

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 71 (1978)
Heft: 2

Artikel: Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie der Molasse in Bohrungen Tschugg I und Ruppoldsried I (Berner Seeland)
Autor: Schlanke, Sigurd / Hauber, Lukas / Büchi, Ulrich P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-164740>

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: 15.01.2025

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

Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Tschugg 1 und Ruppoldsried 1 (Berner Seeland)

Von SIGURD SCHLANKE¹⁾, LUKAS HAUBER²⁾ und ULRICH P. BÜCHI¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

In den Bohrungen Tschugg 1 (Koord. 572.610/207.910) und Ruppoldsried 1 (599.450/215.600) wurde die Untere Süsswassermolasse, mit Ausnahme ihres obersten Teils, vollständig durchbohrt. Aufgrund lithofazieller Vergleiche könnte der basale Molasseabschnitt zur Unteren Meeresmolasse gestellt werden.

Mit Hilfe der Schwermineral-Analyse lassen sich die Molasseprofile der beiden Bohrungen gliedern und untereinander korrelieren. Durch ergänzende Schwermineral-Analysen im jurassischen Tertiär sowie in der Mittelländischen Molasse konnte die Existenz der «Raurachischen Senke» (Verbindung zwischen Rheintalgraben und Molassebecken) zur Zeit des Rupelian erhärtet und eine erweiterte Ost-West-Ausdehnung nachgewiesen werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	409
2. Gliederung der Bohrprofile	411
3. Bohrung Tschugg 1	411
3.1 Quartär	411
3.2 Molasse	411
4. Bohrung Ruppoldsried 1	414
4.1 Quartär	414
4.2 Molasse	414
5. Schwermineralogische Untersuchung der Molasse	418
5.1 Allgemeines	418
5.2 Methodik	419
5.3 Schwermineral-Profile der beiden Bohrungen	420
6. Paläogeographische Interpretation	421
Literaturverzeichnis	424

1. Einleitung

Im Jahre 1973 ist das Konsortium «Untertagespeicher» gegründet worden. In diesem Konsortium haben sich die Erdölvereinigung, die Carbura, die Swissgas, die

¹⁾ Dr. Büchi AG, Geologische Expertisen und Forschungen, Bodenacherstrasse 79, CH-8121 Benglen ZH.

²⁾ Vereinigte Schweizerische Rheinsalinen, Schweizerhalle, CH-4133 Pratteln 4.

NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung von radioaktiven Abfällen) und die Vereinigten Schweizerischen Rheinsalinen zusammengeschlossen, um die Suche nach unterirdischen Speichermöglichkeiten für gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe sowie die Endlagerung von radioaktiven Abfällen zu koordinieren und die entsprechenden Arbeiten durchzuführen. Die Realisierung eines solchen Vorhabens liegt hingegen ausserhalb des Aufgabenbereiches des Konsortiums «Untertagespeicher».

Eines der dabei aufgestellten Forschungsprogramme besteht in der Aufgabe, Möglichkeiten der Speicherung von Erdgas im Porenraum geeigneter Gesteine wie Sandsteine oder geklüftete Kalke bzw. Dolomite usw. aufzuspüren. Hierzu wird das vorhandene Poren- oder Kluftwasser verdrängt (= Aquifer- oder Porenspeicher). Neben einem geeigneten Poren- oder Kluftraum müssen zusätzlich bestimmte Lagerungsverhältnisse (Antiklinalen oder Bruchstrukturen) sowie eine abdichtende Deckschicht vorhanden sein. Es wird gleichsam eine künstliche Gaslagerstätte angelegt; wo möglich werden deshalb gerne erschöpfte Lagerstätten für solche Zwecke herangezogen. Es ergibt sich daraus, dass für ein solches Forschungsvorhaben dieselben Explorationsmethoden angewendet werden wie in der Erdölindustrie. Aus diesem Grunde wurde auch in der Schweiz die Zusammenarbeit mit der Erdölexploration gesucht. Dank dem Verständnis der Berner Erdöl AG, der EASEP [Elf Aquitaine (Suisse) Exploration Production SA], der Gewerkschaften Brigitta und Elwerath Betriebsführungsgesellschaft mbH und der Bomin GmbH sowie der zuständigen Behörden des Kantons Bern und der betroffenen Gemeinden war es

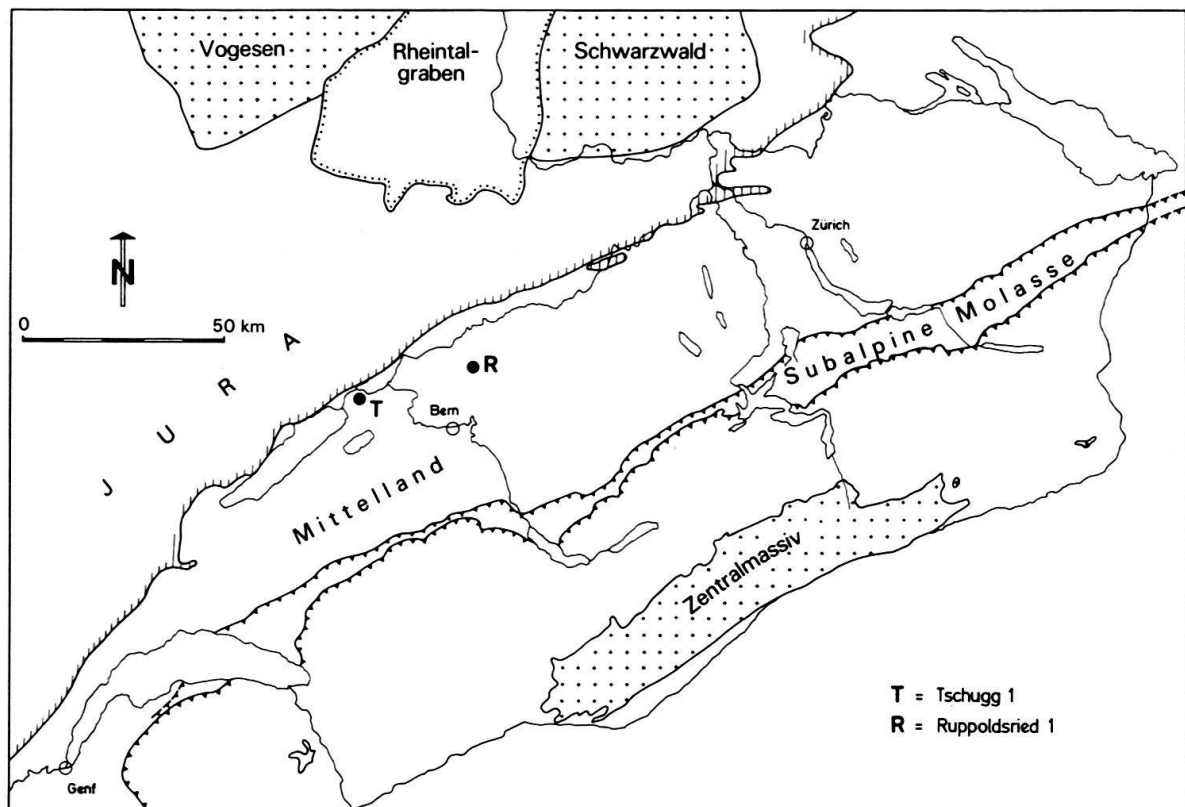


Fig. 1. Geographische Lage der Bohrungen.

möglich, im Berner Seeland die notwendigen seismischen Vorarbeiten für ein solches Vorhaben durchzuführen und in den Jahren 1976/77 auch zwei Aufschlussbohrungen abzuteufen.

Obwohl sich diese Bohrungen durch ihre Tiefen nicht besonders auszeichnen, sind sie doch von wissenschaftlichem Interesse, weil sie erstmals die Molasse in einem Gebiet, welches direkt in der Südfortsetzung des Rheingrabens mit seiner «Raurachischen Senke» liegt, vollständig durchbohrt haben. Die Autoren sind deshalb dem Berner Erdölkonsortium (Präsident Herr W.E. Zesiger) und dem Konsortium «Untertagespeicher» (Präsident Herr Reg.-Rat Dr. G. Stucky) sehr dankbar, dass sie die vorliegende Arbeit zur Publikation freigegeben haben.

2. Gliederung der Bohrprofile

Entsprechend der Zielsetzung erfolgte die Gliederung der Bohrprofile aufgrund *lithostratigraphischer* Kriterien. Biostratigraphische Untersuchungen wurden keine vorgenommen. Es ist durchaus möglich, dass die eine oder andere lithostratigraphische Grenzziehung nicht exakt mit der regionalen stratigraphischen Gliederung übereinstimmt.

Für die Molasse wurden die traditionellen Stufennamen «Aquitanian», «Chat-tian» und «Rupelian» verwendet. Obwohl diese Stufeneinteilung revisionsbedürftig ist (ROTH 1970), dient sie – mangels einer allgemein gültigen Neugliederung – weiterhin als lokale Molasse-Stratigraphie.

3. Bohrung Tschugg 1

3.1 Quartär

Die ca. 4 bis 5 m mächtige Quartärbedeckung wurde in der Bohrung selbst nicht mehr angetroffen, da diese Schichten bereits zu einem früheren Zeitpunkt, beim Erstellen des Standrohres und des Bohrkellers, entfernt wurden. Die dünne Quartärbedeckung besteht vermutlich vorwiegend aus stark lehmigem und schwer durchlässigem Grundmoränenmaterial.

3.2 Molasse

Die Gliederung erfolgte aufgrund makroskopischer sowie sedimentpetrographischer Gegebenheiten. Da die Einheiten lithologisch weitgehend mit denjenigen von Yverdon und Umgebung übereinstimmen, wurde auch die entsprechende Nomenklatur übernommen (JORDI 1951, 1955; KISSLING 1974).

3.2.1 Untere Süsswassermolasse «Aquitanian»

Bohrtiefe 5 bis 60 m. Bedingt durch tektonische und erosive Vorgänge wurden in der Bohrung unter dem Quartär lediglich die untersten, ca. 55 m mächtigen Schich-

ten der rund 500 m dicken Aquitan-Abfolge erfasst. Von oben nach unten lassen sich zwei lithologische Einheiten erkennen:

- Molasse grise oder obere bunte Molasse
- Grès de Cuarny

Molasse grise (Bohrtiefe 5 bis 50 m): Diese Abfolge zeigt eine monotone Wechsellagerung von Mergeln, Silten und Sandsteinen, wobei alle Übergänge zwischen diesen Gesteinstypen vorhanden sind. Charakteristisch ist das Auftreten von hellroten bis ziegelroten Partien. Die fein- bis mittelkörnigen, stark glimmerhaltigen Sandsteine weisen ähnliche Farben auf wie die Mergel und Silte.

Grès de Cuarny (Bohrtiefe 50 bis 60 m): Die etwas sandigere Partie im Liegenden der Molasse grise wird als Grès de Cuarny interpretiert. Die stark glimmerhaltigen, mittel- bis feinkörnigen Sandsteine sind vorwiegend grünlichhellgrau bis weisslichhellgrau, lokal ziegelrot gefärbt. Vereinzelt treten kleine Kohleschmitzen auf.

An Schwermineralien überwiegt, wie in der Molasse grise, Epidot; der Granat-Gehalt ist charakteristisch tief.

3.2.2 Untere Süsswassermolasse «Chattian»

Bohrtiefe 60 bis 509,30 m; ab 390 m eventuell UMM «Rupelian». Vom Hangenden zum Liegenden lässt sich die tiefere USM wie folgt gliedern:

- Grès et marnes à gypse und Calcaires d'eau douce et dolomie
- Grès de Method
- Marnes bariolées s. str. und Grès de Suscévaz
- Marnes rouges

Grès et marnes à gypse und *Calcaires d'eau douce et dolomie* (Bohrtiefe 60 bis 150 m): Diese Abfolge zeigt eine monotone Wechsellagerung von Mergeln, Tonen, Silten und mergeligen Sandsteinen, wobei letztere eher untergeordnet auftreten. Charakteristisch ist die Präsenz von dünnen kohligen Mergel- und Glanzkohle-Lagen. Gelegentlich sind die Cuttings mit feinverteilterm Pyrit durchsetzt. Im Unterschied zum Hangenden und Liegenden sind hier graue bis dunkelgraue Farbtöne vorherrschend. Während die entsprechende Abfolge im Raume Yverdon häufig Gips, Süsswasserkalke und Dolomite führt, konnten hier nur sehr selten Gipslagen und Süsswasserkalke nachgewiesen werden. Dies mag daran liegen, dass die an sich sehr dünnen Schichten durch das Rotary-Bohrverfahren zu stark zermahlen und beim Waschen der Cuttings mit der Feinfraktion verloren gingen.

Andererseits könnte das weitgehende Fehlen von Gips auch bedeuten, dass wir uns am Ost- oder Südrand der brackischen Fazies befinden. Die ruhige Sedimentationsphase wird aber auch in diesem Fall durch die zahlreichen kohligen Lagen repräsentiert.

Grès de Method (Bohrtiefe 150 bis 160 m): Diese Abfolge beginnt unter den letzten deutlichen Kohlelagen der hangenden, stark mergeligen Einheit. Charakteristisch ist der Anteil an mittel- bis feinkörnigem, graugrünlichem Sandstein. Dieser zeigt im Gegensatz zu den stratigraphisch höheren Lagen weniger Epidot, aber

Tabelle 1: Stratigraphische Gliederung der Molasse in der Bohrung Tschugg I.

		STRATIGRAPHIE	BOHRTIEFE	MAECHTIGKEIT
Quartär			0-5m	5m
M I O Z A E N	UNTERE SUESSWASSERMOLASSE ("Aquitanian")	Molasse grise	5-50m	55m
		Grès de Cuarny	50-60m	10m
O L I G O Z A E N	UNTERE SUESSWASSERMOLASSE ("Chattian")	Grès et marnes gris à gypse / Calcaires d'eau douce et dolomie	60-150m	90m
		Grès de Method	150-160m	10m
		Marnes bariolées s.str.	160-390m	230m
		Grès de Suscévaz	390-430m	40m
		Marnes rouges s.str.	430-509m	79m
	UNT. MEERESMOL. ("Rupelian") ?			

steigenden Granat-Gehalt. Zwischen den Sandsteinen treten bereits erste violettrote und bräunlichrote Mergel auf.

Marnes bariolées s. str. und *Grès de Suscévaz* (Bohrtiefe 160 bis 430 m): Diese Einheit ist gekennzeichnet durch das Vorherrschen von bunten Mergeln, Silten und Tonen. Bunte Farbtöne wie: Dunkelrot, Violett, Weinrot, ockerem Gelbgrau, Grau, Beige, Grün und Oliv sind gleichmässig vorhanden. Die untergeordnet auftretenden fein- bis mittelkörnigen, mergeligen Sandsteine sind meist hellgrau, bläulichgrau und grünlichgrau; mit zunehmendem Mergelgehalt werden auch bunte Farben beobachtet.

Der bereits im Aquitanian und oberen Chattian beobachtete Trend zur Erhöhung des Granat-Gehaltes sowie die Verringerung des Epidot-Anteils setzt sich hier fort.

Ein gutes regionales Leitniveau ist durch das erstmalige deutliche Auftreten von Spinell bei ca. 300 m gegeben (vgl. Fig. 2). Ob die isoliert auftretenden dolomitischen Mergel bei 312 und 314 m ebenfalls ein Leitniveau darstellen, ist ungewiss.

Im unteren Teil der *Marnes bariolées* treten ab ca. 390 m häufiger mächtigere Sandsteinlagen auf. Die zum Teil mürben, grünlichgrauen und bläulichgrauen Sandsteine sind meist mittelkörnig, gelegentlich grobkörnig. Der aus der Basis dieser Abfolge gewonnene Sandsteinkern zeigt dünne, zum Teil kreuzgeschichtete Glimmerlagen. Es wäre denkbar, dass dieser Sandstein dem *Grès de Suscévaz* entspricht.

Marnes rouges (Bohrtiefe 430 bis 509,30 m): Diese Einheit ist gekennzeichnet durch das Vorherrschen von bunten, zum Teil fetten Mergeln, Tonen und Silten. Im Gegensatz zu den *Marnes bariolées* überwiegen nun dunkelrote, weinrote und violette Farbtöne.

Zwischen 450 und 460 m weist Gips in faseriger und kristalliner Ausbildung auf brackisch-marines Milieu hin. In den Cutting-Proben beträgt der Gipsanteil bis zu 50%. Vermutlich sind die bis zur Molassebasis auftretenden Gips-Cuttings als Nachfall zu werten. Mittels biostratigraphischer Untersuchungen wird zu prüfen sein, ob ein Teil der *Marnes rouges* eventuell schon dem Rupelian zugeordnet werden kann.

Die untergeordnet auftretenden Sandsteine sind frei von Epidot. Um so deutlicher ist der Gehalt an Granat, Spinell und Staurolith.

4. Bohrung Ruppoldsried 1

4.1 Quartär

Die ca. 3 bis 4 m mächtige Quartärbedeckung wurde beim Erstellen des Bohrkegels entfernt. Sie besteht vorwiegend aus stark lehmigem, verschwemmtem Moränenmaterial.

4.2 Molasse

Die Gliederung erfolgte aufgrund der makroskopischen Gegebenheiten sowie der sedimentpetrographischen Auswertung. Da die geologischen Einheiten weitge-

hend mit denjenigen von Aarwangen und Umgebung übereinstimmen, wurde auch die entsprechende Nomenklatur übernommen (ERNI & KELTERBORN 1948; FÜCHTBAUER 1964).

4.2.1 Untere Süßwassermolasse «Aquitainian»

Bohrtiefe 3 bis 230 m. Bedingt durch die tektonische und morphologische Situation wurden in der Bohrung unter dem Quartär lediglich die unteren 230 m der ca. 450 m mächtigen Aquitan-Abfolge erfasst. Von oben nach unten lassen sich zwei lithologische Einheiten erkennen:

- Obere bunte Molasse
- Kalksandstein-Serie von Aarwangen

Obere bunte Molasse (Bohrtiefe 3 bis 150 m): Diese Abfolge zeigt eine monotone Wechsellagerung von Mergeln, Silten und Sandsteinen, wobei alle Übergänge zwischen diesen Gesteinstypen vorhanden sind. An Farben überwiegen Grau, Graugelb und Ocker. Nicht selten sind ziegelrote Farbtöne beigemischt.

Das Schwermineralbild der fein- bis mittelkörnigen Sandsteine wird durch den geringen Granat-Anteil sowie durch den hohen Epidot-Gehalt charakterisiert. Der Gesamtkarbonat-Gehalt liegt zwischen 20 und 30%.

Kalksandstein-Serie von Aarwangen (Bohrtiefe 150 bis 230 m): Die etwas sandigere Serie ist gekennzeichnet durch den erhöhten Karbonat-Gehalt der meist beigen und gelblichgrauen Sandsteine. Die Messwerte liegen im Mittel über 30%. Im Basisbereich dieser Serie deuten Grobsandsteine und Gerölle auf grobdetritische Sequenzen.

4.2.2 Untere Süßwassermolasse «Chattian»

Bohrtiefe 230 bis 888,50 m; ab 805 m eventuell UMM «Rupelian». Vom Hangenden zum Liegenden lässt sich die tiefere USM wie folgt gliedern:

- Brack- und Süßwassermolasse
- Untere bunte Molasse
- Obere Aarwanger Molasse
- Untere Aarwanger Molasse

Brack- und Süßwassermolasse (Bohrtiefe 230 bis 380 m): Analog zur Bohrung Tschugg 1 beginnt diese Abfolge mit dem ersten Auftreten von Gips. Dieses charakteristische Mineral tritt aber im gesamten Profil dieser Serie nur sporadisch und in Spuren auf. Die stratigraphisch tiefsten Gipslagen wurden zwischen 372 und 380 m beobachtet.

Häufiger sind indessen schwarzgraue kohlige, meist pyritführende Schichten, welche wie Gips für eine ruhige Sedimentationsphase sprechen. Gelegentliche Grobsandhorizonte und Geröllschnüre sprechen im Basisbereich für grobdetritische Einschaltungen.

Gegenüber der hangenden Serie hat sich das Schwermineralbild nur schwach verändert:

- etwas geringerer Epidot-Anteil;
- deutlicheres Auftreten von Staurolith.

Tabelle 2: *Stratigraphische Gliederung der Molasse in der Bohrung Ruppoldsried 1.*

		STRATIGRAPHIE		BOHRTIEFE		MAECHTIGKEIT
		Quartär		0	3m	3m
M I O Z A E N	UNTERE SUESSWASSERMOLASSE ("Aquitanian")	Obere bunte Molasse	3	— 150m	147m	
		Kalksandsteinserie von Aarwangen	150	— 230m	80m	
O L I G O Z A E N	UNTERE SUESSWASSERMOLASSE ("Chattian")	Brack- und Süßwasser= molasse	230	— 380m	150m	
		Untere bunte Molasse	380	— 640m	260m	
		Obere Aarwangermolasse	640	— 840m	200m	
		Untere Aarwangermolasse	840	— 888.5cm	45.50m	
	UNT. MEERESMOL. ("Rupelian") ?					

Der mittlere Karbonat-Gehalt liegt wieder deutlich unter 30%. Die Brack- und Süßwassermolasse kann mit den gipsführenden Schichten von Tschugg 1 (60 bis 150 m) lithostratigraphisch korreliert werden. Letztere wiederum entsprechen der Serie der «Grès et marnes à gypse et calcaires d'eau douce et dolomie» von Yverdon. Mit den Gipsfunden in Ruppoldsried 1 wurde die vorläufig östlichste Verbreitung der Gipsfazies im schweizerischen Molassebecken nachgewiesen. Es wäre denkbar, dass dieser Ablagerungsraum mit demjenigen der Oberen Cyrenenschichten Süddeutschlands durch eine schmale Brackwasserrinne im Norden oder Süden des Molassebeckens verbunden war. In den ostschweizerischen Erdölbohrungen konnten für diese Hypothese jedoch keine Beweise erbracht werden.

Untere bunte Molasse (Bohrtiefe 380 bis 640 m): Diese Abfolge zeigt eine monotone Wechsellagerung von Mergeln, Silten und Sandsteinen. Die hellgrauen bis grünlichgrauen Sandsteine sind meist glimmerhaltig und zeigen einen stark wechselnden Ton-Gehalt. Auffallend sind die in den Kernen beobachteten Kreuzschichtungen.

Sedimentpetrographisch unterscheiden sich die Sandsteine von den höher liegenden Einheiten durch den sich stark vermindernenden Epidot-Anteil sowie den erheblich erhöhten Granat-Gehalt. Bemerkenswert ist das erste deutliche Auftreten von Spinell bei ca. 540 m. Die Karbonatwerte liegen um 20%. Als weiteres charakteristisches Unterscheidungsmerkmal zum Hangenden ist das vermehrte Auftreten von violettgrauen bis rötlichbraunen Mergeln und Tonen zu werten.

Obere Aarwanger Molasse (Bohrtiefe 640 bis 840 m): Diese Einheit ist gekennzeichnet durch einen erhöhten Sandstein-Gehalt. Aus Kernen, Schlumberger- und Litho-Logs ergeben sich Bankmächtigkeiten bis zu 9 m. Im Mittel dürften sie etwa bei 3 m liegen.

Besonders im Basisbereich, zwischen 805 und 840 m, treten mittel- bis grobkörnige, glimmerhaltige und z.T. kreuzgeschichtete Sandsteine auf. Ihr Habitus erinnert stark an den Grès de Suscévaz der Bohrung Tschugg 1 sowie an die Horwer Sandsteine der Subalpinen Molasse.

Äusserst prägnant ist die Veränderung des Schwermineral-Spektrums im Vergleich zum Hangenden:

- Epidot verschwindet vollständig;
- Granat erreicht Höchstwerte;
- Rutil und Staurolith sind vermehrt vorhanden, letzterer zum Teil als Hauptgemengteil;
- der mittlere Spinell-Gehalt liegt um 30%.

Untere Aarwanger Molasse (Bohrtiefe 840 bis 888,50 m): Im Gegensatz zur Oberen Aarwanger Molasse besteht diese Abfolge mehrheitlich aus bunten Mergeln, Tonen und Silten. Grünliche Farbtöne herrschen vor. Vereinzelt treten dünne, grünlichgraue Kalklagen auf. Die Abfolge zeigt eine auffallend vertikal orientierte Klüftung.

Sedimentpetrographisch unterscheidet sich dieser Schichtstoss kaum von der Oberen Aarwanger Molasse.

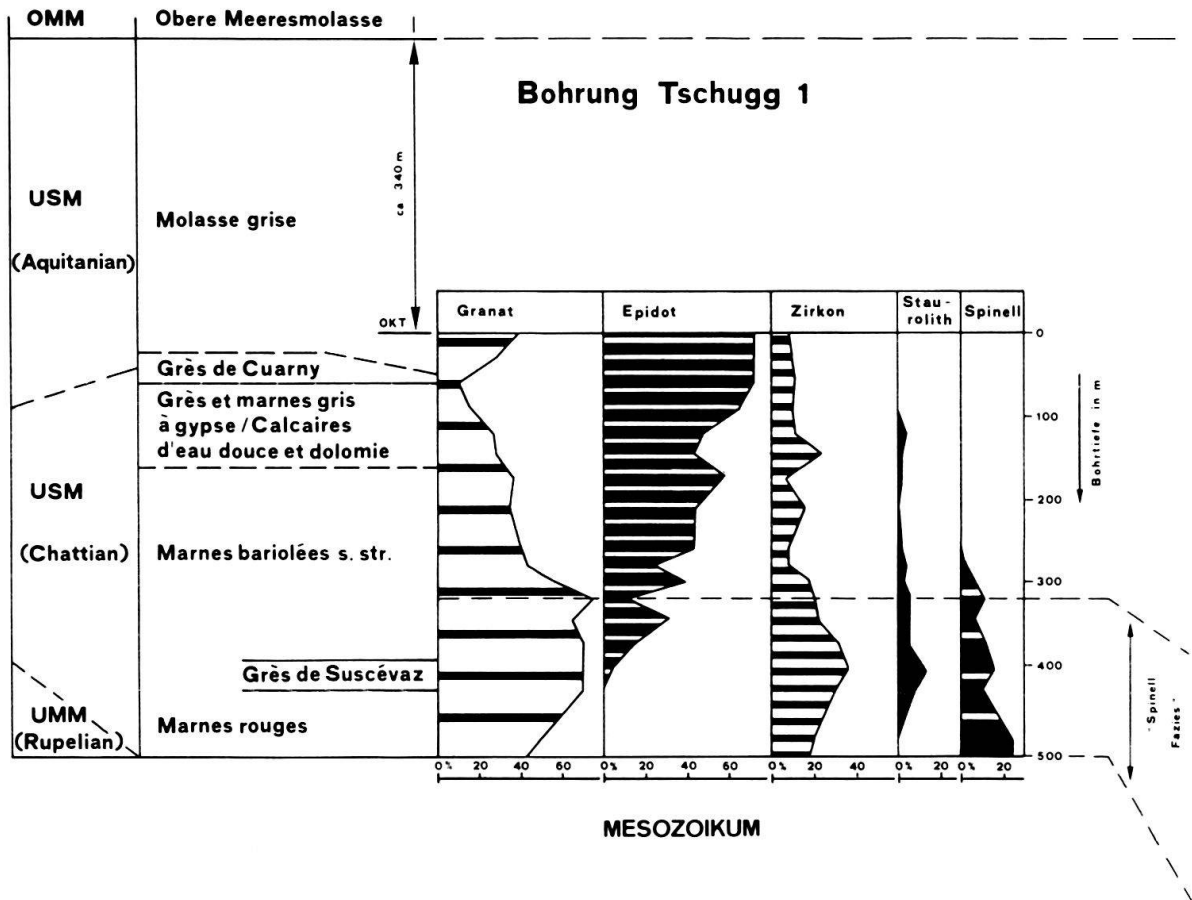


Fig. 2. Schwermineralogischer Vergleich der Bohrungen Tschugg 1 und Ruppoldsried 1.

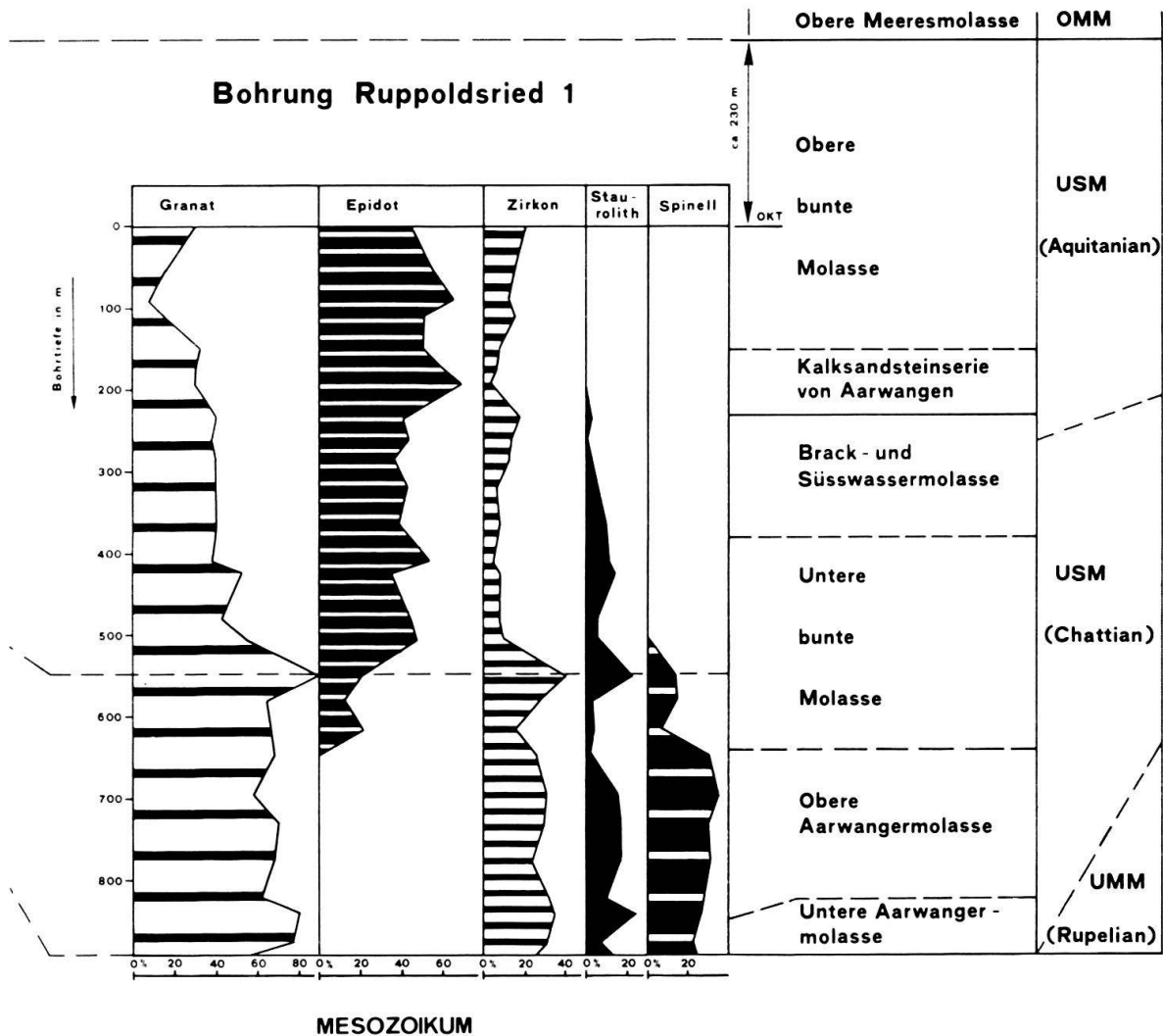
5. Schwermineralogische Untersuchung der Molasse

5.1 Allgemeines

Schon seit längerer Zeit wurde die Erfahrung gemacht, dass sich die lithologisch einförmige und fossilarme Molasseabfolge mit Hilfe ihrer varriierenden Schwermineral-Zusammensetzung gliedern und zum Teil auch korrelieren lässt (GRIMM 1957, 1965; FÜCHTBAUER 1964; HOFMANN 1968; SCHLANKE 1974, und andere).

Da besonders in der ostschweizerischen und süddeutschen Molasse mit der Schwermineral-Analyse gute Resultate erzielt wurden, schien es angezeigt, mit dieser Methode auch die Bohrungen Tschugg 1 und Ruppoldsried 1 zu untersuchen.

Das zuerst in Tschugg 1 erarbeitete Schwermineral-Profil erwies sich für die folgende Bohrung Ruppoldsried 1 als wertvolle Orientierungshilfe. Da die Schwermineral-Analyse direkt auf der Bohrung erfolgte, konnten die frisch durchteuften Schichten laufend stratigraphisch eingeordnet werden. Dieses Vorgehen erlaubte schnelle Entscheidungen, besonders im Hinblick auf optimales Ansetzen der Kerne.



5.2 Methodik

Da in der Molasse relativ wenig Bohrkern gezogen wurden, musste auch das Spülgut der Rotary-Strecke sedimentpetrographisch analysiert werden. Das Probenintervall richtete sich nach dem Auftreten von Sandsteinbänken. Aus dem Spülgut wurden makroskopisch gleiche Sandstein-Cuttings herausgesucht und untersucht. In definitive Schwermineral-Profil wurden jedoch nur diejenigen Horizonte aufgenommen, welche sich in den Schlumberger Logs eindeutig als Sandsteinbänke zu erkennen gaben. Auf diese Weise konnte eine Verzerrung des Schwermineral-Profiles durch «Nachfall» weitgehend verhindert werden.

Untersucht wurde der Korngrößenbereich 0,4 bis 0,06 mm. Die Schwerentrennung erfolgte mit Bromoform ($d = 2,88$), als Einbettungsmittel diente Aroclor ($n = 1,66$). Pro Probe wurden mindestens 100 Schwerminerale (ohne Granat) ausgezählt und gleich 100% gesetzt. Da Granat sehr häufig auftritt, wird er gesondert gezählt und wie folgt berechnet:

Die Anzahl aller bestimmten Schwerminerale (inkl. Granat) = 100%. Granat wird in Prozenten dieser Summe ausgedrückt.

5.3 Schwermineral-Profile der beiden Bohrungen

(vgl. Fig. 2-4)

In Figur 2 wurden nur diejenigen Schwerminerale dargestellt, welche sich durch eindeutige Trends auszeichnen. Ein Vergleich der beiden Profile zeigt deutlich, dass die entsprechenden Schwermineral-Kurven praktisch denselben Verlauf aufweisen. So nehmen Granat, Zirkon und Staurolith vom Hangenden zum Liegenden zu, während Epidot in derselben Richtung abnimmt.

In der oberen Profilhälfte dominiert Epidot deutlich über Granat und Zirkon; Staurolith ist mit geringen Prozenten vorhanden. Mit zunehmender Tiefe wird Epidot aus seiner Position als Hauptmineral von Granat verdrängt. Die erstmalige deutliche Granat-Dominanz wird im unteren Profilschnitt durch das Auftreten von Spinell begleitet. In derselben Tiefe kann auch eine Zunahme der Zirkon- und Staurolith-Anteile beobachtet werden. Der unterste Molasseabschnitt ist durch relativ hohe Spinell-Werte und völlige Epidot-Absenz gekennzeichnet.

Von den übrigen Schwermineralien tritt nur Apatit regelmässig als Hauptgemengeteil auf. Seine Präsenz ist in beiden Bohrungen praktisch gleichmässig aufs ganze Profil verteilt und dient somit nicht zur Gliederung der Abfolge. Während Rutil in Tschugg 1 kaum in Erscheinung tritt, können in Ruppoldsried 1 unterhalb

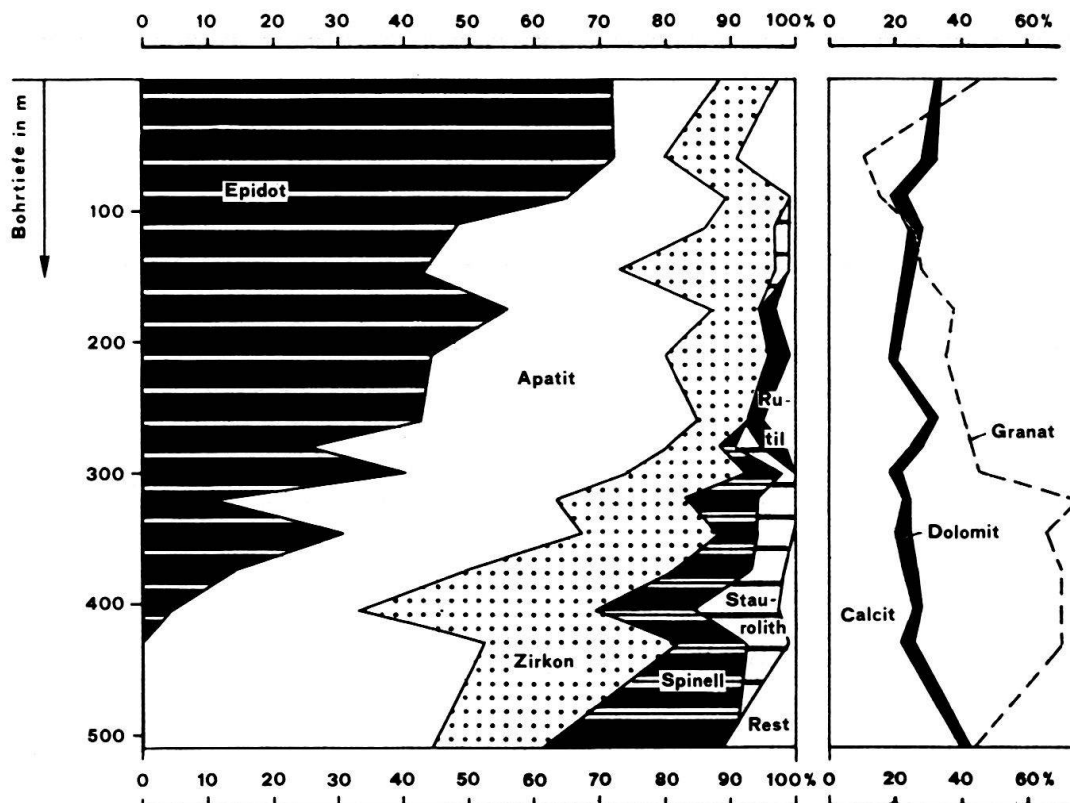


Fig. 3. Sedimentpetrographisches Profil der Bohrung Tschugg 1.

600 m leicht erhöhte Werte (max. 10%) festgestellt werden (Fig. 4). Titanit, Andalusit, Turmalin und Anatas sind in beiden Bohrungen konstant, aber in sehr geringen Mengen anzutreffen.

6. Paläogeographische Interpretation

Das Schwermineralbild der Bohrungen Tschugg 1 und Ruppoldsried 1 bestätigt im wesentlichen frühere Untersuchungsergebnisse aus Tagesaufschlüssen in der Westschweizer Plateaumolasse (VERNET 1958, 1964; SCHWAB 1960; FÜCHTBAUER

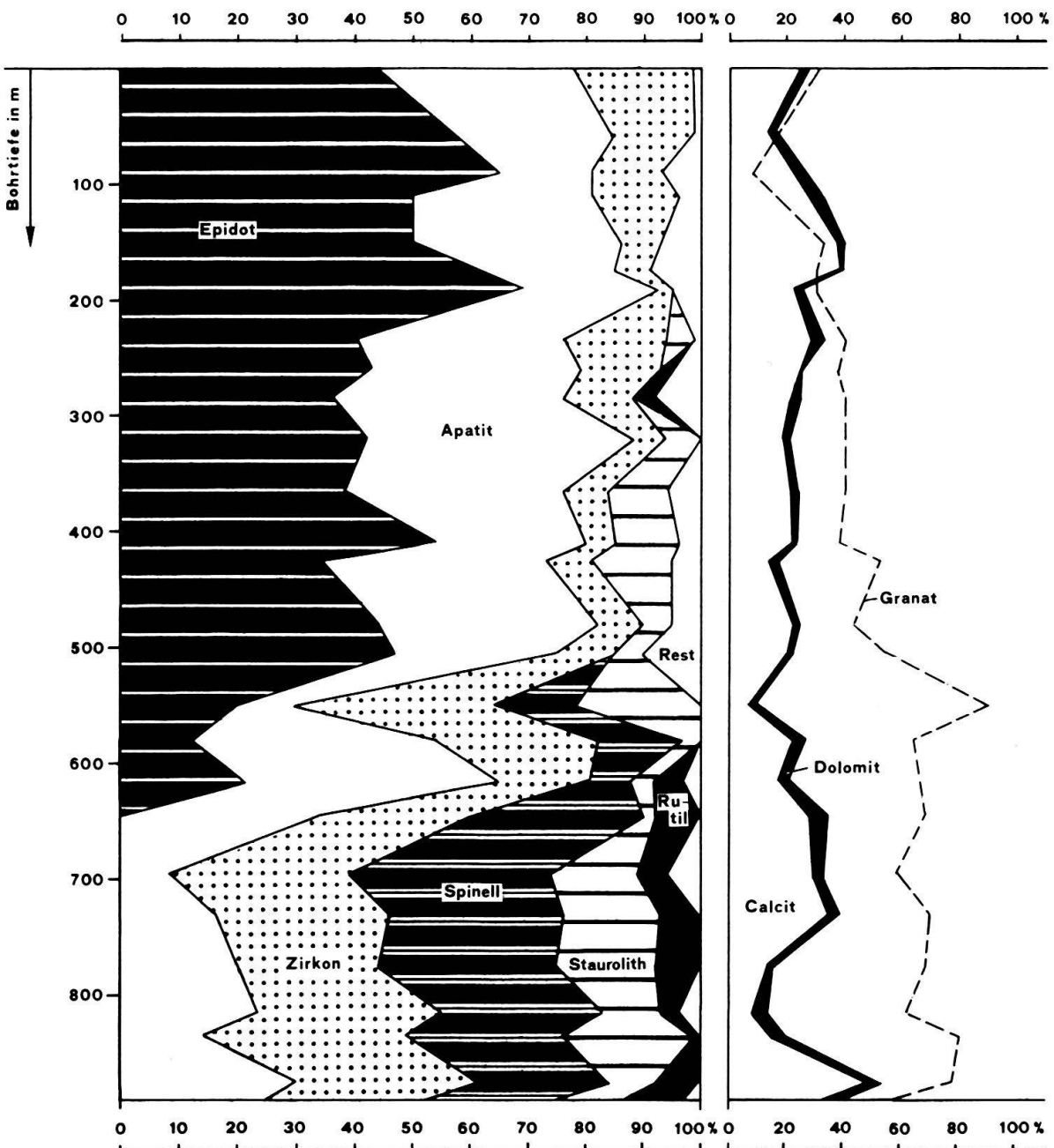


Fig. 4. Sedimentpetrographisches Profil der Bohrung Ruppoldsried 1.

1964, und andere). Besonders die Epidot-Abnahme vom Hangenden zum Liegenden sowie das reziproke Verhalten von Granat wurde von allen Autoren erkannt.

Nach FÜCHTBAUER (1964) könnte der epidotreiche obere Teil der USM aus Schuttfächern zwischen Savoyen und Entlebuch stammen (Napf-, Thunersee-, Mt-Pélerin-, Genfersee-Schüttung usw.). Eine definitive Zuweisung ist aber nur nach genauer sedimentpetrographischer Untersuchung der entsprechenden Schuttfächer-Zentren in der Subalpinen Molasse möglich.

Die Zone zwischen dem epidotreichen Teil und der Molassebasis ist in den Bohrungen durch eine deutliche Spinell-Präsenz charakterisiert. Aus den benachbarten Gebieten wurde dieses Schwermineral lediglich im tieferen Molasseabschnitt der Bohrung Chapelle 1 (LEMCKE 1959) und im Basisbereich der Aarwanger Molasse (HOFMANN 1968) beobachtet. Dass Spinell in den Schwermineral-Analysen vieler Bearbeiter der tieferen Mittelländischen Molasse nicht angeführt wird, könnte dadurch erklärt werden, dass dieses fast opake Schwermineral im Mikroskop nur bei maximaler Lichtstärke und aufgeklapptem Kondensator zu erkennen ist (vgl. GRIMM 1965, S. 35).

In der Subalpinen Molasse gilt Spinell als «Leitmineral» der tieferen USM und UMM (GASSER 1966; MÜLLER 1971; SCHLANKE 1974; STÜRM 1974). So weist z. B. die Rigi-Schuppe mindestens 3500 m spinellführende Schichten auf (UMM und tiefere USM).

Aufgrund eingehender Geröllstudien scheint die Herkunft des Spinells aus mittel- und südpenninischen Flyschserien als gesichert (SPECK 1953; GASSER 1967, 1968; MÜLLER 1971; STÜRM 1974).

Die heute noch existierenden Vertreter dieser Einheiten – die Klippen-, Brekzien- und Simmen-Decke – finden sich hauptsächlich in den savoyischen und westschweizerischen Präalpen. Da letztere das unmittelbare Rückland der Molasse von Tschugg und Ruppoldsried darstellen, besteht vorläufig kein Grund, den Spinell aus einer entfernteren Region zu beziehen.

Die Bohrungen Ruppoldsried 1 und Tschugg 1 liegen in der direkten Fortsetzung des Rheintalgrabens, das heisst in der südlichen Verlängerung der *Raurachischen Senke*. Diese Verbindung zwischen westlichem Molassebecken und südlichem Rheintalgraben wurde in der Literatur schon verschiedentlich diskutiert. Man vermutete allgemein, dass sich diese Pforte frühestens in der Unteren Süsswassermolasse öffnete und den Detritus der Thunersee-Schüttung (epidotreiche Molasse alsacienne) in den Rheintalgraben passieren liess (BAUMBERGER 1927; VON MOOS 1935; HAUBER 1960; RUTSCH 1961/62; HOFMANN, in LINIGER 1967).

Aufgrund der sehr ähnlichen Fischfaunen im Septarienton des Oberrheintals und der Unteren Meeresmolasse des Entlebuchs postulierte WEILER (1952/53) eine Öffnung der Raurachischen Senke bereits im Rupelian.

Diese Hypothese wurde durch FISCHER (1965) erhärtet. Er fand im einwandfrei als Rupelian datierten Septarienton des Oberrheingrabens, Laufen- und Delsberger Beckens aufgearbeitete Alttertiär- und Oberkreide-Foraminiferen, die nur aus dem alpinen Faziesraum stammen konnten. Um in die sekundäre Lagerstätte des Septarientons zu gelangen, musste die fossile Fauna spätestens im Rupelian von Süden nach Norden durch die Raurachische Senke geschwemmt worden sein.

Aufgrund dieser Transportrichtung müsste der Septarienton auch dieselbe Schwermineral-Vergesellschaftung aufweisen wie die tiefste Molasse südlich der Raurachischen Senke.

HOFMANN (1968) fand im Septarienton und im tiefsten Teil der Unteren Aarwanger Molasse von Wynau (Jura-Südfuss) spinellführende Schichten und postulierte eine schmale Rinne zwischen dem Oberrheintalgraben und Wynau.

Durch eigene Untersuchungen im rheintalnahen Laufen-Becken sowie in der Aarwanger Molasse konnten die Resultate von HOFMANN bestätigt und erweitert werden:

- Die untersuchten Proben aus den sandigen Lagen des Septarientons führen dieselbe Schwermineral-Zusammensetzung wie die Spinell-Schichten im Molassebecken. Neben dem Leitmineral Spinell wurde – analog den tiefsten Schichten der Bohrungen Tschugg 1 und Ruppoldsried 1 – eine deutliche Staurolith-Führung beobachtet.
- Die stratigraphisch höhere, untere Elsässer Molasse gehört ebenfalls noch zur Spinell-Fazies, weist aber bereits einige wenige Prozente Epidot auf. Dieses Mineral wird – analog den Verhältnissen im Molassebecken – gegen das Hangende hin zunehmen und in die Epidot-Fazies der Elsässer Molasse s.l. überleiten. VON MOOS (1935) und HOFMANN (1967) stellen diese Sedimente zur Thunersee-Schüttung.
- Der Nachweis von Spinell in den Bohrungen Ruppoldsried 1, Tschugg 1 sowie Chapelle 1 spricht für eine wesentlich breitere westliche Ausdehnung der Raurachischen Senke als dies HOFMANN (1968) aufgrund der Spinell-Funde von Wynau angenommen hatte. Untersuchungen über die östliche Begrenzung sowie die südliche Fortsetzung der Raurachischen Senke sind im Gange.

Der Nachweis von Spinell im Septarienton sowie dessen Einstufung ins Rupelian (FISCHER 1965) erlaubt folgende Überlegungen:

- Da der Spinell aus dem Alpenraum stammt, musste die Raurachische Senke bereits zur Zeit des Rupelians existiert haben.
- Durch weitere Untersuchungen im Unteroligozän des Oberrheintalgrabens ist zu prüfen, ob die Spinell-Schüttung – und somit auch die Öffnung der Raurachischen Senke – nicht eventuell bereits im Prä-Rupelian eingesetzt hat. Als ein Hinweis in diese Richtung könnte die von GASSER (1967) im unteroligozänen Altdorfer Sandstein nachgewiesene Spinell-Führung gewertet werden. Der Altdorfer Sandstein gehört zum Nordhelvetischen Flysch, der oft als «Flyschmolasse» bezeichnet wird, da sein Ablagerungsmilieu zwischen demjenigen der Flysch- und Molassebildungen vermittelt (TRÜMPY 1962). Ob westliche Äquivalente dieser «Flyschmolasse» (Grès du Val d'Illiez, Grès de Cucloz usw.) in der südlichen Fortsetzung des Rheintalgrabens ebenfalls Spinell aufweisen, ist noch nicht bekannt.

Wie bereits erwähnt wurde, gehören die tiefste USM sowie die UMM der Subalpinen Molasse (Speer-, Rigi-, Beichlen-Farneren-Schuppe usw.) zur Spinell-Fazies. Falls die spinellführenden Schichten im Molassebecken einen gewissen

stratigraphischen Leitwert besitzen, könnte folgende lithostratigraphische Beziehung postuliert werden:

<i>Rheintalgraben</i> <i>Raurachische Senke</i>	<i>Bohrung Tschugg 1</i> <i>Bohrung Ruppoldsried 1</i>	<i>Aarwangen/Wynau</i>	<i>Subalpine Molasse</i>
untere Elsässer Molasse	Grès de Suscévaz	unterer Teil der Oberen Aarwanger Molasse	Horwer Sandstein
Septarienton (Meletta-Schichten)	Molasse rouge s.str.	Untere Aarwanger Molasse	Grisiger Mergel

LITERATURVERZEICHNIS

- BAUMBERGER, E. (1927): *Die stampischen Bildungen der Nordwestschweiz und ihrer Nachbargebiete mit besonderer Berücksichtigung der Molluskenfauna.* – *Eclogae geol. Helv.* 20.
- BÜCHI, U. P., HOFMANN, F., & WIENER, G. (1965): *Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentralschweiz und in der Ostschweiz.* – *Eclogae geol. Helv.* 58/1.
- BÜCHI, U. P., & SCHLANKE, S. (1977): *Zur Paläogeographie der schweizerischen Molasse.* – *Erdöl-Erdgas-Z.* 93 (Sonderausg. 1977).
- BÜCHI, U. P., SCHLANKE, S., & MÜLLER, E. (1976): *Zur Geologie der Thermalwasserbohrung Konstanz und ihre sedimentpetrographische Korrelation mit der Erdölbohrung Kreuzlingen.* – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 42/103.
- ERNI, A., & KELTERBORN, P. (1948): *Ölgeologische Untersuchungen im Molassegebiet südlich Wangen a. d. Aare-Aarburg.* – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 26/2.
- FISCHER, H. (1965): *Geologie des Gebietes zwischen Blauen und Pfirter Jura.* – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 122.
- FRÖHLICHER, H., & WEILER, W. (1952): *Die Fischfauna der unterstampischen Molasse des Entlebuch, Kt. Luzern, und ihre paläogeographische Bedeutung.* – *Eclogae geol. Helv.* 45.
- FÜCHTBAUER, H. (1954): *Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse.* – *Heidelb. Beitr. Mineral. Petrogr.* 4.
- (1958): *Die Schüttungen im Chatt und Aquitan der deutschen Alpenvorlandmolasse.* – *Eclogae geol. Helv.* 51/3.
- (1964): *Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen.* – *Eclogae geol. Helv.* 57.
- GASSER, U. (1966): *Sedimentpetrographische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt. Luzern).* – *Eclogae geol. Helv.* 59/2.
- (1967): *Erste Resultate über die Verteilung von Schwermineralen in verschiedenen Flyschkomplexen der Schweiz.* – *Geol. Rdsch.* 56/1.
- (1968): *Die innere Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt. Luzern): Geologie und Sedimentologie.* – *Eclogae geol. Helv.* 61/1.
- GRIMM, W. D. (1957): *Sedimentpetrographische Untersuchungen der Molasse-Bohrungen Schwabmünchen 1, Siebnach 1, und Rieden 1.* – *Geologica bavar.* 33.
- (1965): *Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse.* – *Abh. bayer. Akad. Wiss. [N.F.]* 121.
- HAUBER, L. (1960): *Über das Tertiär im nordschweizerischen Tafeljura.* – *Eclogae geol. Helv.* 53/2.
- HOFMANN, F. (1968): *Zur Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Pfaffnau Süd 1, 2, 4 und 5, Boswil 1 und Hünenberg 1.* – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 35/87.
- JORDY, H. A. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse von Yverdon.* – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 18/55.
- (1955): *Geologie der Umgebung von Yverdon (Jurafuss und mittelländische Molasse).* – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 99.

- KISSLING, D. (1974): *L'oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse*. – Thèse N° 1648, Univ. Genève.
- LEMCKE, K. (1959): *Das Profil der Bohrung Chapelle 1*. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 26/70.
- LINIGER, H. (1967): *Pliozän und Tektonik des Jura gebirges*. Mit einem Anhang von F. HOFMANN: *Sedimentpetrographische Untersuchungen an den Vogesensanden, Vogesenschottern und Sundgauschottern*. – Eclogae geol. Helv. 60/2.
- MOOS, A. VON (1935): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen*. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 15/2.
- MÜLLER, H.-P. (1971): *Geologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse zwischen Einsiedeln und oberem Zürichsee (Kt. Schwyz)*. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 116/1.
- ROTH, P. (1970): *Oligocene Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy*. – Eclogae geol. Helv. 63/3.
- RUTSCH, R.F. (1961): *Zur Paläogeographie der subalpinen Unteren Meeresmolasse (Rupélien) der Schweiz*. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 28/74.
- (1962): *Zur Paläogeographie der subalpinen Unteren Meeresmolasse (Rupélien) der Schweiz*. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 28/75.
- RUTSCH, R.F., & SCHLÜCHTER, CHR. (1973): *Stratigraphische Gliederung der Molasse im Bernischen Mittelland*. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 30.
- SCHÄR, U. (1967): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mesozoikum und Tertiär des Bielerseegebietes (Kt. Bern)*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 133.
- SCHLANKE, S. (1974): *Geologie der Subalpinen Molasse zwischen Biberbrugg SZ, Hütten ZH und Ägerisee ZG, Schweiz*. – Eclogae geol. Helv. 67/2.
- SCHWAB, R.F. (1960): *Geologische Untersuchungen in der Molasse der Umgebung von Biel (Kt. Bern)*. – Keller, Winterthur.
- SPECK, J. (1953): *Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee und Versuch einer paläogeographischen Auswertung*. – Diss. Univ. Zürich.
- STÜRM, B. (1974): *Die Rigischüttung: Sedimentpetrographie, Sedimentologie, Paläogeographie*. – Diss. Univ. Zürich.
- TRÜMPY, R. (1962): *Mesozoischer Untergrund und ältere Meeresmolasse im schweizerischen und ober-schwäbischen Molassebecken*. – Erdöl-Z. 78/9.
- VERNET, J.P. (1958): *Les minéraux lourds d'une série chattienne de la molasse du plateau suisse*. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 67.
- (1964): *Pétrographie sédimentaire dans la molasse de la région d'Yverdon*. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 68.
- WEILER, W. (1953): *Die Verbindung des mitteloligozänen Rheintalgrabens mit dem Mittelmeer*. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 32.

