaziell und im ES-Diagramm hebt sich ein oberer, etwa 200 m mächtiger Abschnitt mit Geröllen und Nagelfluhbänken gegenüber einem unteren, geröllfreien oder geröllarmen Teil hervor, der fast nur in Basisnähe wenige Gerölle führt. In ihm sind einige weitere, etwa basisparallele Schlumberger-Verknüpfungen möglich. Wo in dieser 450–500 m mächtigen Serie die Grenze Helvétien/Burdigalien liegt, ist unsicher. Nach Diagrammvergleichen mit Bohrungen am Bodensee und nördlich davon könnte man sie in Künsnacht 1 vielleicht ca. 290 m unter Oberkante annehmen²⁾ (BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 91 u. Taf. I), entsprechend dann auch in den beiden anderen Bohrungen. Diese Mächtigkeit von ca. 290 m in Künsnacht 1, verringert um einige Dekameter an marinem Äquivalent der oberschwäbischen Süssbrackwassermolasse, würde auch ungefähr mit den im Bodenseegebiet beobachteten Mächtigkeiten des marinen Helvétien übereinstimmen, und man könnte – freilich mit allem Vorbehalt – vielleicht sogar daran denken, die Unterkante der Serie mit Nagelfluhen mit dem Baltringer Horizont Oberschwabens zu vergleichen.

Wie die OSM besteht auch die Untere Süsswassermolasse (USM) aus einer Wechselfolge von heller oder dunkler bunten Mergelsteinen und verschiedenen grauen Sandsteinhorizonten, die z. T. ausgeprägt granitischen Charakter tragen. An ihrer Basis wurde in Pfaffnau-Süd 1 eine 2,6 m mächtige Aufarbeitungszone von Krustenkalk angetroffen, in der braune bis rosabeige, harte, etwas kavernöse, z. T. schwach konzentrisch kristallisierte und bisweilen von einer rötlichbraunen, glänzenden Kruste umhüllte Kalksteinknollen bis 10 cm Durchmesser in einen dunkelgrünlichgrauen bis mittelbraunen Mergelstein eingestreut sind. Dieser Horizont liegt auf einem ca. 3 m mächtigen, rostroten bis ockergelben Boluston mit Einlagerungen von weisslichgrauer Huppererde (BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 90).

Da sich eine direkte Verknüpfung der Bohrungen nach Schlumberger-Diagrammen in der Unteren Süsswassermolasse als undurchführbar erwies, wurde versucht, faziell ähnliche, also etwa sandärmere oder sandreichere Profilabschnitte miteinander zu verbinden. Dabei leistete besonders gute Dienste eine geröllführende Serie, die sich in

²⁾ Obere und mittlere Abteilung der OMM, d. h. Helvétien – plus – Oberes Burdigalien (ab Muschel-sandstein / Obere Seelaffe) im Sinne der Gliederung der OMM von St. Gallen.

Pfaffnau-Süd 1 und Künsnacht 1 jeweils an der Basis der oberen Hälfte des USM-Profiles fand und deren Bedeutung dadurch unterstrichen wird, dass auf sie praktisch die Geröllführung in der USM beschränkt bleibt. Sie wird in beiden Bohrungen von einer sandarmen Partie überlagert, fehlt jedoch in Boswil 1.

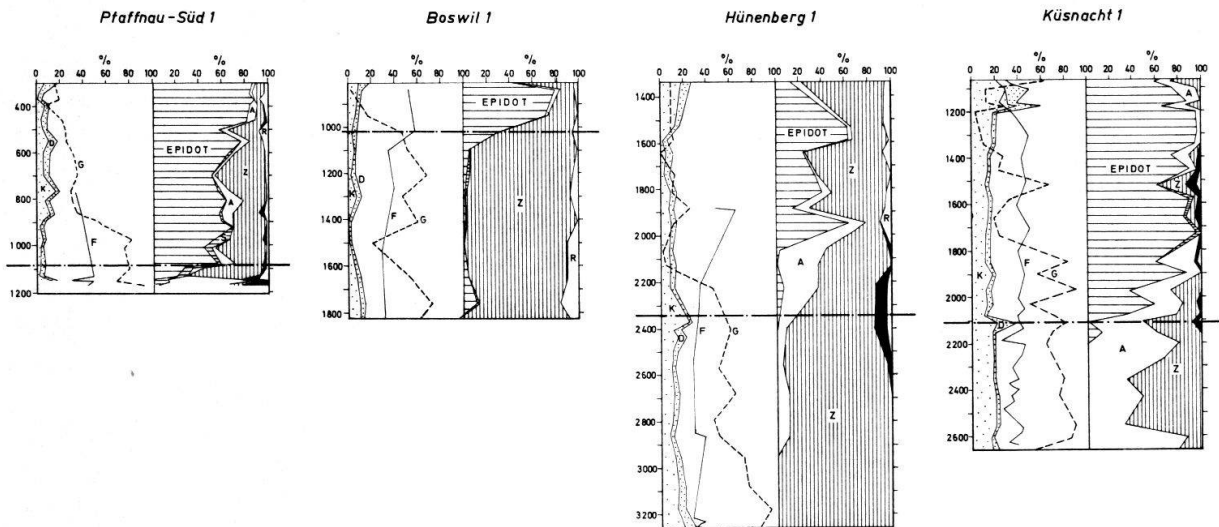


Fig. 3: Mineralprofile der Unteren Süsswassermolasse. – Künsnacht 1 nach BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 97; übrige nach HOFMANN 1968, tiefster Teil von Pfaffnau-Süd 1 nach Einzelangaben von FÜCHTBAUER ergänzt. K = Kalk, D = Dolomit, G = Granat, F = Feldspat (nach Einzelangaben von FÜCHTBAUER und ZIMDARS), S = Staurolith, A = Apatit, Z = Zirkon, schwarz = Turmalin, R = Rest. – Strichpunktierte Horizontale: Auf Fig. 2 und 4 verwendete Grenze Epidot-/Zirkonschüttung.

Dieses Fehlen wird durch die sedimentpetrographischen Befunde von HOFMANN (1968) am ehesten verständlich. Danach wurde wie in den weiter nordöstlich gelegenen Bohrungen (BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 94, Fig. 1) die für die USM der Ostschweiz kennzeichnende Unterteilung in einen oberen epidotreichen und einen unteren, fast oder ganz epidotfreien Komplex mit erhöhter Granatführung auch in Boswil 1 und Hünenberg 1 nachgewiesen, wobei hier in letzterem der Zirkonreichtum besonders auffällt (Fig. 3). Dieser untere Abschnitt ist in Pfaffnau-Süd 1 anscheinend gerade noch vorhanden. Die Grenze beider Schüttungseinheiten – zu betrachten mehr als Verzahnungsbereich – verläuft nun auf dem Profilschnitt der Fig. 2 schräg zu der wohl durch die Faziesverknüpfungen angedeuteten Schichtung und besitzt somit offenbar keinen stratigraphischen Charakter. An ihr stossen vielmehr allem Anschein nach Schüttungen etwa gleichen Alters, aber verschiedener Herkunft diskordant aneinander, und dies erklärt auch, warum in Boswil 1 der erwähnte Geröllhorizont fehlt.

Vergegenwärtigt man sich die etwa beckenachsenparallele Lage des Profilschnitts und nimmt man hinzu, dass die zirkonreiche Schüttung in Hünenberg 1 noch etwas mächtiger ist als in Boswil 1 (Fig. 3), so sieht es aus, als würde hier ein vom Alpenrand nach Norden ins Becken vorstossender, also «radial» gerichteter Schwemmkegel mit Zirkonvormacht (im Folgenden einfachheitshalber als «Zirkonschüttung» bezeichnet) von einem epidotreichen axialen Schüttungssystem umflossen und schliesslich überflutet. Dieses dürfte nach den Verhältnissen in Künsnacht 1 weitgehend mit der Napfschüttung identisch sein, die dort nach der bisherigen Auffassung direkt auf der epidotfreien Hohronenschüttung liegt (FÜCHTBAUER in BÜCHI et al. 1961, S. 14; BÜCHI, WIENER, HOFMANN 1965, S. 97, Fig. 2)³⁾. Die epidotfreie Zirkonschüttung von Boswil 1 und

³⁾ HOFMANN (1968, S. 38) nimmt heute an, dass in Künsnacht 1 auch ein Teil der epidotreichen Sedimente zur Hohronenschüttung gehört.

Hünenberg 1 aber kann nicht mit der Hohronenschüttung identisch sein, da deren Material sicher nicht nach Westen, sondern nach (Norden und) Nordosten transportiert wurde (HOFMANN 1960, S. 14; FÜCHTBAUER 1964, S. 229, und 1967, S. 288). Sie könnte also, wie es HOFMANN (1968, S. 38) andeutet, vielleicht ebenfalls zur Napfschüttung, und zwar zu deren tieferem Teil, gehören, doch spricht hiergegen die vorerwähnte Diskordanz gegenüber den hangenden epidotreichen Sedimenten; ausserdem wäre wohl auch zu fragen, ob man die Zirkonschüttung angesichts des makroskopisch (ZIMDARS) fast völligen Fehlens der kennzeichnenden roten Feldspäte und des auch mikroskopisch (FÜCHTBAUER, ZIMDARS) anscheinend durchweg unter 40% liegenden Feldspatgehalts (bezogen auf die Summe Quarz + Feldspat) noch als «granitisch» bezeichnen sollte. Man kann daher als weitere, auch von HOFMANN (1968, S. 36) jedenfalls für die tiefste Molasse von Hünenberg 1 nicht grundsätzlich verneinte Möglichkeit zur Diskussion stellen, dass Beziehungen zur Rigischüttung bestehen, zumal FÜCHTBAUER (1964, S. 192) seinerzeit aus dieser einen nach oben stark zunehmenden Zirkongehalt registrierte. Zwar wird man, vor allem wegen der Karbonatarmut der in den Bohrungen angetroffenen Gesteine, nicht an Zusammenhänge mit den anstehenden kalkreichen Rigisedimenten denken dürfen, doch könnte man sich, was auch bei HOFMANN (1968, S. 36) anklingt, jüngere, karbonatärmere Teile der Rigischüttung vorstellen, die über Tage nicht mehr erhalten sind und von denen nur noch die im Vorland erbohrten «Zirkonsedimente» Kunde geben. Diese aber sind entsprechend Fig. 2 etwa gleichaltrig mit der Hohronenschüttung, für die sich also Altersgleichheit auch mit jener jüngeren Rigischüttung ergäbe. Wie es angesichts der grossen Materialverschiedenheiten (SPECK 1953, S. 63) und der grundlegenden Unterschiede im Sedimentationstyp auch plausibel erscheint, hätten demnach Rigi und Hohronen als räumlich getrennte Schüttungen nebeneinander bestanden, und es hätte sich nicht, wie HOFMANN 1960 (S. 12), andeutungsweise auch 1968 (S. 36), annimmt, die eine (Hohronen) aus der anderen entwickelt.

Für die stratigraphische Einordnung der USM von Pfaffnau-Süd 1 und Boswil 1 gibt es gewisse Anhaltspunkte durch einen Vergleich mit Küsnacht 1. Dort hat es FÜCHTBAUER (in BÜCHI et al. 1961, S. 15) seinerzeit aus sedimentologischen Erwägungen für möglich gehalten, dass vielleicht die untersten ca. 300 m der USM ins obere Chattien zu stellen sind, während die Schichten darüber wohl sicher aquitanes Alter haben. Ist dies richtig und stimmen in diesem Profilschnitt die faziellen Verknüpfungen, so würden in Boswil 1 nur die untersten ca. 50 m ins Chattien gehören, das dann in Richtung Pfaffnau-Süd 1 gegen die Tertiärbasis auskeilt. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass die Verknüpfungslinien infolge ihres Übertretens von der Hohronen- in die Zirkonschüttung trotz aller Ähnlichkeit der von ihnen in beiden Bohrungen begrenzten sandarmen Partie (die vielleicht regional schwächere Sedimentzufuhr anzeigt) unsicherer als sonst erscheinen.

3.1.2. Der Schnitt Boswil 1 – Hünenberg 1 (Fig. 4)

Mit dem NW–SE gerichteten Profilschnitt Boswil 1 Hünenberg 1, die 16,6 km voneinander entfernt sind, gelangt man nun quer zum regionalen Streichen in grössere Bekenteufen. Zusätzlich zu den Faziesprofilen sind auf dem kleinen, nur 2fach überhöhten Schnitt auf Fig. 4 links unten die wirklichen Neigungsverhältnisse einigermaßen richtig dargestellt. Man erkennt auf ihm vor allem in Hünenberg 1 das auf der Hauptzeichnung nicht wiedergegebene mutmassliche NW-Fallen der Oberen Meeresmolasse bei SE-Fallen der Tertiärbasis (Fig. 6, S. 29) – die Bohrung steht also für diesen Horizont wahrscheinlich bereits am Beginn des sich nach S zum Subalpin öffnenden sogenannten «Keilbereichs».

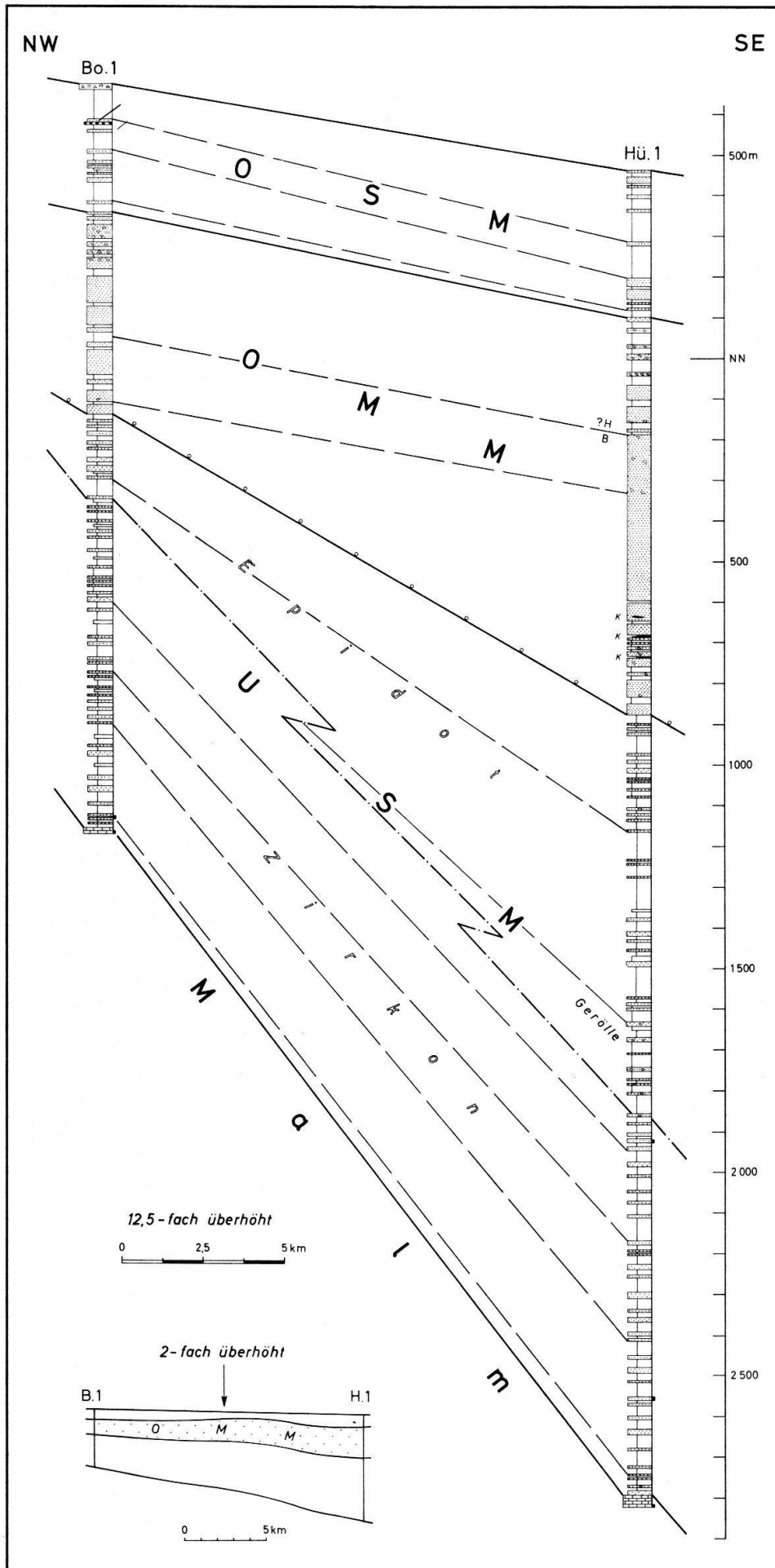


Fig. 4: Profilschnitt Boswil 1 – Hünenberg 1 (ohne Berücksichtigung etwaiger Störungen). – Alle Signaturen wie auf Fig. 2; Entfernung Bo. 1 – Hü. 1 = 16,6 km.

Von der Oberen Süsswassermolasse ist in Hünenberg 1 mit 372 m Mächtigkeit nur wenig mehr erhalten als in Boswil 1 (345 m). Um zu einem rohen Vergleich der Mächtigkeiten zu gelangen, muss man aber den 372 m von Hünenberg 1 noch mindestens den Niveauunterschied der Ansatzpunkte (187 m) hinzuaddieren, wodurch man dort auf ca. 560 m käme. Die starke Mächtigkeitszunahme der Gesamtmolasse nach S (s. Kurzprofil Hünenberg 1, S. 17) kommt also anscheinend auch in der OSM noch zum Ausdruck; in den wenigen Faziesverknüpfungen macht sie sich allerdings nicht bemerkbar. Von diesen deutet im übrigen in Hünenberg 1 die oberste das Niveau des Meilener Kalks an, der dort als solcher nicht nachweisbar war.

Besonders interessant ist die Entwicklung der Oberen Meeresmolasse, die von Boswil 1 nach Hünenberg 1 ihre Mächtigkeit mehr als verdoppelt, wobei diese Zunahme allein auf den unteren, sicher burdigalen Teil entfällt. Die Helvétien/Burdigaliengrenze würde man analog Boswil 1 – Küsnacht 1 (wiederum mit allem Vorbehalt) in Hünenberg 1 bei etwa 650 m Teufe an der Oberkante einer geschlossenen, ca. 410 m mächtigen, glaukonitischen Sandsteinserie annehmen können, die wohl am besten mit den ähnlich mächtigen, geschlossenen Burdigalsandsteinen in der Renggschlucht bei Luzern zu vergleichen ist (ROESLI 1967, S. 585–587). Wie dort folgen auch hier darunter Sandsteine mit Mergellagen, die zusammen etwa 280 m mächtig sind und in ihrer oberen Hälfte Kohleflöze enthalten. Das mutmassliche Helvétien ist wie in Küsnacht 1 und Boswil 1 in einen oberen, ca. 170 m mächtigen Abschnitt mit Geröllen und Nagelfluhbänken und einen unteren, nahezu geröllfreien Abschnitt von ca. 120 m Mächtigkeit zu unterteilen. Dieser letztere würde in der Renggschlucht wohl einer fast gleich mächtigen, aus einer Wechselfolge von geröllfreien Sandsteinen und Mergeln bestehenden Serie entsprechen, die dort als höheres Burdigal bezeichnet wird. Sollte sich die hier provisorisch verwendete Grenzziehung als richtig herausstellen, könnte man die Helvétien/Burdigaliengrenze in der Renggschlucht, da nach ROESLI (1967, S. 585) konventionell, wohl ohne weiteres entsprechend nach unten (bachaufwärts) verschieben.

In der Unteren Süsswassermolasse wurden die Verknüpfungen der beiden Faziesprofile in der gleichen Weise wie auf Fig. 2 vorgenommen. Der in Pfaffnau-Süd 1 und Küsnacht 1 in der Epidotschüttung festgestellte geröllführende Leithorizont an der Basis der oberen Hälfte des USM-Profiles ist auch in Hünenberg 1 – vielleicht als Zeugnis einer weit nach S ausholenden Flussschlinge des Napfsystems – vorhanden, ebenso die darüber liegende sandarme Partie, die in Boswil 1 nur mit den obersten 10 m über die liegende Zirkonschüttung übergreift. Der relativ hohe Apatitanteil in der geröllführenden Serie von Hünenberg 1 (Fig. 3) könnte möglicherweise auf Verzahnung mit der – gleichfalls apatitreicheren – Hohronenschüttung hindeuten.

Die starke Zunahme der Gesamtmächtigkeit um fast 90% verteilt sich ziemlich gleichmässig auf die einzelnen Faziesabschnitte, nach denen auch im Zirkonbereich Verknüpfungen möglich sind. Diese machen es wahrscheinlich, dass in Hünenberg 1 die USM mit dem gleichen, mit gewissem Vorbehalt (S. 24) wohl ins obere Chattien zu stellenden Horizont dem Malm aufliegt wie in Boswil 1. Das Aquitanien hätte hier dann die für die ungefaltete Molasse immerhin bemerkenswerte Mächtigkeit von ca. 1860 m. Eine stärkere Diskordanz an der OMM-Transgression lässt sich übrigens auch in diesem tiefen Beckenteil ebenso wenig nachweisen wie auf Fig. 2. Zu erwähnen ist schliesslich noch in der tieferen USM von Hünenberg 1 ein partienweise häufigeres Vorkommen von z. T. idiomorphem Klufcalcit, der vielleicht auf die Nähe von Störungen deuten könnte, ferner in der gleichen Bohrung etwas fraglicher Süsswasserkalk direkt über dem Malm.

3.2. Der Malm

Der in Boswil 1 und Pfaffnau-Süd 1 unter der Molasse (bzw. dem Boluston) angeritzte Malm besteht in beiden Bohrungen aus hellgrauem bis beige-grauem, hartem Kalkstein, der z. T. dunkler grau geschliert und gefasert ist. Gelegentlich ist grobe Bankung durch annähernd horizontale Stylolithen oder graue bis grünlichgraue Tonfasern angedeutet. Mehr oder minder steile Klüfte sind häufig und meist von Calcit oder Tonstein verheilt, in Pfaffnau-Süd 1 z. T. auch von grünlichem Boluston erfüllt; ausserdem enthalten sie vielfach fein verteilten Pyrit, bisweilen auch Pyritkristallaggregate oder Pyritsäume.

Im Schriff erwies sich das Gestein als Mikrit bis Bio-Pelmikrit mit z. T. ziemlich hohem Bioklast-Anteil. Grabspuren und bioturbates Gefüge sind nicht selten; das bioklastische Material ist teils wolkig verteilt, teils feinschichtig angeordnet. Herr Dr. BARTHEL fand an Fossilresten:

Schalengrus von Muscheln, unbestimmbar
1 fragliches Aptychen-Bruchstück (Typ *Lamellaptychus*)
Echinodermenbruchstücke, darunter einige Holothurien-Rädchen und *Saccocoma*-Fragmente
Schwammnadeln
?Ammobaculites sp.
Glomospira sp.
Lenticulina sp.
Textulariidae
?Radiolarien
Ostracodenschälchen
Stomiosphaera minutissima (COLOM)
Globochaete-Sporen
Favreina aff. *prusensis* (PARÉJAS)

Diese spärliche Fossilausbeute erlaubt keine sichere stratigraphische Einstufung, doch halten beide paläontologischen Sachbearbeiter Séquanien bis Unter-Kimeridgien für möglich.

In Hünenberg 1 wurde unter dem Tertiär in einem 2,75 m langen Kern ein harter, glatt brechender, z. T. schwach bituminöser Kalkstein angetroffen, dessen Färbung von mittelgrau (oben) in schokoladebraun (unten) übergeht. Stellenweise ist eine horizontale Bankung zu erkennen; ferner sind zahlreiche, feingezackte Stylolithen vorhanden sowie wenige, meist von Calcit verheilte, unregelmässige Klüfte. An der Basis des Kerns wurde als Kluftausfüllung chloritgrünlicher Ton mit klaren Quarzkörnern beobachtet (wohl Bolus).

Nach den Schriffuntersuchungen ist der Kalkstein als Biomikrit bis Bio-Pelmikrit anzusprechen; wahrscheinlich liegt ein ehemaliger Coccolithenschlamm vor. Die dunklen Varietäten des Gesteins gleichen nach Herrn Dr. BARTHEL in Ausbildung und Färbung dem Quintner Kalk und können daher der helvetischen Malmfazies zugeordnet werden, wofür auch ihr Bitumengehalt spricht. Die NW-Grenze dieser Fazies dürfte also von Oberschwaben aus (SCHNEIDER 1962, S. 169) zwischen Künsnacht 1 und Hünenberg 1 hindurch nach SW verlaufen (starke gestrichelte Linie auf Fig. 5, S. 28).

An Makro- und Mikrofauna wurde gefunden:

Entolium vitreum (ROEMER)
Unbestimmbare winzige Muschelreste
Saccocoma sp.
Seeigelstacheln, Reste der Seeigel-Corona (mit Stachelwarzen)
Holothurien-Rädchen
Ammobaculites coprolithiformis sequanus MOHLER
Textularia sp.
Glomospira sp.

Lenticulina sp.
 ?*Nodosaria* sp.
Reophax sp.
Ophtalmidiidae
Rotaliacea (?*Epistomina*)
 Ostracodenschälchen
Stomiosphaera minutissima (COLOM)
Globochaete-Sporen

Eine völlig sichere stratigraphische Einstufung ist hiernach ebenfalls nicht möglich, doch halten beide Bearbeiter des Fossilmaterials auch hier Séquanien bis Unter-Kimmeridgien für wahrscheinlich. Hinweise für tithones Alter fehlen jedenfalls.

4. Bemerkungen zur Tektonik

Die soeben besprochene Altersstellung des Malm passt recht gut in das Bild, das vor einigen Jahren bereits von der Unterlage des Tertiärs entworfen wurde (BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965, Fig. 17, S. 35) und dessen Hauptzüge auf Fig. 5 nochmals wiedergegeben sind. Die hier betrachteten Bohrungen liegen auf dem zentralen Kimmeridgien-Hochgebiet zwischen Schwarzwald und Aarmassiv und ermöglichen es jetzt, dessen Wirksamkeit während der Molassezeit genauer abzuschätzen. Ist nämlich die vorhin diskutierte Datierung der USM richtig, so wäre zu folgern, dass das genannte prätertiäre Hochgebiet erst im obersten Chattien in die Molassesedimentation einbezogen wurde, wie es ähnlich FÜCHTBAUER schon 1964 (S. 229/230, vgl. auch HOFMANN 1968, S. 36) für eine von ihm aus schüttungsgeographischen Gründen in der gleichen

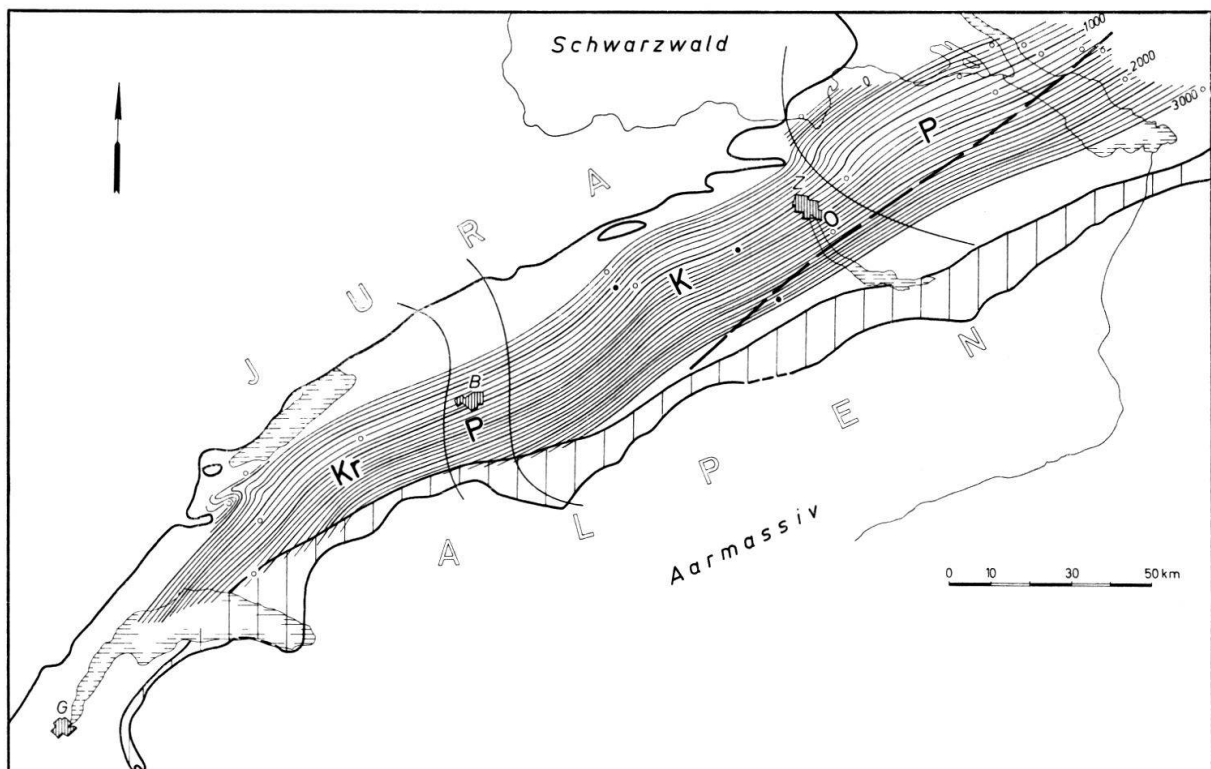


Fig. 5: Streichlinien der Tertiärbasis (m über/unter NN). – Unter dem Tertiär anstehendes Mesozoikum (nach BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965, Fig. 17, S. 35): Kr = Kreide, P = Portlandien, K = Kimméridgien, O = Ober-Oxfordien; starke gestrichelte Linie: Mutmassliche NW-Grenze der Quintner-Kalk-Fazies; ausgefüllte Kreise: Bohrungen Pfaffnau-Süd 1, Boswil 1, Hünenberg 1; offene Kreise: Weitere für die Konstruktion der Streichlinien verwendete, publizierte Bohrungen.

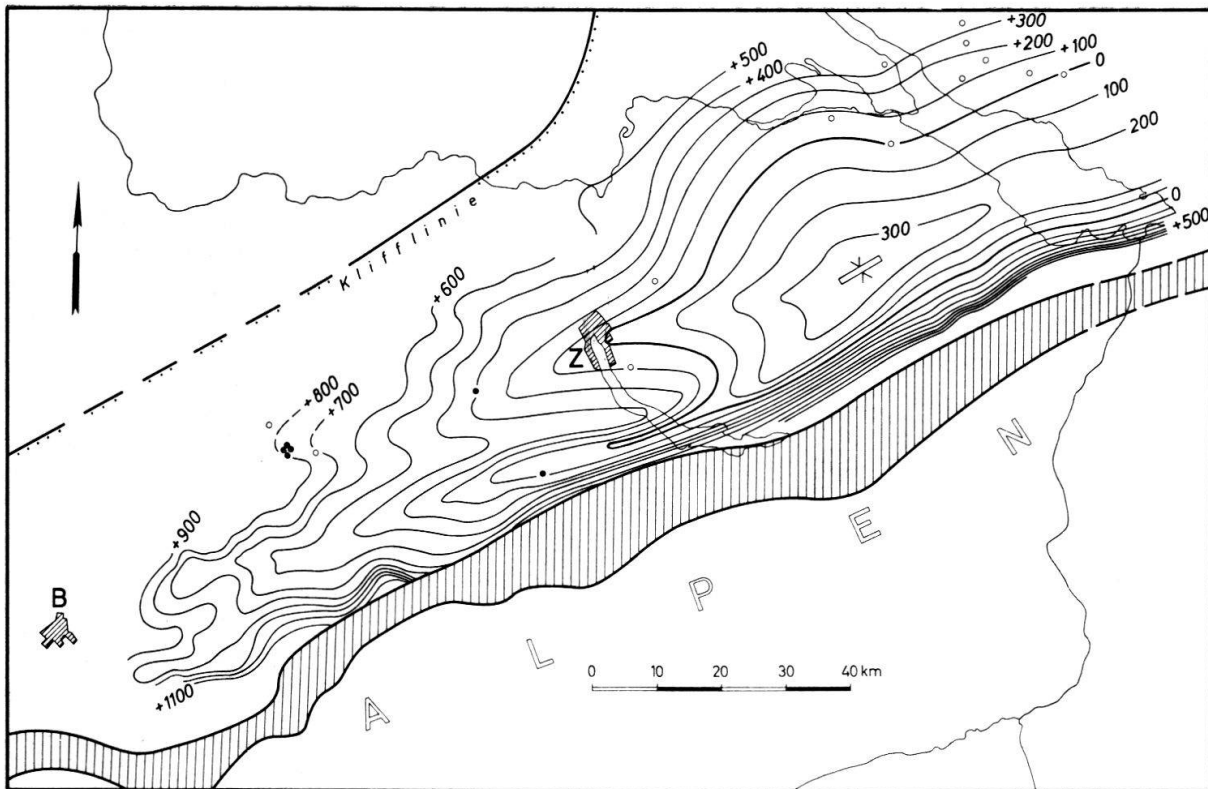


Fig. 6: Streichlinien der Oberkante der Oberen Meeresmolasse (m über/unter NN) nach Bohrungen und Oberflächengeologie. – Ausgefüllte Kreise: Bohrungen Pfaffnau-Süd 1, 2, 4 und 5, Boswil 1, Hünenberg 1; offene Kreise: Weitere für die Konstruktion der Streichlinien verwendete publizierte Bohrungen.

Gegend vermutete «Wasserscheide» angenommen hatte. Den ursprünglichen Ablagerungsraum des Chattien müsste man in der Zentralschweiz demnach heute wie den des Rupélien grösstenteils unter der subalpinen Molasse und noch weiter südlich vermuten – ein ungewohntes Bild, da ja sonst in der Westmolasse das Chattien überall den Nordwestrand des heutigen Beckens erreicht wie etwa in Ehingen (z. B. STRAUB 1952) oder bei Yverdon (z. B. JORDI 1955). Was also anderswo schon im ausgehenden Rupélien beginnt, die rasche Ausweitung des Beckens aus einem alpennahen Trog heraus, hätte hier erst eine Formation später eingesetzt, dann allerdings so gründlich, dass schon am Ende der USM deren Gesamtmächtigkeiten wieder ausgeglichen waren.

Die Streichlinien der Tertiärbasis, die auf Fig. 5 – ohne Berücksichtigung der lokalen Tektonik – in Abständen von 100 zu 100 m eingetragen sind, beweisen zwischen Bern und Zürich ein durchschnittliches, ziemlich gleichmässiges Einfallen der Unterlage des Tertiärs nach SE von ca. $5,5^\circ$, also etwas steiler als das ca. $4,2^\circ$ betragende Einfallen der gleichen Fläche nördlich des Bodensees. In schroffem Gegensatz hierzu stehen die ebenfalls von 100 zu 100 m gezeichneten Streichlinien der Oberkante der Oberen Meeresmolasse (Fig. 6), des höchsten noch sicher erfassbaren Molassehorizontes. Sie bieten, basierend auch auf der Oberflächengeologie, das Bild einer nach SW bei Bern aushebenden streichenden Grossmulde (Belpberg-Synklinale, RUTSCH 1958, S. 25; BECK & RUTSCH 1958, S. 24; vgl. auch SCHUPPLI 1952, Taf. I), der heutigen Beckenachse, deren tiefste Depression dicht südwestlich des Bodensees liegen dürfte und die sich dann im süddeutschen Alpenvorland bis zur Salzach verfolgen lässt, wo sie nach E aushebt. Das Übereinander des als mehr oder weniger starre Tafel gegen die Alpen geneigten Beckenuntergrundes und dieser Grossmulde illustriert eine Tektonik,

die im Oligozän mit kontinuierlicher Absenkung (und damit verbundener Zerrung) beginnt und in posttortoner Zeit mit Einengung endet (vgl. LOHR 1967, S. 36), die sich ihrerseits besonders im Molassestockwerk bemerkbar macht.

5. Sandgehalt und Sandsteinporositäten in der USM

Die erdölgeologisch nur in der Unteren Süsswassermolasse interessierenden Sandsteinanteile und -porositäten wurden aus den elektrischen Bohrlochsmessungen bestimmt. Gewisse Unsicherheiten liessen sich dabei nicht vermeiden, was vor allem für die Porositätsbestimmungen in der tieferen USM von Boswil 1 und Hünenberg 1 gilt, wo streckenweise starke Bohrlochsaukesselungen keine exakte Auswertung der Soniclogs mehr zulassen. Im ganzen dürfte aber das so gewonnene Bild einigermaßen zuverlässig sein. Innerhalb der wahrscheinlich alpenparallelen Epidot-Schüttung liegen die Sandanteile in den 3 Aufschlussbohrungen gleichmässig zwischen 18 und 19%; die durchschnittlichen Sandporositäten gehen von 24,5% in Pfaffnau-Süd 1 über 17,5% in Boswil 1 auf 5–10% in Hünenberg 1 zurück. Diese drastische Porositätsabnahme ist fast genau proportional dem Abstand von der subalpinen Molasse, der also wohl im wesentlichen für sie verantwortlich ist, zumal sich die Teufenlagen nicht so gravierend unterscheiden⁴). In der – möglicherweise radialen – Zirkonschüttung sind die Sandanteile erheblich höher und unterschiedlicher, nämlich 46,5% in Pfaffnau-Süd 1, 25,7% in Boswil 1 und 20% in Hünenberg 1. Die Durchschnittsporositäten hingegen sind hier geringer als in der Epidotschüttung; sie betragen ca. 14,5% in Pfaffnau-Süd 1, ca. 13% in Boswil 1 und unter 5% in Hünenberg 1, worin sich zusätzlich zur grösseren Teufe wohl auch die andersartige Materialherkunft und -zusammensetzung bemerkbar macht.

6. Öl- und Gasspuren

In Hünenberg 1 wurde auf Grund ganz schwacher Kohlenwasserstoffanzeichen eine Partie an der Grenze Epidot-/Zirkonschüttung durch einen Open-hole-Test untersucht, der nur Wasserzufluss erbrachte. Weitere Anreize für Tests ergaben sich nicht. In Boswil 1 traten in einem Kern dicht über der Tertiärbasis sehr schwache Kohlenwasserstoffanzeichen auf. Nach Verrohrung des Bohrlochs wurden der Malm und die USM durch mehrere Casingteste untersucht, wobei sich aber alle getesteten Strecken als dicht oder verwässert erwiesen. Die mit Abstand besten Kohlenwasserstoffanzeichen lieferte die Bohrung Pfaffnau-Süd 1 (Fig. 7). Hier waren in den untersten 70 m alle porösen Sandsteine streifig-fleckig, punktförmig oder auch durchgehend ölimprägniert, doch floss aus ihnen bei mehreren Tests meist nur Wasser, z. T. mit geringen Öl- oder Gasspuren zu. Lediglich ein dünner Sandhorizont brachte ausserdem einen unwirtschaftlichen Gaszufluss. Die eigentliche Gaslagerstätte von Pfaffnau-Süd wurde hoch darüber, zwischen 600 und 700 m Teufe, gefunden, und zwar in der oben erwähnten geröllführenden Sandserie. Es wurde dann versucht, sie mit den Erweiterungsbohrungen Pfaffnau-Süd 2, 4 und 5 weiterzuverfolgen, doch war diesen Sonden kein Erfolg beschieden. Nur in Pfaffnau-Süd 5 wurde in einem nach den hier ziemlich sicheren Schlumberger-Verknüpfungen stratigraphisch etwas tieferen Sandhorizont freies Gas mit Wasser nachgewiesen (BÜCHI 1966, S. 2), das aber nichts mit der Lagerstätte von Pfaffnau-Süd 1 zu tun hat.

⁴) Für generell stärkere diagenetische Verfestigung in Alpenrandnähe (LOHR 1967, S. 36) spricht auch der im Vergleich mit Boswil 1 viel langsamere Bohrfortschritt in allen Molassestufen von Hünenberg 1, obwohl beide Bohrungen mit dem gleichen Gerät abgeteuft wurden.

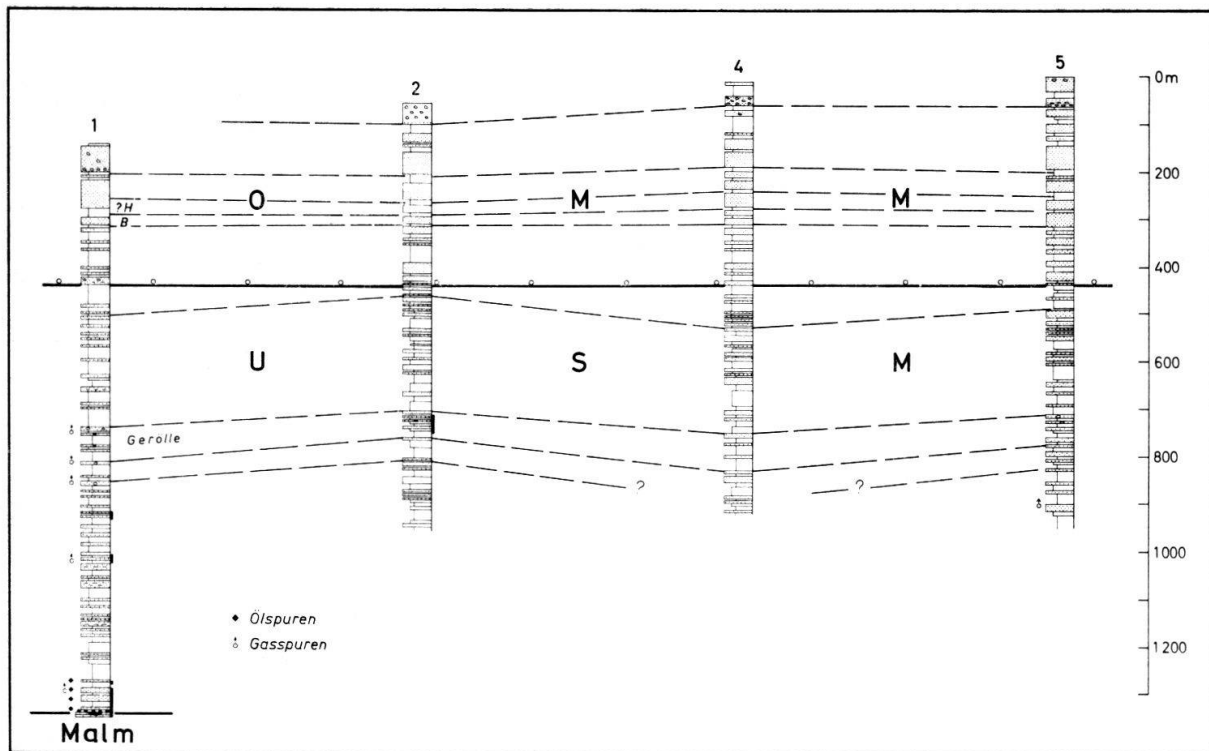


Fig. 7: Die Bohrungen Pfaffnau-Süd 1, 2, 4 und 5. – Ohne Längenmassstab, Verknüpfungen nach der Lithofazies oder nach Schlumberger-Diagrammen; Signaturen wie auf Fig. 2.

7. Formationswässer

Die Testergebnisse vor allem der Bohrungen Pfaffnau-Süd 1 und 2 sowie Boswil 1 liefern Material zu einem von LEMCKE & TUNN (1956) angeschnittenen Thema, wonach im süddeutschen Molassebecken ein im Malmkarstwasser herrschender Unterdruck ein Heruntersinken der Molassewässer zum Malm hin bewirkt, was in dem Vorhandensein von salzigem, aus der OMM stammenden Formationswasser in der Unteren Süsswassermolasse zum Ausdruck kommt. Dass dies offenbar auch für die Schweiz gilt, zeigen die Druckdaten und Analysen, die auf Fig. 8 in eine übersichtliche Form gebracht wurden. Auf dieser Zeichnung ist als schraffierte Linie die theoretische Steighöhe aller aus der USM der genannten drei Bohrungen zugeflossenen Wässer eingetragen (Teste im Malm ergaben keinen Zufluss). Sie liegt etwa zwischen 450 und 500 m über NN und damit erheblich niedriger als die Ansatzpunkte der Bohrungen, so dass in den untersuchten Sanden tatsächlich ein Unterdruck gegenüber dem theoretischen hydrostatischen Druck vorhanden ist. Dabei wird in der Regel das Druckdefizit um so grösser, je tiefer der untersuchte Horizont liegt, in Pfaffnau-Süd 2 z. B., wo es am deutlichsten ist, um fast 6 at auf 320 m in der Vertikalen. Dies entspricht den Erwartungen, weil das Defizit dicht unter der Erdoberfläche etwa gleich Null sein dürfte, während es im Malm, dessen Formationswasser wohl mit dem nächsten freien Karstwasserspiegel im Aaretal kommuniziert, vermutlich sein Maximum erreicht, so dass in der Molasse beobachtete Zwischenwerte, die nach unten zunehmen, nicht überraschend sind.

Die durch Vollanalysen gesicherten Salzgehalte der erhaltenen Testwässer, ausgedrückt in g/l NaCl, sind auf Fig. 8 als Kreuze und Kreise gegen die Bohrteufe aufgetragen und dann jeweils miteinander zu einer Kurve verbunden. Man sieht besonders schön in Pfaffnau-Süd 1 und 2, wie die Salzgehalte dicht unter der OMM noch bei 0 liegen und erst in grösserer Teufe Werte erreichen, wie man sie in dem fluvio-terrestrischen

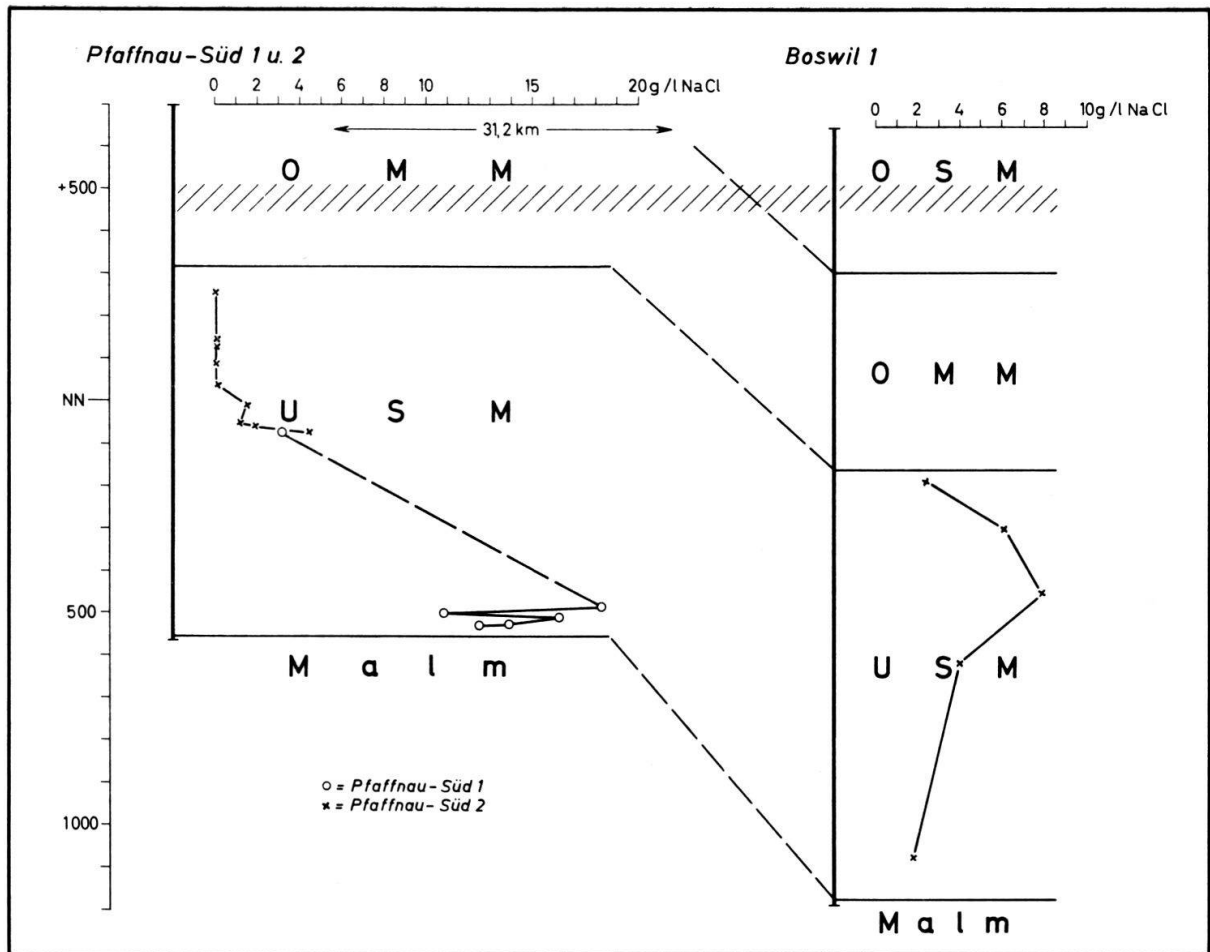


Fig. 8: Formationswässer in der Unteren Süsswassermolasse. – Erläuterungen s. Text.

schen Ablagerungsmilieu der USM primär keinesfalls erwarten kann. Ihre Herkunft aus der OMM durch den genannten Absinkvorgang wird also auch hier sehr wahrscheinlich gemacht. Boswil 1 zeigt ein grundsätzlich entsprechendes Bild. Auffallenderweise liegen in beiden Bohrungen die Salzmaxima etwa an der gleichen Stelle gegenüber NN. Dies kann zufällig sein, es kann auch vorgetäuscht sein, weil die Vertikalentfernungen der einzelnen Analysen voneinander z. T. ziemlich gross sind, es könnte aber auch eine tiefere Bedeutung haben, die wir noch nicht kennen.

Benutzte Literatur

- BECK, P., & RUTSCH, R. F. (1958): Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 21 (Münsingen – Heimberg). – Schweiz. Geol. Kommission, 58 S., 2 Taf., 1 Pan., Bern.
- BÜCHI, U. P. (1950): Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal. – Diss. Zürich, 99 S., 3 Taf., Kreuzlingen.
- (1958a): Zur Geologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Töss- und Glattal. – Ecl. Geol. Helv., 51, S. 73–105, 2 Taf., Basel.
 - (1958b): Zur Geologie der Molasse zwischen Reuss und Seetal (Baldegger-/Hallwilersee/Aabach). – Ecl. Geol. Helv., 51, S. 279–298, 1 Taf., Basel.
 - (1958c): Geologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Reuss und Glatt. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 25/68, S. 5–24, Basel.
 - (1959): Zur Stratigraphie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Ostschweiz. – Ecl. Geol. Helv., 52, S. 449–460, 1 Tab., Basel.
 - (1966): Die schweizerische Erdölfrage im Jahre 1965. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 32/83, S. 1–7, Basel.

- BÜCHI, U. P., & WELTI, G. (1951): Zur Geologie der südlichen mittelländischen Molasse der Ostschweiz zwischen Goldingertobel und Toggenburg. – Ecl. Geol. Helv., 44, S. 183–206, 1 Taf., Basel.
- BÜCHI, U. P., et al. (1961): Geologische Ergebnisse der Bohrung Küsnacht 1. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 28/74, S. 7–16, Basel.
- BÜCHI, U. P., WIENER, G., & HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. – Ecl. Geol. Helv., 58, S. 87–108, 1 Taf., Basel.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G., ZIMDARS, J. (1965): Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 32/82, S. 7–38, Basel.
- FRÖHLICHER, H. (1933): Geologische Beschreibung der Gegend von Escholzmatt im Entlebuch. – Beitr. geol. Karte d. Schweiz, N. F. 67, 63 S., 2 Taf., Bern.
- FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – Ecl. Geol. Helv., 57, S. 157–298, Basel.
- (1967): Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. – Geol. Rdsch., 56, S. 266–300, Stuttgart.
- GASSER, U. (1966): Sedimentologische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entleuchs (Kt. Luzern). – Ecl. Geol. Helv., 59, S. 723–772, 1 Taf., Basel.
- HANTKE, R. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50 000 (2 Bl.). – Vjschr. Natf. Ges. Zürich, 112/2, S. 91–122, Zürich.
- HAUS, H. A. (1960): Mönchsrot als Ölfeld im Westabschnitt der süddeutschen Vorlandmolasse. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 26/71, S. 49–74, Basel.
- HOFMANN, F. (1960): Materialherkunft, Transport und Sedimentation im schweizerischen Molassebecken. – Jb. St.-Gall. Naturwiss. Ges., 76, S. 1–28, St. Gallen.
- (1968): Zur Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Pfaffnau-Süd 1, 2, 4 und 5, Boswil 1 und Hünenberg 1. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 35/87, S. 00–00, Basel.
- JORDI, H. A. (1955): Geologie der Umgebung von Yverdon. – Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 99, 84 S., 5 Taf., Bern.
- LEMCKE, K., & TUNN, W. (1956): Tiefenwasser in der süddeutschen Molasse und in ihrer verkarsteten Malmunterlage. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 23/64, S. 35–56, Basel.
- LEMCKE, K., & WAGNER, R. (1961): Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseegebiet. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 27/73, S. 9–14, Basel.
- LIECHTI, W. (1928): Geologische Untersuchungen der Molassenagelfluhregion zwischen Emme und Ilfis (Kt. Bern). – Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 61, 95 S., 6 Taf., Bern.
- LOHR, J. (1967): Die seismischen Geschwindigkeiten in der Ostschweiz. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 34/85, S. 29–38, Basel.
- MATTER, A. (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet. – Ecl. Geol. Helv., 57, S. 315–428, 1 Taf., Basel.
- PAVONI, N. (1956): Zürcher Molasse und Obere Süsswassermolasse der Ostschweiz, ein stratigraphischer Vergleich. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 22/63, S. 25–32, Basel.
- (1957): Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albiskamm und Pfannenstiel. – Vjschr. Natf. Ges. Zürich, 102/5, 198 S., 5 Taf., Zürich.
- ROESLI, F. (1967): Exkursion Nr. 33, Luzern – Brünig – Meiringen. – In: Geologischer Führer der Schweiz, S. 583–589, Basel.
- RUTSCH, R. F. (1933): Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern. – Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 66, 20 S., 3 Taf., Bern.
- (1958): Eine Strukturkarte der Molasse zwischen Kiesen und Taferna. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 25/68, S. 25–28, Basel.
- SCHNEIDER, J. (1962): Der Jura in Erdölbohrungen des westlichen Molassetroges. – Hermann-Aldinger-Festschrift, S. 163–172, Stuttgart.
- SCHUPPLI, H. M. (1952): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, IV. Teil. – Beitr. z. Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie, Lief. 26, Teil 4, 79 S., 4 Taf., Bern.
- SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee. – Diss. Zürich, 175 S., 12 Taf., Zug.
- STRAUB, E. W. (1952): Mikropaläontologische Untersuchungen im Tertiär zwischen Ehingen und Ulm a. d. Donau. – Geol. Jb., 66, S. 433–524, 4 Taf., Hannover.
- VERNET, J.-P. (1965): Activité pétrolière en Suisse 1964. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 31/81, S. III–VIII.

Geologische Karten:

- BECK, P., & RUTSCH, R. F. (1949): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 21 (Münsingen – Heimberg). – Geol. Komm. Schweiz. Natf. Ges., Bern.

- BUXTORF, A., & CHRIST, P. (1942): Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Bl. 2 (Basel–Bern). – Geol. Komm. Schweiz. Natf. Ges., Bern.
- BUXTORF, A., CHRIST, P., & NABHOLZ, W. (1950): Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Bl. 3 (Zürich–Glarus). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- CHRIST, P., & NABHOLZ, W. (1959): Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Bl. 4 (St. Gallen–Chur). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- GERBER, E. (1950): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 22 (Fraubrunnen–Burgdorf). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- HOFMANN, F. (1967): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 52 (Andelfingen). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- JÄCKLI, H. (1966): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 50 (Wohlen). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- KOPP, J. (1945): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 18 (Beromünster–Eschenbach). – Geol. Komm. Schweiz. Natf. Ges., Bern.
- KOPP, J., BENDEL, L., & BUXTORF, A. (1955): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 28 (Luzern). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- LUDWIG, A. (1930): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 4 (Flawil–Schwellbrunn). – Geol. Komm. Schweiz. Natf. Ges., Basel.
- LUDWIG, A., SAXER, F., EUGSTER, H., & FRÖHLICHER, H. (1949): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 23 (St. Gallen–Appenzell). – Geol. Komm. Schweiz. Natf. Ges., Bern.
- NATHAN, H., & Mitarbeiter (1954): Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000, m. Erl. (1955). – Bayer. Geol. Landesamt, München.
- SAXER, F. (1964): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Bl. 45 (Rorschach). – Schweiz. Geol. Komm., Bern.