

Die Sedimentationsverhältnisse zur Zeit der Muschelsandsteine und Grobkalke im Gebiet des Beckennordrandes der Oberen Meeresmolasse zwischen Aarau und Schaffhausen

Autor(en): **Büchi, U.P. / Hofmann, F.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **27 (1960-1961)**

Heft 72

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-190770>

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.

Die Sedimentationsverhältnisse zur Zeit der Muschel-sandsteine und Grobkalke im Gebiet des Beckennordrandes der Oberen Meeresmolasse zwischen Aarau und Schaffhausen

Von U. P. BÜCHI, Zürich, und F. HOFMANN, Schaffhausen
mit 1 Figur und 2 Tabellen im Text

Im Zusammenhang mit den oberflächengeologischen und sedimentpetrographischen Forschungen der SEAG, Aktiengesellschaft für schweizerisches Erdöl, ergaben sich am Nordrand des Molassebeckens neue Hinweise für die Korrelation innerhalb der Oberen Meeresmolasse (OMM).

I. Oberflächengeologie

Ähnlich wie im übrigen Molassebecken kann die OMM auch im Untersuchungsgebiet lithologisch in die zwei Abteilungen Burdigalien und Helvétien gegliedert werden; man muß sich dabei aber bewußt sein, daß die Trennung in Burdigalien und Helvétien vom paläonthologisch-stratigraphischen Standpunkt aus fragwürdig geworden ist.

Im **Helvétien** lassen sich wiederum zwei Sedimentationszyklen nachweisen (Tabelle I), wobei lokal der erste Zyklus ausfallen kann, wie z. B. im Gebiet N Villmergen, wo die Basisnagelfluh des 2. Zyklus direkt auf die obere Sandsteinzone des «Burdigalien» transgrediert (U. P. BÜCHI, 1959).

Auch S der Lägern und am Töss-Unterlauf konnte bisher nur ein helvetischer Sedimentationszyklus nachgewiesen werden. Ob es sich hier wie N Villmergen um den zweiten Zyklus handelt, kann nur indirekt aus den regionalen Verhältnissen gefolgert werden. N der Lägern und im Gebiet zwischen Flaach und Andelfingen sind beide Zyklen vorhanden. Der erste Zyklus ist lokal und meist nur sehr rudimentär entwickelt. Ähnlich wie bei Villmergen beginnt der zweite Zyklus mit einer wesentlich mächtigeren und grobgerölligeren Basisbank (Quarzitnagelfluh).

Der zweite Sedimentationszyklus des Helvétien zeichnet sich somit generell durch wesentlich stärkere Geröllschüttungen aus, indem die Transportkraft des damaligen Napfschüttungs-Systems bedeutend stärker war als im unteren Helvétien. Das Fehlen des ersten Sedimentationszyklus kann lokal, wie z. B. N Villmergen, primärer Art sein (U. P. BÜCHI, 1959); S der Lägern und am Unterlauf der Töss jedoch dürfte das Fehlen des unteren Helvétien auf Ausräumung während der Sedimentation des zweiten Zyklus beruhen, wofür die, wenn auch rudimentäre Entwicklung des Helvétien N der Lägern spricht. Es scheint, daß bereits während des Helvétien im Gebiet der

Tabelle I

	Villmergen-Lenzburg	S-Lägern und Töss	N-Lägern	Schaffhausen Wiechs/Tengen	St. Gallen (Goldach)
Obere Abteilung der OMM (Helvetien)	2. Sedimentationszyklus	Sandsteinzone mit Geröllnestern und -Bändern Quarzitnagelfluh (Austern)	Sandsteinzone mit Geröllnestern und -Bändern Quarzitnagelfluh (Austern)	Siltsteinzone Quarzitnagelfluh	Obere Grenznagelfluh Zone der oberen Plattensandsteine Dreilindennagelfluh
	1. Sedimentationszyklus	Schiefermergel Sandsteinzone Geröll führend Quarzitnagelfluh } fehlt N Villmergen	fehlt vermutlich infolge Ausräumung durch den 2. Zyklus	Sandsteinzone Quarzitnagelfluh } oft fehlend oder rudimentär entwickelt	Zone der Schiefermergel Freudenbergnagelfluh
Untere Abteilung der OMM (Burdigalen)	Brackische pyritreiche Mergel und Sandsteine	----- ?	----- ?	z. T. fehlend	fluvioterrestrischer im Osten brackischer Zwischenkomplex
	Obere Sandsteinzone	Obere Sandsteinzone	Obere Sandsteinzone	Obere Sandsteinzone	Zone der mittleren Plattensandsteine
	Muschelsandstein, reich an Scutellen	Muschelsandstein z. T. als Grobsand entwickelt	Grobsand mit Muschelsandstein-Einlagerungen	Randengrobkalk mit Grobsandeinstreuung	Obere «Seelaffe» (Muschelsandstein)
	Untere Sandsteinzone	Untere Sandsteinzone	Untere Sandsteinzone	-----	Zone der unteren Plattensandsteine Untere «Seelaffe» Zone der untersten Plattensandsteine brackische Zone mit Kohlenflözen
Liegendes	Basiszone, lokal Nagelfluh und Geröllbänder	Basiszone: z. T. geröllführend Fossilien	Basiszone: z. T. geröll- und fossilführend	-----	Burdigales Basiskonglomerat
	USM	USM	USM	Malm	USM

heutigen Lägern eine schwach ausgeprägte Schwellenzone vorhanden war, welche kanalisierend auf die Schüttungen des zweiten Zyklus zu wirken vermochte, wobei die Hauptschüttung in E Richtung südlich der Schwellenzone verlief, während das Gebiet N der Schwelle mehr oder weniger im Schüttungsschatten lag.

Bei Flaach-Andelfingen sind ebenfalls beide Sedimentationszyklen entwickelt. Vermutlich lag dieses Gebiet ebenfalls im Schüttungsschatten hinter einer schwachen Schwellenzone, die als Fortsetzung der Lägern nach E gedeutet werden kann und möglicherweise in die Albsteinschwelle der deutschen Westmolasse hinüber leitet; eine Vermutung, die bereits früher von F. HOFMANN (1957) geäußert wurde.

Die Gliederung der unteren Abteilung der OMM, des «Burdigalien», ist im ganzen Untersuchungsgebiet auffallend gleichförmig.

Die vier lithologischen Zonen: Basiskonglomerat, untere Sandsteinzone, Muschelsandstein und obere Sandsteinzone, sind fast überall entwickelt. Besonders der Muschelsandstein, der bereits früher mit der Oberen Seelaffe von St. Gallen korreliert wurde (U. P. BÜCHI, 1957), ist für weitere Parallelisationsfragen am Nordrand des Beckens von großer Bedeutung.

Besonders wichtig für die Korrelationsprobleme war der Nachweis einer Grobsandschüttung, die vor allem N der Lägern entwickelt ist. Beidseits der Lägern und zwischen Reuss und Seetal konnte eine Verzahnung zwischen dieser Grobsandschüttung und dem Muschelsandstein festgestellt werden. Bereits früher wurde von F. HOFMANN (1955) vermutet, daß der Randengrobkalk in die tiefere Abteilung der OMM, ins «Burdigalien», zu stellen sei. In den Grobkalk-Aufschlüssen des Kantons Schaffhausen, sowie in den untersuchten Grobkalk-Vorkommen bei Chalofen (Villnachern), Letzi bei Bözberg und Tennikerfluh, konnte nun das gleiche Grobsandmaterial nachgewiesen werden. Der Grobkalk kann somit zumindest sedimentpetrographisch mit dem Muschelsandstein des Gebietes zwischen Aarau und der Thur korreliert werden (siehe dazu auch die Ergebnisse der sedimentpetrographischen Untersuchungen).

Ein weiterer wertvoller Hinweis für die altersmäßige Beziehung Randengrobkalk/Muschelsandstein ergibt sich auch aus dem Fossilmaterial von den Lokalitäten Letzi und Tennikerfluh, wo der Grobkalk reichlich Seeigelmaterial führt. Infolge starker Rekristallisationsvorgänge ist eine nähere Bestimmung der Seeigel nicht möglich, doch läßt die Form der Querschnitte vermuten, daß es sich um Scutellen handelt, wie sie ja aus dem Muschelsandstein zwischen Wyna und Reuss bekannt geworden sind (U. P. BÜCHI, 1957).

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß die Grobkalk-, Grobsand-Muschelsandstein-Zone in drei Faziesbezirke gegliedert werden kann:

1. Nördliche Fazieszone, Vorwiegen des Randengrobkalkes

Diese Fazieszone darf als klassische Jurafazies des unteren Teils der OMM bezeichnet werden. Sie tritt überall dort auf, wo die OMM von keiner oder nur sehr spärlich entwickelter Unterer Süßwassermolasse unterlagert wird.

2. Mittlere Fazieszone, Vorwiegen des Grobsandes (Gebiet zwischen Lägern und Rhein)

Im gesamten mittleren Streifen überwiegt der Grobsand, doch tritt immer wieder, meist untergeordnet, in Wechsellagerung mit dem Grobsand, typischer Muschelsandstein auf. Besonders schön ist diese Verzahnung Muschelsandstein/Grobsand an der Anzfluh bei Turgi/Baden (Kt. Aargau) aufgeschlossen.

Profil Anzfluh

Quarzitnagelfluh, austernführend, im Bindemittel aufgearbeiteter Grobsand (Helvétien) . . .	6.00 m
Sandstein (Obere Sandsteinzone des «Burdigalien») . . .	2.00 m
Muschelsandstein und Grobsand, reich an Schalenrückständen . . .	3.00 m
Geröllhorizont (z. T. Jurakalkgerölle bis zu 4 cm Durchmesser, von Pholaden angebohrt), häufig austernführend . . .	0,20 m
Grobsand fossilfrei . . .	5.00 m
Grobsand mit ca. 10, bis 2 cm dicken, weißen Kalkmergelbändern . . .	0,30 m
Grobsand mit einzelnen bis 1 cm dicken, weißlichen Kalkmergelbändern, im unteren Teil kohlige Schlieren . . .	0,75 m
Muschelsandstein, geröllführend . . .	0,40 m
Mariner Knauersandstein, z. T. mit Linsen, reich an Mergelgallen (Untere Sandsteinzone des «Burdigalien») . . .	6,00 m
ca. 20 m tiefer stehen bereits bunte aquitane Mergelseries an	

Die burdigale Grobsandschüttung stammt auf Grund der sedimentpetrographischen Untersuchungen eindeutig aus E und kann als Vorläufer der Graupensandschüttung des Oberhelvétien und im weiteren Sinne auch der Glimmersandschüttung der OSM angesprochen werden.

3. Südliche Fazieszone mit Vorwiegen von Muschelsandstein (Gebiet S des Faltenjura)

In diesem Gebiet kann allgemein eine W—E gerichtete Schüttungstendenz aus dem Napfgebiet beobachtet werden, was sich in einer Abnahme der Geröllführung, sowie des Anteils von Scutellenschalenmaterial von W nach E äußert. Mindestens bis in das Gebiet der Thur kann eine deutliche Vorherrschaft der Napfschüttung festgestellt werden. Die starken Mächtigkeitsschwankungen des Muschelsandsteins, sowie Kreuzschichtung und Winkeldiskordanzen deuten darauf, daß S des heutigen Faltenjura die Ablagerung des Muschelsandsteins vorwiegend in einer dem Nordrand des Beckens mehr oder weniger parallel verlaufenden breiten Rinne erfolgte.

Im Gebiet des unteren Glattales verzahnt sich der typische Muschelsandstein mit einem Cardien-Sandstein, in welchem das Schalenmaterial praktisch ganz fehlt und nur noch die Steinkerne vorhanden sind.

Die Mächtigkeit der Grobkalk-, Grobsand-Muschelsandstein-Zone schwankt außerordentlich stark und erreicht Maximalwerte bis zu 50 m. Lokal bildet sie praktisch das gesamte «Burdigalien». Daraus darf wohl geschlossen werden, daß an jenen Stellen, wo sich die Mächtigkeit auf wenige Meter reduziert, dies einfach auf Drosselung der Materialzufuhr zurückzuführen ist. Ganz generell gesehen, umfaßt vermutlich diese Zone eine größere Zeitspanne, als aus den Mächtigkeiten allein geschlossen werden darf. Die Bildung von einem Meter typischen Muschelsandstein oder Grobkalk dürfte zeitlich wesentlich länger gedauert haben, als die Ablagerung von 1 m Sandstein der unteren oder oberen Sandsteinzone des «Burdigalien».

Die nachfolgenden Transgressionen der beiden helvetischen Zyklen, sowie die Schüttungen der Graupensandrinne haben teilweise das «Burdigalien» mehr oder weniger weitgehend ausgeräumt. Besonders im Gebiet des Rheins oberhalb der Thurmündung fehlt in einem mehrere Kilometer breiten Streifen das «Burdigalien» vollständig. An der Anzfluh (unmittelbar oberhalb Unterwil/Baden) reicht die Ausräumung des «Burdigalien» durch die helvetischen Transgressionen zum Teil bis auf den Muschelsandstein hinunter, indem die gesamte obere Sandsteinzone des «Burdigalien» fehlt.

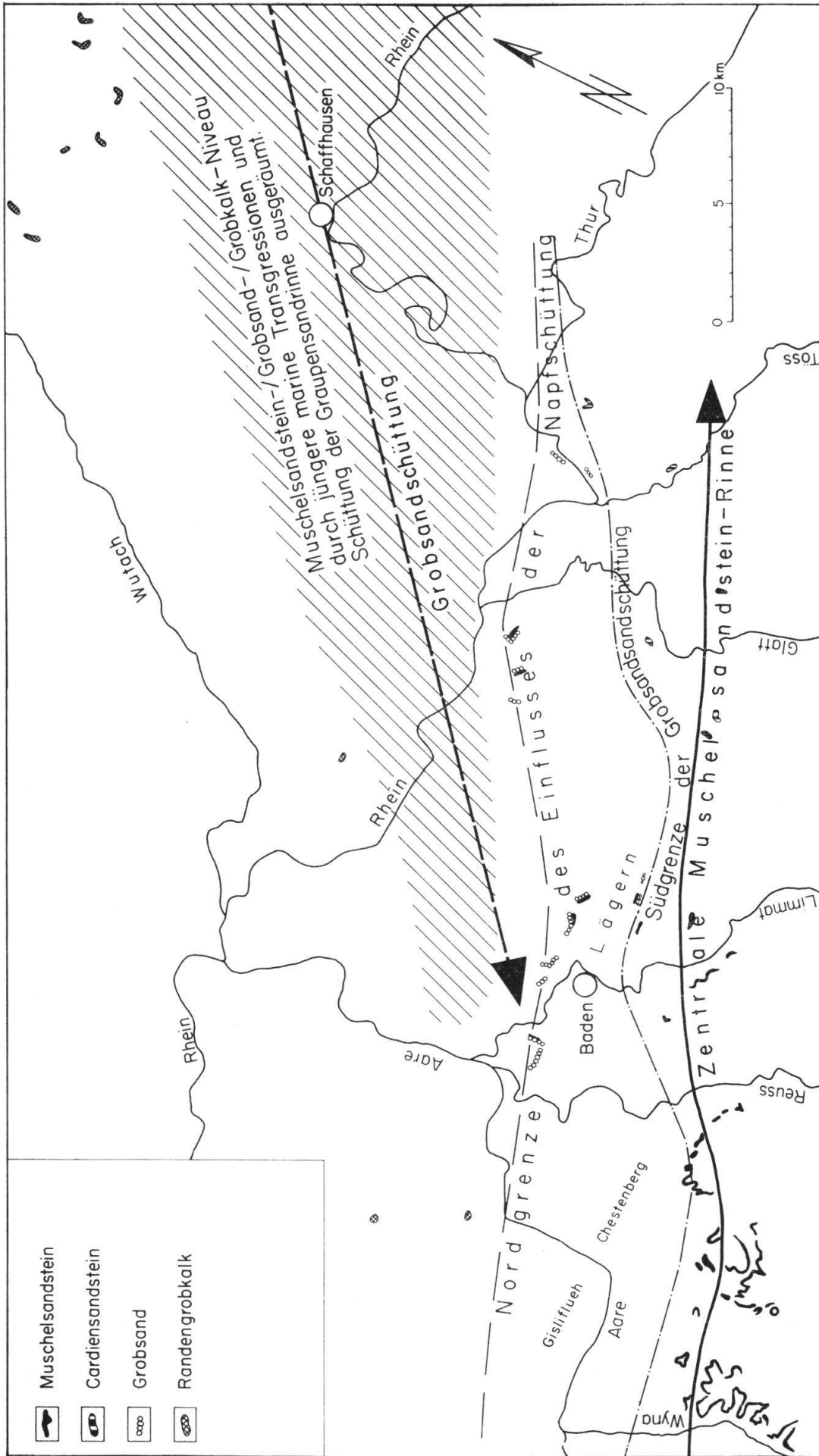


Fig. 1 — Übersicht über die Sedimentationsverhältnisse im unteren Teil der OMM des Beckennordrandes zwischen Aarau und Schaffhausen.

II. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Aus dem Untersuchungsgebiet wurde eine größere Zahl von Proben sedimentpetrographisch untersucht, wovon die wichtigsten Daten in Tabelle II zusammengestellt sind. Zur Abrundung des Bildes wurden einige Vergleichsproben herangezogen.

a) Fazilogische und lithologische Charakterisierung

1. Grobkalke des nördlichen Beckenrandes (nördliche Fazieszone)

Die typischen Vertreter dieser jurassischen Fazieszone sind die Randengrobkalke und deren Äquivalente im Gebiet des Aargauerjuras. Es handelt sich um stets mehr oder weniger grobsandführende Muschelagglomerate, die als Muschelschill außerhalb des direkten Einflußbereiches des südlichen, eigentlichen Molassebeckens abgelagert wurden und aus diesem nur sehr wenig klastische Materialzufuhr erhielten, wohl aber durch Grobsandschüttung aus dem Osten. Auf diese Weise entstanden Flachmeer- und Strandbildungen, die in der Regel direkt dem jurassischen Untergrund aufliegen. Im Gebiet des Schaffhauser Tafeljura (Randengebiet) sind es die Citharellen- und Sandkalke, weiter im Westen als klassische Vertreter die Muschelagglomerate der Tennikerfluh. Bei Tengen (Baden) enthalten die Sandkalke gelegentlich Glaukonit.

2. Grobsande der mittleren Fazieszone

Diese Grobsandhorizonte, die teilweise in Muschelsandsteinfazies übergehen, enthalten vorwiegend Grobsand über 0,6 mm und reichen granulometrisch meist in die Feinkiesfraktion über 2 mm hinein. Sie wurden durch marinen Strömungstransport abgelagert, der wegen der überdurchschnittlichen Korngröße sehr stark gewesen sein muß. Oft sind die Grobsande durch Kalkzement verkittet, nicht selten sind sie etwas glaukonitisch.

3. Gewöhnliche Sande, Sandsteine und Muschelsandsteine des südlichen Faziesgebietes

Alle diese mehr oder weniger sandigen Gesteine des eigentlichen Beckengebietes der OMM (siehe Fig. 1) enthalten keine nennenswerten Anteile von Grobsand über 0,6 mm. Sie wurden durch marinen Strömungstransport aus dem Napfgebiet nach NE und E verfrachtet. Die klassischen Vertreter dieses Ablagerungsgebietes sind die stets glaukonitischen Berner Sandsteine und deren Äquivalente, im Bodenseegebiet vor allem die Überlinger Heidenlöchersandsteine. Die darin auftretenden Muschelsandsteine sind Ablagerungen von strömungsverfrachtetem Muschelschill, analog den Seelaffen der St. Galler OMM (siehe Tabelle I).

4. Vergleichsproben

Untersucht wurden Grobsandhorizonte in der OMM des Bodenseegebietes der Gegend von Überlingen-Ludwigshafen, nämlich der glaukonitische und geröllführende Grobsand des Baltringerhorizontes, der altersgemäß der Dreilindennagelfluf der OMM von St. Gallen gleichzusetzen und sicher helvetisch ist (siehe auch Tabelle I und H. A. HAUS, 1950), und ein tieferer Grobsand vom Weierholz bei Ludwigshafen. Zum Vergleich diente auch der Graupensand von Wildensbuch-Benken am

Kohlfirst, der dem jüngsten Zyklus der OMM, der «Süßbrackwassermolasse» angehört (siehe auch K. LEMCKE, W. v. ENGELHARDT und H. FÜCHTBAUER 1953, H. FÜCHTBAUER 1954, 1955, F. HOFMANN 1955/57/59). Diese von H. KIDERLEN (1931) erkannte fluvia- tile Grobsandzufuhr aus dem Osten (Graupensandrinne) ist für die Interpretation der tieferen Grobsandvorkommen von besonderer Bedeutung. Zur Verfügung standen weiter zwei Proben von grobsandigen Derivaten helvetischer Quarzitnagelfluhen (Austernagelfluhen) der Napfschüttung.

b) Untersuchungsergebnisse

1. Grobkalke der nördlichen Fazieszone

Sämtliche Grobkalkvorkommen enthalten stets einen mehr oder weniger deutlichen Grobsandgehalt (bis über 2 mm Durchmesser), der im Gebiet der eigentlichen Randengrobkalke (Sandkalke) 50 Prozent übersteigen kann. Er nimmt gegen W stark ab, läßt sich aber noch in Vorkommen des Berner- und Neuenburger-Juras in sehr charakteristischer Weise erkennen. Der Granatgehalt der Schweremineralfraktion ist stets hoch. Der auftretende Epidot ist zum Teil primär in der Grobsandschüttung enthalten, stammt aber teilweise aus aufgearbeitetem OMM-Material und aus geringen seitlichen Zufuhren aus dem zentraleren Beckenteil. Da der Schweremineralgehalt in den mittelkörnigeren Sanden der Napfschüttung des Beckens erheblich größer ist als in den Grobsanden, können sich schon geringe Interferenzen aus dem Becken in der Schweremineralfraktion deutlich durch Epidoterhöhung auswirken. Geringe Zufuhren durch marine Strömung sind sehr wohl anzunehmen. Auffallend ist der meist hohe Apatitgehalt, der ebenfalls den genannten Zufuhren aus dem zentraleren Becken, z. T. aus aufgearbeiteter USM, entstammen kann. Besonders typisch sind die stets in kleinen Mengen, aber sehr charakteristischer Weise auftretenden großen Andalusite bis 0,6 mm Durchmesser (siehe auch A. v. MOOS, 1935, K. LEMCKE, W. v. ENGELHARDT und H. FÜCHTBAUER, 1953). In der Leichtmineralfraktion fallen vor allem rötliche, untergeordnet grünliche Quarzkörner auf, die stets in deutlicher Menge vorhanden sind. Die Quarzkörner sind um so besser gerundet, je größer sie sind, ein Effekt der Scheuerwirkung des marinen Strömungstransportes. Die gleichen Leicht- und Schwere- mineralien, insbesondere auch die rötlichen Quarze und die Andalusite, treten in völlig analoger Weise auch in den helvetischen Graupensanden der Süßbrackwassermolasse (SBM) auf (Benken-Wildensbuch, Riedern-Griessen), mit dem Unterschied, daß sich jedoch in den jungen Graupensanden der SBM keine Zumischung von Napfmaterial nachweisen läßt. Die überdurchschnittliche Korngröße der Andalusite hat zur Folge, daß dieselben vor allem in gröberen Sandvarietäten auftreten.

2. Grobsande der mittleren Fazieszone

Das Material dieser Grobsande ist völlig identisch mit jenem der Grobsande in den jurassischen Grobkalken. Sowohl granulometrisch, wie auch in Bezug auf die Leicht- und Schwerefraktion und besonders die grobsandspezifischen Mineralien (rötliche Quarze, Andalusit) stimmen die Grobsande beider Fazieszonen in jeder Beziehung überein. Es fällt auf, daß in der mittleren Fazieszone (Tabelle II) der Epidotgehalt gegen das eigentliche, zentrale Becken hin stark zunimmt. Auch hier genügte schon eine geringe Zumischung mittelkörniger Sande aus der Napfschüttung, um den Epidot- und Apatitgehalt der Schwerefraktion stark ansteigen zu lassen, ohne aber in der Leichtfraktion stark aufzufallen. Typisch für den Napfeinfluß sind auch die für

diese Sandzufuhr charakteristischen, geringen Anteile an blauen Hornblenden (Glaukophan). Die Zumischung von Napfmaterial in der mittleren Fazieszone war um so leichter möglich, als die Grobsandhorizonte in den mittelkörnigen marinen Sanden der Strömung aus dem Napfgebiet eingelagert sind und mit diesen interferieren. Die sedimentpetrographische Untersuchung zeigt, daß die Grobsande der mittleren Zone vollkommen identisch sind mit jenen der jurassischen Grobkalkzone und mit den Graupensanden der jungen Süßbrackwassermolasse und deshalb wie diese aus dem Osten stammen müssen.

Tabelle II

Vergleichende sedimentpetrographische Untersuchungsdaten

	Nr.	Grob- sand	Rote Quarze	Granat	Epidot	Stauro- lith	Dis- then	Apatit	Zirkon	Rutil	Horn- blende	Tur- malin	Anda- lusit
Grobkalk	1	+	+	51	10	+	+	26	7	5	—	+	+
	2	+	+	42	10	2	—	30	8	4	—	2	+
	3	+	+	41	9	1	+	39	4	+	—	5	+
	4	+	+	54	3	3	+	35	4	+	—	+	—
	5	+	+	85	2	6	+	2	4	+	—	+	—
Grobsandhorizonte des unteren Abschnitts der mittelländ. OMM	6	+	+	79	4	3	+	9	4	+	+	+	—
	7	+	+	62	2	3	+	16	13	+	+	3	—
	8	+	+	49	20	+	—	11	16	3	+	+	+
	9	+	+	38	30	1	+	19	10	1	+	+	+
	10	+	+	43	15	+	+	23	10	2	—	6	+
	11	+	+	42	19	1	1	29	+	2	+	5	+
	12	+	+	48	21	2	—	22	2	3	+	2	+
	13	+	+	39	9	3	—	38	21	+	—	—	+
	14	+	+	26	49	1	—	20	+	3	+	+	—
	15	+	+	64	5	+	+	28	+	1	+	1	+
16	+	+	36	24	2	—	25	7	4	+	1	+	
Gewöhnliche Sande und Sandsteine des Burdigal	17	—	—	68	8	4	—	15	2	+	—	2	—
	18	—	—	47	8	1	—	33	4	1	+	5	—
	19	—	—	47	20	+	—	27	5	—	+	5	—
	20	—	—	31	55	1	+	9	3	—	+	+	—
	21	—	—	30	58	—	—	11	+	+	+	+	—
	22	—	—	33	48	+	—	17	—	+	1	+	—
	23	—	—	24	61	+	—	17	+	+	+	+	—
	24	—	—	22	69	+	—	7	+	+	+	+	—
Vergleichs- proben	25	+	+	68	29	+	+	2	—	—	+	+	+
	26	+	+	40	40	5	—	6	5	—	+	2	+
	27	+	+	69	9	2	2	6	7	+	—	2	+
	28	+	—	70	25	1	+	3	+	+	+	+	—
	29	+	—	62	33	+	+	4	+	+	+	—	—

+ bedeutet: wesentlicher Gehalt für die Kolonnen «Grobsand» und «Rote Quarze», beziehungsweise unter 1 % für die Schwerminerale-Kolonnen.

Legende zu Tabelle II

- 1 Wiechs, Baden. Koord. 690'200/293'650. Randengrobkalk. Steinbruchbetrieb.
- 2 Barga SH, Im Löli. Koord. 688'450/293'700. Randengrobkalk. Aufgelassene Steinbrüche.
- 3 Buchberg, SW Merischausen SH. Koord. 687'500/289'400. Randengrobkalk.
- 4 Villnachern-Chalofen. Koord. 553'730/258'660. Grobkalk.
- 5 Tennikerfluh. Koord. 628'510/254'570. Muschelagglomerat.
- 6 Rüdlingen SH. Koord. 685'020/269'920. Durch kalkiges Bindemittel verfestigter Grobsand, eingelagert in normalem, schwach glaukonitischem Sandstein.
- 7 Rhein, linkes Ufer, ca. 1½ km oberhalb Tössegg ZH. Koord. 685'020/268'365. Schwach verfestigter, glaukonitischer Grobsand, Grobsandgehalt über 1 mm relativ klein.
- 8 Zweidlen. Koord. 677'240/268'110. Relativ stark kalkig verfestigter, nicht glaukonitischer Grobsand.
- 9 Zweidlen, wie Nr. 8. Unverfestigter, brauner, mittelkörniger Grobsand.
- 10 Weiach. Koord. 675'870/267'360. Stark kalkig verfestigter, heller, nicht glaukonitischer Grobsand.
- 11 Rütschenholz-Lägern. Koord. 670'330/258'280. Stark kalkig verfestigter, schwach glaukonitischer Grobsand.
- 12 Haselbuck. Koord. 667'580/260'315. Stark kalkig verfestigter, kaum glaukonitischer Grobsand.
- 13 Ennetbaden. Koord. 665'640/260'245. Stark kalkig verfestigter, nicht glaukonitischer Grobsand.
- 14 Ober-Siggental. Koord. 664'430/260'420. Stark kalkig verfestigter, nicht glaukonitischer, mittelkörniger Grobsand.
- 15 Anzfluh. Koord. 662'100/259'350. Etwas kalkig verfestigter Grobsand, nicht glaukonitisch.
- 16 Gebensdorferhorn. Koord. 661'375/259'010. Stark kalkig verfestigter, nicht glaukonitischer Grobsand.
- 17 Rüdlingen SH. Koord. 685'045/270'070. Kalkig verfestigter Sandstein aus der Zone des Basis-konglomerates der OMM.
- 18 Dielsdorf. Koord. 677'060/258'720. Glaukonitischer Cardiensandstein.
- 19 Würenlos. Muschelsandsteinbruch. Koord. 669'300/255'740. Typischer aargauischer Muschelsandstein. Glaukonitisch.
- 20 Müllern-Wettingen. Koord. 668'370/257'670. Muschelsandstein. Kaum glaukonitisch.
- 21 Ammerswil-Herrliberg. Koord. 658'725/246'910. Glaukonitischer, schwach verfestigter Sand des unteren Abschnittes der OMM. Typus Berner-Ueberlingen Sandstein.
- 22 Lenzburg-Wildenstein. Steinbruch. Koord. 656'750/247'500. Scutellenführender Muschelsandstein.
- 23 Egliswil. Koord. 656'310/245'050. Glaukonitischer, schwach verfestigter Sand wie Nr. 21.
- 24 Wilmatten. Koord. 655'500/246'020. Glaukonitischer Sandstein der Burdigalbasis, wie Nr. 21 und 23.
- 25 NE Überlingen/Bodensee. Koord. 733'300/294'350, Weiher an der Straße Überlingen-Lippertsreute. ± glaukonitischer, kaum verfestigter Grobsand des Baltringerhorizontes.
- 26 Weiherholz NE Ludwigshafen/Bodensee. Kalkig verfestigter Grobsand.
- 27 Quarzsandgrube Wildensbuch ZH. Koord. 693'000/278'200. Graupensand des Helvétien, oberster Abschnitt der OMM.
- 28 Windlach. Koord. 677'800/266'860. Schlecht sortierter, etwas verfestigter, grobsandführender Sandstein des Helvétien. Derivat einer Austernagelflugh.
- 29 Siggingen. Koord. 662'240/261'450. Helvétien, wie Nr. 28.

3. Sande, Sandsteine und Muschelsandsteine des südlichen Faziesgebietes

Das Material der südlichen Fazieszone, also des eigentlichen zentralen Beckens der OMM enthält nur mittelkörnige Sande, die stets deutlich glaukonitisch sind. Sie entstammen fast ausschließlich der Napschüttung (F. HOFMANN, 1957/59); lediglich in der nördlichen Grenzzone deutet der geringe Epidotgehalt auf mittelkörnige Sandzuführen, die z. T. der Grobsandschüttung aus dem Osten entstammen können. Grobsandanteile fehlen stets, und vor allem lassen sich weder rötliche Quarzkörner noch Andalusite nachweisen, während der Epidotgehalt gegen S immer höher wird. Gleichzeitig sind mit steigendem Epidotanteil auch die blauen Hornblenden immer deutlicher vertreten. Die Variationen im Epidot-Apatit-Verhältnis dürften wesentlich auf

natürliche Flotationserscheinungen zurückzuführen sein. Ein Teil des Apatits stammt vermutlich aber auch aus aufgearbeiteter unterer Süßwassermolasse.

4. Vergleichsproben

Die Grobsandvorkommen des Baltringerhorizontes bei Überlingen (Nr. 25) und von Ludwigshafen (Nr. 26) zeigen die Charakteristiken der östlichen Zufuhr (rote Quarze, Andalusit), daneben einen relativ hohen Epidotgehalt, der vor allem durch Aufarbeitung aus mittelkörnigen Sanden der Napfschüttung erklärbar ist, in die diese Grobsande eingelagert sind.

Die Graupensande der Süßbrackwassermolasse von Wildensbuch-Benken (Nr. 27) unterscheiden sich, wie bereits betont, nicht von den älteren Grobsanden (rote Quarze, Andalusit). Der geringe Epidot- und Apatitgehalt zeigt die fehlende Zumischung von Napfmaterial, was geologisch leicht erklärlich ist, da die Graupensande durch eine fluviatile Rinne aus dem Osten hertransportiert wurden und erst in der Nordschweiz ins Meer mündeten. In der Gegend von Schaffhausen sind sie zwangsläufig noch völlig reinrassig.

Die grobsandartigen Napfgesteine aus dem Helvétien (Nr. 28 und 29) sind granulometrisch schlecht sortiert. Der Grobsandanteil ist relativ klein, und vor allem fehlen sowohl rote Quarze wie Andalusite. Es sind Derivate der quarzitführenden Austernagelfluhen. Die direkte Abstammung davon dürfte auch verantwortlich dafür sein, daß die Granate und Epidote extrem groß sind.

c) Interpretation der sedimentpetrographischen Daten

Die Grobsande in den jurassischen Grobkalken und im mittleren Faziesgebiet des nördlichen, schweizerischen Molassebeckens stammen, wie die Graupensande der jungen, helvetischen Süßbrackwassermolasse, aus dem Osten, woher sie durch fluviatilen, fluviomarinen und marinen Strömungstransport aus einem nicht näher bekannten Einzugsgebiet angeliefert wurden. Die sedimentpetrographische Identität der älteren und jüngeren Grobsande der nördlichen OMM, insbesondere der Leitminerale (rote Quarze, Andalusit) und die Korngrößenverhältnisse bestätigen die schon früher ausgesprochene Vermutung, daß diese Sandzufuhr aus dem Osten schon sehr früh begann (F. HOFMANN, 1956, 1957). In der Tat belegen die Verhältnisse in der Nordschweiz die Tatsache, daß die Grobsandschüttung aus dem Osten schon bald nach dem Beginn der marinen Burdigaltransgression der OMM einsetzte. Grobkalkvorkommen auf dem westschweizerischen Jura, die mituntersucht wurden, aber meist keine auszahlbaren Schwerefraktionen mehr lieferten, zeigen, daß der marine Grobsandtransport weit nach Westen reichte (Tourbière de Chaux d'Abel und Combe des Enfers/Crêt du Locle, Kt. Neuenburg, mit relativ hohem Epidotgehalt durch vermutlichen Napfeinfluß, aber auch roten Quarzen und Andalusit). In diesem Zusammenhang gewinnt das von R. F. RUTSCH und A. v. MOOS (1942) beschriebene Grobsandvorkommen auf der Montagne du Droit im Berner Jura erneutes Interesse; die von den beiden Autoren publizierten Daten lassen es als wahrscheinlich erachten, daß auch dieser Grobsand mit den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Vorkommen in Beziehung steht.

Der eigentliche, zentralere Beckenteil der schweizerischen OMM wird im unteren Abschnitt («Burdigalien»), aber auch in den oberen Zyklen, von der Napfschüttung beherrscht, die durch marinen Strömungstransport das klastische Material zuführte (siehe auch F. HOFMANN, 1959). Gegen Norden geht dieses südliche Sedimentations-

gebiet mit relativ scharfer Grenze in die mittlere Fazieszone über, wo die Napfschüttung mit der Grobsandschüttung aus dem Osten interferiert.

Vermischungen, Erosions-, Aufarbeitungs- und Interferenzerscheinungen spielten im marinen Sedimentationsmilieu eine große Rolle und bewirkten sehr komplexe Verhältnisse.

Von großem Interesse ist für die Deutung der Herkunft der ost-westlichen Grobsandschüttung die Tatsache, daß in den kurzfristig auftretenden Grobsandhorizonten der Glimmersandschüttung zur Zeit der Konglomeratstufe der oberen Süßwassermolasse keine rötlichen Quarze und auch keine Andalusite auftreten, weshalb für das Glimmersandstromsystem (ebenfalls mit bedeutender Sandzufuhr aus dem Osten) ein anderes Einzugsgebiet anzunehmen ist.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß die Randengrobkalke sich sedimentpetrographisch in jeder Hinsicht mit den Grobsanden der mittleren, beschriebenen Fazieszone parallelisieren lassen, die wiederum direkt mit den Muschelsandsteinen der aargauischen OMM verknüpft sind. Auch aus allgemein geologischen, lithologischen, sedimentologischen und ablagerungstechnischen Gründen lassen sich die Randengrobkalke und deren westliche Äquivalente am vernünftigsten mit den «burdigalen» Muschelsandsteinen und Grobsanden des Aare- und Hochrheingebietes verbinden. Im Gegensatz zum Baltringerhorizont bei Ueberlingen (H. A. HAUS, 1950) enthält keines der Grobkalkvorkommen irgendwelche Gerölle vom Charakter der Austernnagelfluhen (Napfschüttung). In gleicher Weise fehlen auch im eigentlichen Becken und in der Grobsandzone des «burdigalen» Abschnittes der OMM eingelagerte Quarzitnagelfluhen, die für die oberen, eigentlichen Helvétien-Zyklen so charakteristisch sind (siehe Tabelle I). Die neuen geologischen Untersuchungen in der OMM des Kantons Schaffhausen und der angrenzenden badischen Gebiete werden weiteres Unterlagenmaterial beibringen, das belegt, daß die Randengrobkalke älter als die helvetischen Sedimentationszyklen sind (F. HOFMANN, in Vorbereitung).

Es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß Teile des schweizerischen «Burdigalien» in der Tat zum Helvétien gehören, das stratigraphisch-paläontologisch vielleicht besser belegt ist. Die vorliegenden und im Gange befindlichen Untersuchungen tendieren auf alle Fälle immer stärker im Sinne einer Bestätigung der Konzeption von H. KIDERLEN (1931), die von F. HOFMANN (1955) wieder aufgegriffen wurde. Demnach erscheint die sedimentationszyklische Einteilung der schweizerischen OMM in «Burdigalien» und «Helvétien» mehr und mehr problematisch.

III. Zusammenfassung

1. Am Nordrand des unteren Abschnittes der schweizerischen, oberen marinen Molasse («Burdigalien») können drei Fazieszonen unterschieden werden: jurassische Randengrobkalke und deren westliche Äquivalente, eine mittlere Grobsandzone und die südlich anschließende zentralere Beckenzone mit eingelagerten Muschelsandsteinen.

2. Die Grobsande in den molassischen Muschelablagerungen (Grobkalken) auf dem Tafeljura und in der mittleren Grobsandzone wurden, wie die Graupensande der jüngsten OMM (Süßbrackwassermolasse) aus Osten angeliefert. Demgegenüber entstammen die Sande im zentralen Beckenteil und die darin eingelagerten Muschelsandsteine marinem Strömungstransport aus der Napfschüttung mit Transportrichtung West—Ost. Im Gebiet der mittleren Fazieszone (Grobsandzone) lassen sich die Inter-

ferenzerscheinungen der beiden entgegengesetzten Schüttungen sehr deutlich nachweisen.

3. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, daß die Randengrobkalke und deren westliche Äquivalente mit den aargauischen Muschelsandsteinen und den diesen entsprechenden nördlicheren Grobsanden gleichaltrig sind. Die heutige Aufteilung der schweizerischen Oberen Meeresmolasse in «Burdigalien» und «Helvétien» erscheint revisionsbedürftig.

Literatur-Verzeichnis

- Brandenberger, E.* (1925): Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse des östlichen Aargau. — *Eclogae geol. Helv.* XIX/3.
- von Braun, E.* (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hoahrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau. — *Eclogae geol. Helv.* 46/2.
- Büchi, U. P.* (1956): Zur Geologie der Oberen Meeresmolasse von St. Gallen. — *Eclogae geol. Helv.* 48/2.
- (1957): Zur Gliederung des Burdigalien im Kanton Aargau. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.*, Vol. 23, No. 65.
- (1958): Zur Geologie der Oberen Süßwassermolasse zwischen Töss und Glattal. — *Eclogae geol. Helv.* 51/1.
- (1959): Zur Geologie der Molasse zwischen Reuss und Seetal. — *Eclogae geol. Helv.* 51/2.
- Büchi, U. und Hofmann, F.* (1945): Die obere marine Molasse zwischen Sitter-Urnäsch und dem Rheintal. — *Eclogae geol. Helv.* 38/1.
- Füchtbauer, H.* (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. — *Heidelb. Beitr. Min. Petr.* 4.
- (1955): Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. — *Ztschr. deutsche Geol. Ges.*, Jg. 1953, 105/3.
- Haus, H. A.* (1950): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetrogs im Bodenseegebiet während des mittleren Miozäns. — *Mitt. bad. geol. Landesanst.* 1950.
- Hofmann, F.* (1955): Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol. Geol. u. Ing.* 22/62.
- (1956): Die obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau. — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol. Geol. u. Ing.* 23/64.
- (1957): Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.* 50/2.
- (1959): Materialherkunft, Transport und Sedimentation im schweizerischen Molassebecken. — *Jb. st. gall. naturw. Ges.* 76.
- (1960): Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süßwassermolasse der Nord- und Nordostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.* 53/1.
- Kiderlen, H.* (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. — *Neues Jb. f. Min. usw. Beilageband* 66/B.
- Lemcke, K., v. Engelhardt, W., Füchtbauer, H.* (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. — *Beih. Geol. Jb.* 11 (Hannover).
- v. Moos, A.* (1935): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 15.
- Mühlberg, F.* (1904): Erläuterungen zur geologischen Karte des unteren Aare-, Reuss- und Limmatales (Spezialkarte No. 31 der geol. Karte der Schweiz 1904). — *Eclogae geol. Helv.* VIII/5.
- (1905): Erläuterungen zur geologischen Karte der Lägernkette 1 : 25 000 (Spezialkarte Nr. 25 der geol. Karte der Schweiz). Sept. 1902 und 1905.
- Notz, R.* (1924): Geologische Untersuchungen an der östlichen Lägern. — *Diss. Zürich* 1924.
- Rutsch, R. F., v. Moos, A.* (1942): Ein Quarzsandvorkommen auf der Montagne du Droit bei Sonceboz (Berner Jura). — *Eclogae Geol. Helv.* 35/2.
- Schalch, F.* (1916): Erläuterungen zu Blatt Wiechs-Schaffhausen (Geol. Spezialkarte des Großherzogtums Baden No. 145), 1916.
- Senftleben, G.* (1923): Beiträge zur geologischen Erkenntnis der West-Lägern und ihrer Umgebung. — *Inaug. Diss. Zürich* 1923.
- Suter, H.* (1939): Geologie von Zürich. — *Naturk. Ver. Lehrervereins und Geol. Ges. Zürich.*