

Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz

Autor(en): **Hofmann, Franz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **50 (1957)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162218>

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.

Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz*)

Von **Franz Hofmann**, Schaffhausen

Mit 2 Figuren und 8 Tabellen im Text

Einleitung

Die nachstehend dargestellten Untersuchungen dienten vor allem dazu, zu versuchen, die Probleme des Zusammenwirkens der Schüttungssysteme und der Sedimentation im Gebiet der ostschweizerischen Molasse vom Beginn der aquitanen untern Süsswassermolasse bis zum Ende der Molassezeit abzuklären. Dazu wurden vor allem sedimentpetrographische Untersuchungen durchgeführt. Es war sehr wertvoll, auf früher publizierte schwermineralogische Daten aus dem Untersuchungsgebiet zurückgreifen zu können, insbesondere auf die Arbeiten von A. VON MOOS (1935), K. KLEIBER (1937), H. H. RENZ (1937 a), H. TANNER (1944) und K. HABICHT (1945 a). Die neu angewandten Untersuchungsverfahren erlaubten es, auch diese älteren Daten weitgehend neu zu interpretieren und auszuwerten. Sehr wertvoll waren auch die in den genannten Arbeiten enthaltenen geröllstatistischen Angaben.

Sedimentpetrographische Untersuchungsmethodik

Die zu untersuchenden Sandsteinproben wurden unter Schonung der Körner zerdrückt und – in Anlehnung an die Methodik von H. FÜCHTBAUER – durch Kochen mit 10%iger Essigsäure vom Karbonatanteil befreit. Der Aufschluss mit Essigsäure anstelle von Salzsäure erwies sich als sehr wichtig, weil dadurch der Apatit erhalten bleibt, der sich gerade in der untern Süsswassermolasse als sehr wichtig für die Interpretation der Resultate erwies. Auch bei der Behandlung der Proben mit kalter, stark verdünnter Salzsäure wird der Apatit weitgehend eliminiert.

Zur Untersuchung wurde die Fraktion 0,06–0,4 mm verwendet, wodurch sich die nachstehend beschriebenen Resultate direkt mit den auf identische Weise gewonnenen Daten von H. FÜCHTBAUER aus der süddeutschen Alpenvorlandsmolasse vergleichen lassen.

Bei Vergleichen mit Angaben früherer Autoren ist die jeweils gewählte Kornfraktion, an der die Schwermineralbestimmungen durchgeführt wurden, zu berücksichtigen. VON MOOS und RENZ verwendeten die Fraktion 0,1–0,2 mm,

*) Erweiterte Fassung eines gleichnamigen Referates, gehalten an der 73. Generalversammlung der Schweiz. Geol. Ges., Neuenburg, 22. Sept. 1957.

TANNER jene von 0,08–0,2 mm; HABICHT untersuchte die Fraktionen 0,05–0,1 mm und 0,1–0,2 mm getrennt.

Während z. B. Granat meist in den gröbern Fraktionen angereichert ist, findet man Zirkon, Rutil und Erz eher in den feinen Anteilen; dies gilt oft auch für Epidot. Bei den Daten von HABICHT (1945 a) und RENZ (1937 a) kommen diese Einflüsse deutlich zur Geltung. Auch für die Leichtmineralien gelten ähnliche Regeln, die aber in allen Fällen für Sande verschiedener Herkunft verschieden sein können.

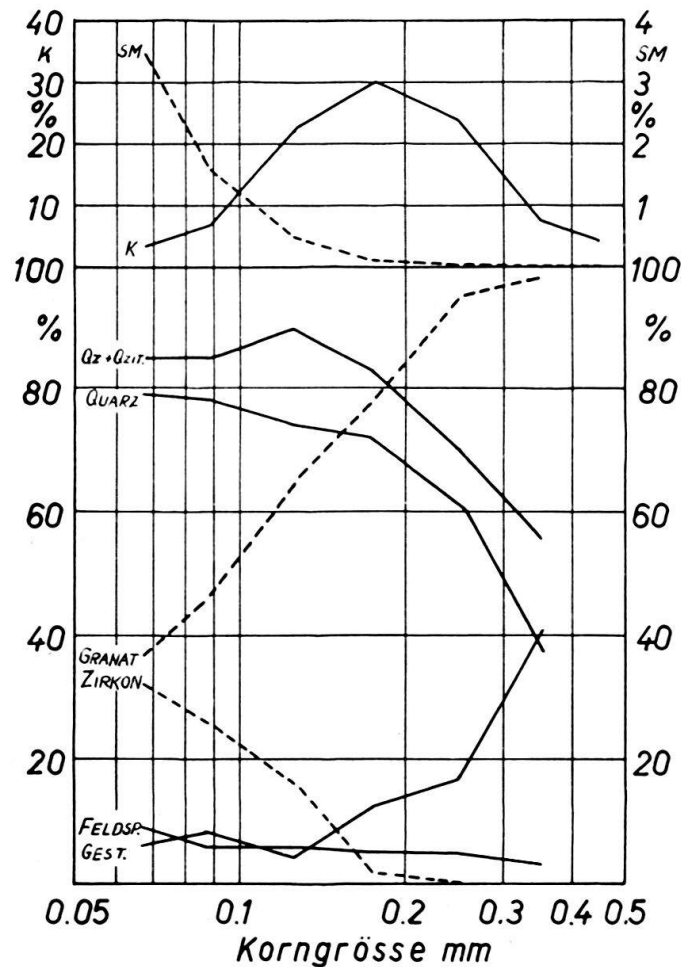


Fig. 1 Beziehungen zwischen Kornverteilung und Mineralbestand eines Sandes der Bodenseeschüttung, obere Süßwassermolasse (Probe Nr. 57, Tab. V, Tannenbergl NW St. Gallen). Oberer Teil des Diagramms: K = Kornverteilungskurve des karbonatfreien Sandes, ohne Schlammstoffe. SM = Prozentualer Gehalt des karbonatfreien Sandes an Schwermineralien in Funktion der Korngrösse.

Unterer Teil des Diagramms: Mineral-Auszählergebnisse in Funktion der Korngrösse. Qz. + Qzit. = Quarz + Quarzit; Feldsp. = Feldspat; Gest. = Gesteinstrümmer.

Figur 1 zeigt am Beispiel eines Sandes der Bodenseeschüttung aus der oberen Süßwassermolasse von St. Gallen einige, für dieses Material geltende Beziehungen zwischen Körnung, Schwermineralgehalt und Verteilung der Schwere- und Leichtmineralien in den verschiedenen Kornfraktionen. Während bei den Sanden dieser Schüttung die Schwermineralien vor allem in den Anteilen unter 0,1 mm vor-

kommen, kann dies z. B. bei den granitischen Sandsteinen gerade umgekehrt sein: die bei diesen Gesteinen abgetrennten Schweremineralien sind oft sehr grobkörnig.

Diese Beobachtungen dürften zeigen, dass der für die vorliegende Arbeit gewählte Korngrössenbereich von 0,06–0,4 mm für repräsentative Schwere- und Leichtmineraluntersuchungen zweckmässiger ist als die oft verwendeten engen Fraktionen. Die mittlere Korngrösse zahlreicher natürlicher Sande liegt über 0,15 mm, häufig zwischen 0,2 und 0,3 mm.

Die Schweremineralien wurden mit Bromoform abgetrennt. Bei einem Teil der untersuchten Proben wurden auch die Leichtmineralien ausgezählt, um bestimmte Unterschiede noch deutlicher unterstreichen zu können. Es wurde unterschieden in «Quarz» (Einkristallkörner), «Quarzit» (Körner aus mikrokristallinen Quarzkristallaggregaten, silix-chalcedonartig), «Feldspat» (Orthoklas + Plagioklas) und «Gesteinstrümmer» (silikatische Trümmer). Bei karbonatreichen Gesteinen ist zu berücksichtigen, dass nebst diesen ausgezählten, säureunlöslichen Körnern die Karbonatkörner eine bedeutende Rolle spielen und bei der Interpretation des Leichtmineralbestandes berücksichtigt werden müssen.

Als sehr wichtig erwiesen sich Karbonatbestimmungen, die an sämtlichen untersuchten Proben durchgeführt wurden. Es wurde mit dem Passonapparat und verdünnter Salzsäure (2 Teile HCl, 1 Teil Wasser) gearbeitet. Dabei kann sofort festgestellt werden, ob die Probe rein kalkig oder stark dolomitisch ist: der Kalkanteil reagiert sofort, der Dolomitanteil nur sehr langsam. Für die vorliegenden Untersuchungen genügte eine einfache Klassierung der Art der Karbonate (siehe Tabellen). Für Detailuntersuchungen dürfte die genaue Erfassung des Kalk-Dolomit-Verhältnisses weitere diagnostisch wertvolle Unterlagen liefern.

An einzelnen Proben wurden Schlämm- und Siebanalysen und Kornformbestimmungen (HOFMANN, 1956 b), an verschiedenen marinen Proben auch Bestimmungen des Glaukonitgehaltes vorgenommen.

Inbesondere die über die Schweremineralbestimmungen hinausgehenden zusätzlichen Untersuchungen ermöglichten in vielen Fällen erst eine Unterscheidung verschiedener Schüttungen. Die Schwierigkeiten früherer Autoren, ihre Schweremineraluntersuchungen zu interpretieren, sind vor allem darauf zurückzuführen, dass keine darüber hinausgehenden Untersuchungsmethoden angewandt wurden, aber auch auf die erwähnte Aufbereitung mit Salzsäure und die Wahl ungeeigneter Korngrössenintervalle.

I. UNTERE SÜSSWASSERMOLASSE (USM), OBERER TEIL (± AQUITANIEN)

Obwohl in der vorliegenden Arbeit das Hauptgewicht auf das Studium der postaquitanen Schüttungsverhältnisse gelegt wurde, erwies es sich als wichtig, auch in der unteren Süsswassermolasse (USM) Untersuchungen durchzuführen. Dadurch konnte die Entwicklung der miozänen Sedimentation von unten her erfasst werden, und zugleich ergaben sich interessante Einblicke in die Materialzufuhrsysteme des oberen Teiles der USM.

In der Ostschweiz lassen sich im Aquitanien drei grosse Schuttfächer nachweisen, von W nach E jene der Hohen Rone, des Kronbergs und des Gäbris. Die

vorliegenden Untersuchungsergebnisse dienen vor allem der Abklärung der Zusammenhänge zwischen diesen Fächern, die heute tektonisch im wesentlichen in den südfallenden Komplexen der subalpinen Molasse liegen, und den zeitlich äquivalenten, fast geröllfreien USM-Komplexen der äusseren Zone, d.h. des Nordschenkels der äusseren Antiklinale (A_1) der subalpinen Molasse, die vor allem auch die interessanten Vorkommen des granitischen Sandsteines enthalten.

A. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Die sedimentpetrographischen Untersuchungen erstreckten sich über das Gebiet des Gäbrisschuttfächers, des granitischen Sandsteins zwischen Zugersee und Rhein und die übrigen Ablagerungen der oberen USM im Nordschenkel der äusseren Antiklinale der subalpinen Molasse (A_1) im Gebiet des östlichen Appenzellerlandes. Für die westlichen Gebiete der st. gallisch-appenzellischen, subalpinen Molasse liegen zahlreiche Schweremineraleuntersuchungen von HABICHT vor, nebst einzelnen Daten von TANNER. Für das Gebiet der Hohen Rone finden sich Angaben bei KLEIBER, und im E führte RENZ wertvolle Untersuchungen durch. Bei allen diesen Autoren finden sich auch entsprechende Geröllzählungen. Die sedimentpetrographischen Untersuchungsergebnisse des Verfassers in der USM sind in den Tabellen I und II dargestellt.

TABELLE I

Sedimentpetrographische Untersuchungsergebnisse aus der untern Süsswassermolasse der Ostschweiz, Gäbris-Hörnlichüttung

| Nr. | | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Erz | Hornblende | Turmalin | Quarz | Quarzit | Feldspat | Gesteinstrümmer | Karbonat-gehalt % | Art der Karbonate | |
|------------------------|----|-------------------------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|-----|------------|----------|-------|---------|----------|-----------------|-------------------|-------------------|------|
| Gäbriszone | 1 | Sandstein aus Nagelfluh | 8 | 75 | 1 | — | 6 | 2 | + | 7 | — | 1 | | | | 34.3 | D>>K | |
| | 2 | Mergelsandstein | 24 | 55 | + | — | 6 | + | + | 14 | — | + | | | | 54.3 | D>>K | |
| | 3 | plattiger Sandstein | 31 | 40 | + | — | 10 | 3 | 2 | 12 | — | 2 | | | | 51.6 | D>>K | |
| | 4 | massiger Sandstein | 19 | 73 | — | — | 7 | + | — | 8 | — | 2 | | | | 34.2 | D>>K | |
| | 5 | plattiger Sandstein | 37 | 8 | 2 | — | 17 | 5 | 3 | 24 | 1 | 3 | 52 | 28 | 7 | 5 | 57.0 | D>K |
| | 6 | plattiger Sandstein | 28 | 7 | 4 | — | 38 | 5 | 6 | 18 | + | 1 | 49 | 30 | 14 | 17 | 64.0 | D>K |
| | 7 | Sandstein aus Nagelfluh | 6 | 30 | 1 | — | 45 | 4 | 2 | 7 | — | 5 | | | | | 16.6 | D>K |
| | 8 | Nagelfluhbindemittel | 44 | 4 | 2 | — | 2 | 6 | 4 | 35 | — | — | 46 | 19 | 15 | 20 | 55.6 | D>>K |
| | 9 | Sandstein aus Nagelfluh | 36 | 2 | 6 | — | 27 | 7 | 8 | 13 | — | + | 60 | 28 | 7 | 5 | 61.6 | D>>K |
| Nordschenkel der A_1 | 10 | Mergelsandstein | 4 | 80 | 1 | — | 9 | 1 | + | 4 | — | — | 42 | 13 | 22 | 23 | 58.0 | D>K |
| | 11 | Sandmergel | 2 | 90 | + | — | 2 | — | + | 5 | — | + | | | | | 28.8 | D>K |
| | 12 | Sandstein aus Nagelfluh | 2 | 74 | — | — | 2 | 1 | + | 20 | — | — | | | | | 42.3 | D>K |
| | 13 | harter Sandstein | 6 | 82 | — | — | 5 | 2 | — | 4 | — | — | 41 | 11 | 16 | 32 | 52.0 | D>K |
| | 14 | Mergelsandstein | 8 | 64 | + | — | 17 | + | + | 8 | — | + | | | | | 45.2 | D>K |
| | 15 | Mergelsandstein | 11 | 59 | 1 | — | 2 | + | + | 23 | — | 2 | | | | | 57.8 | D>K |
| | 16 | Mergelsandstein | 12 | 20 | 2 | + | 23 | 3 | 4 | 34 | — | 2 | | | | | 45.8 | D>K |
| | 17 | Mergelsandstein | 24 | 36 | — | — | 16 | — | — | 20 | — | 2 | | | | | 48.0 | D>K |
| | 18 | harter Sandstein | 48 | 12 | 2 | — | 14 | + | 4 | 18 | — | 2 | | | | | 60.5 | D>K |
| | 19 | harter Sandstein | 50 | 9 | — | — | 8 | 6 | 5 | 21 | — | + | | | | | 60.0 | D>K |
| | 20 | massiger Sandstein | 55 | 7 | — | — | 2 | 8 | 2 | 24 | — | 1 | 33 | 18 | 10 | 39 | 50.0 | D>K |

B. Interpretation der sedimentpetrographischen Untersuchungen

Tabelle II zeigt einen wesentlichen Unterschied in der Zusammensetzung der *granitischen Sandsteine* gegenüber den übrigen Gesteinen der USM (Tabelle I).

Frühere Autoren (LUDWIG, RENZ, BÜCHI) interpretierten den granitischen Sandstein als schüttungsfernes Ablagerungsprodukt des Gäbris- und des Kronbergschuttfächers. Diese Annahme lässt sich aber auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht mehr aufrechterhalten:

Während die Sandsteine der Gäbrisschüttung karbonatreich, apatitreich und schon makroskopisch gesehen deutlich feinkörniger sind als die granitischen Sandsteine und im allgemeinen einen geringeren Feldspatgehalt, aber einen höheren

Legende zu Tabelle I

- 1 Oberste Nagelfluhbank der Gäbriszone, Brendenbachtobel W Altstätten, Koord. 756800/249930/690.
- 2 Mergelsandstein, 15 m unter Nr. 1, oberste Gäbriszone, Brendenbachtobel, W Altstätten, Koord. 756300/250050/740.
- 3 Oberste Gäbriszone, 20 m unter Nr. 1, oberste Gäbriszone, Brendenbachtobel W Altstätten, Koord. 756220/250050/750.
- 4 Obere Gäbriszone, Steinbruch Kronbühl N Altstätten; Koord. 759250/250600/490.
- 5 Obere Gäbriszone, Zweibrücken-Gais, Strasse nach Bühler; Koord. 751300/247500/910.
- 6 Mittlere Gäbriszone, Tobel W P. 902 an der Ruppenstrasse; Koord. 756000/250600/905.
- 7 Mittlere Gäbriszone, Einschnitt Strasse Appenzell-Hundwil, bei «Katzenschwanz»; Koord. 746700/245850/785.
- 8 Mittlere Gäbriszone, «Suruggen» SW Landmark; Koord. 756050/251200/1100.
- 9 Untere Gäbriszone, Mühlpass, Strasse Bühler-Gais; Koord. 750550/248450/870.
- 10 Basiskonglomerat-Zone der OMM, Strasse St. Gallen-Riethüsli-Teufen, Rutschgebiet; Koord. 745500/252150/750.
- 11 Oberste oberaquitane Mergelzone, Strasse St. Gallen-Teufen, unterhalb Lustmühle; Koord. 745150/251950/760.
- 12 Oberste oberaquitane Mergelzone, Strasse St. Gallen-Teufen, unterhalb Lustmühle; Koord. 745200/252000/760.
- 13 Oberaquitane Mergelzone, Strasse St. Gallen-Teufen, oberhalb Lustmühle, ca. 200 m unter Basis der OMM; Koord. 745220/251500/800.
- 14 Oberaquitane Mergelzone, 10 m unter der Untergrenze der OMM, SW Station Wienacht-Tobel der Heidenerbahn; Koord. 758350/259100/600 (Engitobel).
- 15 Oberaquitane Mergelzone, ca. 40 m unter der Untergrenze der OMM, SW Station Wienacht-Tobel der Heidenerbahn; Koord. 758350/259090/570.
- 16 Oberaquitane Mergelzone ca. 250 m unter der Untergrenze der OMM, Gstaldenbach, linker Tobelhang; Koord. 758850/258950/550 (NW Wolfhalden).
- 17 Oberaquitane Mergelzone ca. 300 m unter der Untergrenze der OMM, Gstaldenbach, linker Tobelhang; Koord. 758800/258900/535 (NW Wolfhalden).
- 18 Oberaquitane Mergelzone, Gstaldenbach; Koord. 758850/258800/510 (NW Wolfhalden).
- 19 Mittlere Zone des aquitanen Teils des Nordschenkels der A₁, Strasse Wolfhalden-Walzenhausen, ca. 1 km W Walzenhausen; Koord. 762500/257750/690.
- 20 Mittlere Zone des aquitanen Teils des Nordschenkels der A₁, Strasse Wolfhalden-Walzenhausen, ca. 1 km W Walzenhausen; Koord. 761850/257950/695.

Bei Sandstein Nr. 4 betrug die mittlere Korngrösse 0.15 mm; der Verteilungskoeffizient war 1.40 und der Eckigkeitskoeffizient 1,75, was auf kurzen Transportweg schliessen lässt. Die mittlere Korngrösse dieses Sandsteines ist für die Sandsteine der Gäbrisschüttung durchaus repräsentativ. Siehe auch Erläuterung obiger Begriffe auf Tab. IV.

K = Kalk, D = Dolomit

Gesteinstrümmeranteil aufweisen, sind die granitischen Sandsteine gröber, karbonatarm, feldspatreich und führen weniger Apatit. DE QUERVAIN (1949) gibt für die granitischen Sandsteine einen Karbonatgehalt von meist 5 bis 15% an, was die vorliegenden Untersuchungen durchaus bestätigen. Das Bindemittel ist weitgehend *kieselig*.

TABELLE II
Ergebnisse sedimentpetrographischer Untersuchungen an
granitischen Sandsteinen der USM

| Nr. | | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Erz | Hornblende | Turmalin | Quarz | Quarzit | Feldspat | Gesteins- trümmer | Karbonat- gehalt % | Art der Karbonate | MK mm | E |
|-----|-----------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|-----|------------|----------|-------|---------|----------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------|
| 21 | St. Margrethen | 46 | 48 | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | 40 | 27 | 23 | 10 | 13.5 | D ≈ K | 0.22 | 1.44 |
| 22 | Mühlpass Bühler | 70 | 3 | 2 | | 3 | 3 | 1 | 17 | | | 45 | 22 | 24 | 9 | 13.5 | D ≈ K | 0.27 | 1.66 |
| 23 | Uznaberg | 48 | 2 | | | 10 | + | + | 40 | | | 39 | 7 | 34 | 20 | 10.4 | D ≈ K | 0.33 | 1.40 |
| 24 | Aegeri | 74 | 15 | | | 3 | 2 | | 5 | | + | 33 | 23 | 16 | 28 | 16.8 | D ≈ K | 0.19 | |
| 25 | Alosen/Aegeri | 41 | 4 | | | 9 | 10 | + | 35 | | + | 33 | 16 | 27 | 24 | 7.1 | D ≈ K | 0.21 | |
| 26 | SW Biberbrugg | 64 | 6 | | | 7 | 4 | 2 | 16 | | | 28 | 7 | 37 | 29 | 8.5 | D ≈ K | 0.40 | |

21 Steinbruch der Firma Gautschi, St. Margrethen SG; Koord. 765650/257600/420.

22 Mühlpass, Strasse Bühler-Gais, Einlagerung innerhalb der Gäbriszone; Koord. 750550/248450/870.

23 Uznaberg, NW Uznach SG, kleiner, neueröffneter Steinbruch; Koord. 714700/232750/495.

24 Unter-Aegeri, Hohronen-Schüttung, an der Strasse unmittelbar W des Dorfes.

25 Hohronenschüttung, Strasse Ober-Aegeri-Alosen, Steinbruch.

26 Hohronenschüttung, Gutsch, 2 km WSW Biberbrugg, an der Strasse Biberbrugg-Alosen-Aegeri.

Sämtliche Proben haben kieseliges Bindemittel; insbesondere Probe 24 ist ein sehr harter Sandstein, trotz des relativ kleinen Karbonatgehaltes, der nur teilweise im Bindemittel vorkommt.

MK = mittlere Korngrösse; E = Eckigkeitskoeffizient = wirkliche spezifische Oberfläche des Sandes dividiert durch theoretische spezifische Oberfläche bei Annahme der Kugelform aller Körner (HOFMANN, 1956b). D = Dolomit, K = Kalk.

Im Falle des granitischen Sandsteins erkennt man deutlich die Rolle des Apatits und der Karbonatbestimmungen, aber auch der Leichtmineralien. Die blossе Betrachtung der apatitfreien Schweremineralfraktion musste zu Trugschlüssen führen.

Wichtig ist die Tatsache, dass der granitische Sandstein von E her gegen den Zürichsee allgemein gröber wird. Grobe Arkosen, wie sie im Gebiet der Linthebene und der Hohen Rone häufig sind (Beispiele Nr. 23 und 26, Tab. II), findet man im E nicht mehr.

Auf Grund seiner Zusammensetzung ist der granitische Sandstein das Produkt eines kristallinreichen, stark granitischen Einzugsgebietes mit relativ geringen Anteilen karbonatischer und sonstiger Sedimente, eine Voraussetzung, die für die dolomit- und kalkreichen Schuttfächer des Kronbergs und des Gäbris nicht gegeben ist. Hingegen kommt die kristallinreiche und sedimentarme Schüttung der Hohen Rone (siehe auch KLEIBER, 1937) als Herkunftsgebiet des granitischen

Sandsteins in erster Linie in Frage: ihre Sandfazies besteht praktisch durchwegs aus klassischen granitischen Sandsteinen oder damit nahe verwandten Typen. Tabelle II enthält einige Beispiele granitischer Sandsteine aus dieser Schüttung. Es ist allerdings durchaus möglich, dass granitische Sande auch ausserhalb dieses Geröllfächers geliefert wurden, im wesentlichen aber bestimmt im Gebiet der Zentralschweiz. Möglicherweise waren auch noch Einzugsgebiete weiter westlich an der granitischen Materialzufuhr beteiligt, und es ist auch möglich, dass einzelne Sandsteinkomplexe innerhalb des Fächers der Hohen Rone gar nicht dieser Schüttung entstammen, ähnlich wie dies für die granitischen Sandsteine innerhalb des südfallenden Gäbrisfächers gilt (siehe unten). Auffällig ist der Epidotreichum einzelner Proben (siehe auch KLEIBER, 1937).

Aus dem Gebiet der Zentralschweiz, wo die granitischen Sande in das Molassebecken hinaus gelangten, wurden sie durch eine *parallel zur Beckenachse von W nach E gerichtete fluviale Strömung* nach E transportiert, im wesentlichen in ganz ähnlicher Weise wie die Glimmersande der Ost-West-Schüttung der oberen Süswassermolasse (HOFMANN, 1955 a/b, 1956 a), jedoch in umgekehrter Richtung. Auch die lithologische Ausbildung und Lagerung im Schichtverband zeigt auffallende Identitäten.

Diese Interpretation der mächtigen granitischen Sandsteinvorkommen in der ostschweizerischen USM wird durch die Feststellungen von H. FÜCHTBAUER¹⁾ gestützt, der unabhängig vom Verfasser zu einer gleichartigen Deutung der granitischen Sande in der bayrischen Molasse kam, deren Material er aus der Schweiz herleitet.

Die meisten Vorkommen von granitischem Sandstein finden sich in der Ostschweiz im mittleren Komplex des Aquitaniens des Nordflügels der A₁, d. h. eigentlich im Gebiet des aufgerichteten Südrandes der mittelländischen Molasse. Gegen W (Linthebene) reichen sie etwas höher hinauf. Die wenigen Einlagerungen von echten granitischen Sandsteinen innerhalb der ostschweizerischen Geröllschuttfächer der oberen USM sind Transgressionserscheinungen aus dem Rinnensystem der granitischen Sandschüttung gegen S ins Mündungsgebiet der Flüsse des Gäbris- und Kornbergfächers. Im Gäbrisfächer finden sich solche Einlagerungen an folgenden Stellen: am Mühlpass, an der Strasse Bühler-Gais (Probe Nr. 22); SW Ruppen, Koord. 755650/250500/900; im obern Rappentobel, Balgach, P. 499; in der Basisregion der Gäbriszone E Trogen, oberstes Goldachtobel. An der letztgenannten Stelle finden sich bedeutende Einlagerungen von granitischen Sandsteinen im Gebiet von Baschloch, welcher Komplex von einzelnen Autoren noch ins Chattien gestellt wird. Materialmässig gehören diese Ablagerungen aber doch eindeutig in den Sedimentationszyklus des obern Teils der USM. Diese genannten Einlagerungen granitischen Sandsteins in Sedimenten der Gäbriszone zeigen im Terrain ganz besonders deutlich ihren fremdartigen Charakter und ihre anderweitige Herkunft.

Die Gäbris- und Kronbergsschüttung mit ihrem übereinstimmenden sedimentpetrographischen Charakter lieferten ihr Material von S nach N. Die nichtgranitischen Sandsteine in der USM des Nordschenkels der A₁ der subalpinen Molasse

¹⁾ Vortrag, gehalten an der Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, München, 30. Mai 1957.

der Ostschweiz lassen sich in jeder Beziehung mit den entsprechenden Gesteinen aus dem Südschenkel der A_1 im Gäbrisgebiet identifizieren (Tabelle I). Auffallend ist der meist hohe Apatitgehalt und die Epidotzunahme gegen oben, bei gleichzeitiger Apatitabnahme. Dies ist auf den verstärkten Einfluss der Hörnlischüttung zurückzuführen und lässt sich auch in den höchsten Komplexen des Kronbergfächers nachweisen (HABICHT, 1945 a, Pflingstbodenschichten). Auch der lithologische Charakter der Sandsteine der Gäbrisschüttung und jener des Nordschenkels der A_1 ist völlig gleichartig; dies gilt auch für die Mergelserien. Die granitischen Sandsteine sind in diesen, von S nach N sedimentierten Komplexen rinnenartig von W nach E eingelagert worden, wobei die Schüttungsintensität der granitischen Sandzufuhr im mittleren Komplex des Aquitans sehr stark gewesen sein muss. Bei Betrachtung der Vorkommen zwischen der Hohen Rone und dem Rheintal gewinnt man zudem den Eindruck, dass die granitische fluviatile Schüttung im Verlauf ihrer Geschichte langsam gegen N verlagert wurde.

Zahlreiche, von früheren Autoren als granitische Sandsteine gedeutete Vorkommen im Gebiet der A_1 sind keine echten granitischen Sandsteine, sondern Produkte der Gäbrisschüttung, von denen sie sich nach einiger Übung und Kenntnis des petrographischen Charakters leicht unterscheiden lassen. Einzelne, karbonatreichere, sog. pseudogranitische Sandsteine im Gebiet der Linthebene (Steinbrüche von Nuolen) entstammen dagegen sehr wahrscheinlich der Schüttung der Hohen Rone oder weiter aus W. Sande vom Charakter der granitischen Molasse finden sich auch in der subjurassischen USM im Hochrheingebiet. Dass sich diese Schüttung dort nachweisen lässt, ist ja auch anzunehmen. Detailuntersuchungen wurden noch nicht durchgeführt.

Erst eine weitergehende Bearbeitung der ganzen Zone der granitischen Molasse wird weitere Einblicke in dieses hochinteressante Schüttungssystem vermitteln.

II. OBERE MEERESMOLASSE (OMM)

A. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Zweck der nachstehend beschriebenen sedimentpetrographischen Untersuchungen in der OMM war, einen genaueren Einblick in die Sedimentationsverhältnisse dieses Teils der ostschweizerischen Molasse und in die Zusammenhänge mit benachbarten Gebieten zu erhalten. Dazu dienten Proben aus der OMM von St. Gallen–Rorschach und aus den benachbarten, flachliegenden mittelländischen Beckenteilen.

1. Mineralogische Zusammensetzung der Proben

Tabelle III zeigt die Ergebnisse der Untersuchung der Schwere- und Leichtmineralien, der Karbonate, des Glaukonitgehaltes und der mittleren Korngrösse, soweit bestimmt.

2. Schlamm- und Siebanalysen

Tabelle IV enthält die Resultate der an einigen Proben vorgenommenen granulometrischen Analysen, mit Angaben über die Rundung der Körner (HOFMANN, 1956 b) und über den Glaukonitgehalt. Geschlämmt wurde entsprechend der früher gegebenen Beschreibung (HOFMANN, 1955a), gesiebt mit dem Siebgerät der Georg Fischer AG., Schaffhausen.

3. Die Bestimmung des Glaukonitgehaltes in marinen Sanden

Glaukonit ist ein Tonmineral, das meist in Form relativ fester Körner in marinen Sanden enthalten sein kann. An rheinländischen tertiären und kretazischen Glaukonitsanden hat H.FREUDENBERG (1953) festgestellt, dass sich Schlammstoff-frei ausgewaschene glaukonithaltige Sande durch feuchte Aufbereitung in Mischkollergängen oder andern geeigneten Mischmaschinen, wie sie für die Formsandaufbereitung für giessereitechnische Zwecke verwendet werden, plastifizieren lassen. Die Glaukonitkörner werden dabei durch die Reibwirkung der Sandkörner vollkommen zerteilt und zu plastischem, bindefähigem Schlammstoff aufbereitet. Diese «Aktivierung» geht umso schneller, je feuchter der Sand ist, und ist bei guten Mischkollergängen nach 15 min schon weitgehend abgeschlossen, obwohl die Feindispersierung durch weitere Bearbeitung noch stark verbessert werden kann. Nach dem Verfahren von H.FREUDENBERG können glaukonithaltige, aber sonst tonarme Sande durch Plastifizierung des Glaukonits zu technisch verwertbaren Giessereiformsanden aufbereitet werden.

Diese mechanische Aufbereitung der Glaukonitkörner zu kolloiddispersen, bindefähigem Schlammstoff wird auch durch intensives Schleudern einer Sandprobe in Wasser mit einem hoctourigen Rührwerk bewirkt. Verwendet wurde bei den Versuchen des Verfassers ein Rührwerk der Georg Fischer AG., Schaffhausen, mit 8000 Umdrehungen pro min, wie es zur Vorbereitung tonhaltiger Sande für die Schlammanalyse dient. Durch eine Behandlung während 15 min. lässt sich auch der in Molassesanden enthaltene Glaukonit praktisch quantitativ dispersieren und anschliessend abschlämmen.

Praktisch wird bei der Glaukonitbestimmung wie folgt vorgegangen:

An einer bei 105°C oder mit Infrarot getrockneten Sandprobe von vorzugsweise 50 g wird zunächst ohne Bearbeitung im Rührwerk und ohne Kochen der Schlammstoffgehalt bestimmt und abgetrennt (siehe HOFMANN, 1955b). Die so gewaschene Probe enthält nur noch Sand- und Glaukonitkörner. Man lässt diesen Rückstand nun während mindestens 24 Stunden in ca. 300 ml Wasser unter Zusatz von ca. 10 ml konzentrierter Natriumpyrophosphatlösung ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) quellen. Dann wird die Probe einige min gekocht und nach dem Abkühlen 15 min im mechanischen Rührwerk bearbeitet. Der dispersierte Glaukonit wird nun wiederum durch wiederholtes Abschlämmen abgetrennt und aus dem Gewichtsverlust bestimmt.

Das Verfahren verlangt oft individuelle Behandlung der Proben, Kenntnis der Zusammensetzung von Molassesanden und entsprechendes Fingerspitzengefühl, doch liefert es bei genügender Erfahrung sehr zuverlässige Werte.

TABELLE III

Sedimentpetrographische Untersuchungsergebnisse aus der oberen marinen Molasse der Ostschweiz und benachbarter Gebiete

| Nr. | | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Erz | Hornblende | Turmalin | Quarz | Quarz | Feldspat | Gesteins-trümmer | Karbonat-gehalt % | Art der Karbonate | MK m | Glaukonit | | |
|---|------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|---------|--------|--------|-------|-----|------------|----------|-------|-------|----------|------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------|-------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aufgerichtete OMM des südlichen Beckens | Helvétien, marin. | 27 | Plattensandstein | 13 | 51 | + | — | 10 | 3 | — | 18 | — | 2 | | | | 37.5 | D > K | | + | |
| | | 28 | Schiefermergel | 4 | 74 | — | — | 2 | — | + | 19 | — | — | | | | 44.0 | D > K | | — | |
| | | 29 | Schiefermergel <i>is</i> | 36 | 36 | 1 | — | 10 | — | — | 14 | — | 2 | | | | 43.6 | D > K | | — | |
| | | 30 | Schiefermergel | 14 | 70 | + | — | 4 | + | — | 7 | — | 3 | 44 | 15 | 10 | 32 | 32.5 | D > K | 0.05 | — |
| | | 31 | Plattensandstein | 12 | 55 | + | — | 7 | 3 | + | 19 | — | 1 | 51 | 17 | 8 | 24 | 38.5 | D > K | 0.15 | — |
| | fluviotr. Zwischenkompl. | 32 | Mergelsandstein | 5 | 9 | — | — | + | 1 | 3 | 81 | — | — | | | | 72.0 | D > K | | — | |
| | | 33 | Sandstein, mittel | 2 | 80 | — | — | 5 | + | + | 13 | — | 49 | 7 | 24 | 20 | 57.3 | D > K | | — | |
| | | 34 | Sandstein fein | 2 | 85 | — | — | 4 | 1 | + | 8 | — | — | | | | 73.2 | D > K | | — | |
| | | 35 | Sandstein | 17 | + | 2 | — | 5 | 4 | 2 | 69 | — | — | | | | 55.8 | D > K | | — | |
| | | 36 | Sandstein | 7 | 17 | + | — | 6 | + | 2 | 67 | — | + | | | | 61.0 | D > K | | — | |
| | | 37 | Mergelsandstein <i>H5</i> | 13 | 50 | 1 | — | 13 | — | 1 | 20 | — | 1 | | | | 34.8 | K ≈ D | | — | |
| | | 38 | Mergelsandstein <i>H5</i> | 30 | 32 | + | — | 22 | 2 | 1 | 6 | — | — | | | | 35.6 | K > D | | — | |
| | | 39 | Sandmergel <i>H5</i> | 42 | 12 | 1 | — | 9 | 14 | 2 | 20 | — | — | | | | 34.5 | K ≫ D | | — | |
| | | Burdigalien, marin | 40 | Schiefr. Sandmerg. | 5 | 41 | 1 | 1 | 2 | 2 | + | 47 | — | + | | | | 43.2 | D > K | | — |
| | 41 | | Sandstein | 4 | 70 | 2 | — | 2 | + | + | 21 | — | — | | | | 28.5 | D > K | | — | |
| | 42 | | Plattensandstein | 12 | 51 | 1 | — | 21 | + | + | 13 | — | 1 | | | | 26.8 | D > K | | — | |
| | 43 | | Seelaffe, sandig | 21 | 61 | + | — | 3 | 4 | — | 8 | — | + | 29 | 25 | 22 | 24 | 31.4 | D > K | | — |
| | 44 | | Seelaffe, sandig | 12 | 55 | 1 | — | 7 | 3 | + | 19 | — | 1 | 39 | 14 | 14 | 33 | 38.5 | D > K | 0.14 | — |
| | 45 | | Sandstein, fein | 16 | 51 | 2 | — | 3 | 2 | 3 | 21 | — | — | | | | 65.3 | D > K | | — | |
| | 46 | | Plattensandstein | 17 | 57 | 1 | + | 6 | 4 | + | 14 | — | + | 53 | 16 | 14 | 17 | 25.7 | D > K | 0.15 | + |
| | 47 | | Plattensandstein | 6 | 79 | — | — | 4 | 5 | — | 3 | 1 | 1 | 45 | 10 | 17 | 28 | 26.5 | D > K | 0.14 | 2 |
| | Flachl. mittell.-subjur. OMM | Helvétien | 48 | Feinsand | 21 | 43 | 6 | 1 | . | 3 | 2 | 22 | 2 | + | | | | 13.3 | D > K | 0.04 | — |
| | | | 49 | Feinsand | 32 | 42 | 6 | — | . | 2 | + | 16 | + | 1 | | | | 12.0 | D > K | 0.04 | — |
| | | | 50 | Grobsand <i>Quap</i> | 44 | 31 | 9 | 1 | 2 | + | 3 | 6 | 2 | + | | | | 2.5 | D > K | 0.60 | — |
| | | | 51 | Grobsand | 29 | 27 | 8 | — | . | 7 | 3 | 18 | — | 7 | | | | . | . | 0.50 | + |
| | | 52 | Grobsand | 11 | 51 | 1 | — | 2 | 6 | — | 27 | — | + | | | | 24.0 | D > K | 0.75 | ≥15 | |
| | | 53 | Sandstein | 48 | 14 | 2 | + | 18 | 4 | 1 | 9 | — | 3 | | | | 14.5 | D > K | 0.19 | 9 | |
| | | 54 | Glaukonitsand | 47 | 10 | 4 | — | 16 | 4 | 1 | 15 | — | 3 | 44 | 14 | 20 | 22 | 21.3 | D > K | 0.19 | 25 |
| | | Burdigalien | 55 | Glaukonitsandstein | 11 | 84 | + | — | + | — | — | 3 | + | + | 40 | 12 | 17 | 28 | 21.5 | D > K | 0.21 |
| | 56 | | Glaukonitsandstein | 11 | 52 | — | + | + | — | 3 | 34 | — | 1 | | | | 17.5 | D > K | 0.20 | 7.5 | |
| | 57 | | Glaukonitsandstein | 13 | 67 | — | — | 7 | — | 1 | 7 | — | 3 | 48 | 15 | 13 | 24 | 20.8 | D > K | 0.17 | 8.5 |

Legende zu Tabelle III

- 27 Oberste Plattensandsteine des Helvétien, Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke-Untereggen; Koord. 750400/256750/610.
- 28 Fossilhorizont im Schiefermergel, sandig; Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke-Untereggen; Koord. 750350/256650/605.
- 29 Prielenartige Sandsteineinlagerung im Schiefermergel; Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke-Untereggen; Koord. 750350/256640/600.

B. Interpretation der sedimentpetrographischen Untersuchungen

1. Materialherkunft

a) Südlicher Beckenteil der Ostschweiz

Das Material der marinen Sedimente der OMM von St. Gallen–Rorschach–Rheintal stammt ohne Zweifel aus dem Hörnlfächer: es ist sehr epidotreich. Dies gilt auch für den fluvioterrestrischen Zwischenkomplex westlich der Goldach.

-
- 30 Typischer Schiefermergel; Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke–Untereggen; Koord. 750350/256630/600.
- 31 Unterste Plattensandsteine des Helvétien; Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke–Untereggen; Koord. 750300/256500/590.
- 32 10 m unter der Basis des marinen Helvétien, Kubel, Sitter-Urnäsch W St. Gallen; Koord. 742400/251750/600. Stark barythaltig.
- 33 20 m über dem marinen Burdigalien, Urnäschobel, Kubel, W St. Gallen; Koord. 742500/251510/590.
- 34 20 m über dem marinen Burdigalien, Urnäschobel, Kubel, W St. Gallen; Koord. 742500/251510/590.
- 35 Anriss W Gitzibühl–Schaugen, E St. Gallen; Koord. 749300/255300/770. Barythaltig.
- 36 Anriss W Gitzibühl–Schaugen, E St. Gallen; Koord. 749300/255300/770. Barythaltig.
- 37 Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke–Untereggen, unmittelbar unter der Untergrenze des marinen Helvétien; Koord. 750300/256450/585. Barythaltig.
- 38 Ca. 1 m unter Nr. 37; Goldachtobel E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke–Untereggen; Koord. 750300/256450/585. Barythaltig.
- 39 Ca. 5 m unter Nr. 37; Goldachtobel, E St. Gallen, Strasse Martinsbrücke–Untereggen; Koord. 750300/256450/585. Barythaltig.
- 40 Niveau der kohlig-kieseligen Schichten; Urnäschobel, S Kubel, W St. Gallen; Koord. 742500/251500/590.
- 41 Oberste Nagelfluhbank des marinen Burdigalien an der Urnäsch, Basisregion mit zahlreichen verkieselten Baumstämmen, S Kubel, W St. Gallen; Koord. 742500/251400/600.
- 42 Oberste Plattensandsteine des marinen Burdigalien, über der obern Seelaffe; Martinsbrücke E St. Gallen, Goldachtobel; Koord. 750200/256350/570.
- 43 Obere Seelaffe; Martinsbrücke E St. Gallen, Goldachtobel; Koord. 750300/256300/580.
- 44 Obere Seelaffe; Heidenerbahn E Wartensee; Koord. 758100/259870/585.
- 45 Liegendes der Seelaffe Nr. 44, Heidenerbahn E Wartensee; Koord. 758100/259870/585. Fluvioterrestrische Einschaltung innerhalb des marinen Burdigalien.
- 46 Plattensandsteinbruch, mittlere Plattensandsteine des Burdigalien; Schlipf, SW Buchen, E Wartensee; Koord. 758320/259870/550.
- 47 Plattensandsteinbruch SW Wienacht, Basiszone des Burdigalien. 757330/258700/800.
- 48 Oncophora-Schichten, Nd.-Bayern, leg. Dr. H. A. Haus.
- 49 Hangendes der Graupensande von Schlatt, NE Kohlfirst, ESE Schaffhausen; Koord. 693450/281520/415.
- 50 Graupensand; Benken Quarzsandgrube; Koord. 692300/279000/500.
- 51 Grobsand, herausgelöst aus Randengrobkalk; Steinbruch Thengen/Baden.
- 52 Baltringerhorizont; Weiherwies N Überlingen; leg. Dr. H. A. Haus.
- 53 Schübbachtobel, 1,3 km WSW Andelfingen; Koord. 692050/271750/380.
- 54 Glaukonithorizont, Schübbachtobel, 1,3 km WSW Andelfingen; Koord. 692050/271750/380.
- 55 Heidenlöcherschichten, Strasse Überlingen–Siplingen, frisches Sprengmaterial. Chlorithaltig.
- 56 Heidenlöcherschichten, Stadtgarten Überlingen. Chlorithaltig.
- 57 Bernersandstein, Steinbrüche v. Ostermündingen BE. Chlorithaltig.

MK = mittlere Korngrösse; K = Kalk, D = Dolomit.

Die der Hörnlichüttung entstammenden Sandsteine der OMM von St. Gallen enthalten in der Schwermineralfraktion stets zahlreiche Gesteinstrümmer, sehr oft auch authigenes Erz.

TABELLE IV

Granulometrische Untersuchungen und Glaukonitbestimmungen an Gesteinen der oberen marinen Molasse der Ostschweiz und benachbarter Gebiete

| Nr. | 1,0- 1,5 mm | 0,6- 1,0 mm | 0,4- 0,6 mm | 0,3- 0,4 mm | 0,2- 0,3 mm | 0,15- 0,2 mm | 0,1- 0,15 mm | 0,075- 0,1 mm | 0,06- 0,075 mm | 0,02- 0,06 mm | Schlamm- stoffe % | Karbonat- gehalt % | Glaukonit- gehalt % | MK | V | E |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------|------|------|
| 30 | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | mm | | | |
| Schiefermergel Helv. | | | | 0,1 | 0,3 | 1,7 | 5,5 | 3,3 | 3,3 | 16,9 | 36,7 | 32,5 | 0,05 | | | |
| 31 | | | | 0,1 | 7,4 | 18,8 | 15,2 | 4,6 | 1,9 | 4,5 | 9,0 | 38,5 | — | 0,15 | 1,80 | 1,61 |
| Plattensandstein Helv. | | | | 0,2 | 4,4 | 17,1 | 28,8 | 6,6 | 2,5 | 4,8 | 9,5 | 25,7 | + | 0,15 | 1,70 | 1,60 |
| 46 | | 0,2 | | | 4,7 | 19,9 | 22,2 | 5,5 | 2,4 | 4,8 | 14,0 | 26,5 | 2 | 0,14 | 1,67 | 1,46 |
| Plattensandstein Burd. | | | | | 12,5 | 6,4 | 12,7 | 6,3 | 3,3 | 6,8 | 6,8 | (14,5) | 25 | 0,19 | 2,92 | 1,35 |
| 47 | | | | | 32,4 | 23,7 | 17,9 | 4,9 | 2,2 | 4,6 | 3,7 | (21,3) | 9 | 0,19 | 1,69 | 1,39 |
| Plattensandstein Burd. | 0,1 | 0,5 | 9,9 | 9,5 | 1,2 | 4,8 | 11,0 | 3,5 | 1,7 | 3,8 | 2,5 | (21,5) | 10 | 0,21 | 1,58 | 1,37 |
| 54 | | | | | 4,8 | 19,8 | 11,0 | 6,6 | 1,2 | 8,4 | 5,3 | (20,8) | 8,5 | 0,17 | 1,72 | 1,48 |
| Glaukonithorizont Helv. | | | | | 19,6 | 24,7 | 17,3 | | | | | | | | | |
| 53 | | 0,2 | 0,1 | 1,2 | 3,8 | 4,4 | | | | | | | | | | |
| Glaukonitsandstein Helv. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | 0,3 | 4,8 | 4,4 | | | | | | | | | | | |
| Glaukonitsandstein Burd. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | 3,8 | 4,4 | 19,6 | 24,7 | 17,3 | 6,6 | 1,2 | 8,4 | 5,3 | (20,8) | 8,5 | 0,17 | 1,72 | 1,48 |
| Glaukonitsandstein Burd. | | | | | | | | | | | | | | | | |

MK = mittlere Korngrösse.

V = Verteilungskoeffizient (Sorting Coefficient) = Korngrösse bei 75% der Summenkurve des Sandes dividiert durch Korngrösse bei 25%.

E = Eckigkeitskoeffizient = wirkliche spezifische Oberfläche des Sandes dividiert durch theoretische spezifische Oberfläche bei Annahme der Kugelform aller Körner (HOFMANN, 1956b).

Bei den Proben 30, 31, 46, 47 musste der Karbonatanteil zuerst durch verd. HCl entfernt werden, um eine Siebanalyse zu ermöglichen. Der Karbonatgehalt ist vorwiegend im Bindemittel dieser relativ stark verkitteten Gesteine enthalten. Er ist in den Prozentangaben der granulometrischen Analyse inbegriffen.

Die Proben 54, 53, 55, 57 sind unverfestigte Gesteine ohne karbonatisches Bindemittel. Der Karbonatgehalt ist in Form von Körnern enthalten, die für die Siebanalyse nicht eliminiert wurden.

Innerhalb der marinen Fazies ist der Karbonatgehalt jedoch allgemein etwas geringer als in den fluvioterrestrischen Komplexen (siehe auch Tabelle V mit den Karbonatgehalten und Schweremineralien der Sande des Hörnlifächers der obern Süßwassermolasse). Dies ist auf eine Reduktion des Karbonatgehaltes im marinen Milieu zurückzuführen.

Der *fluvioterrestrische Zwischenkomplex* östlich der Goldach lässt sich sedimentpetrographisch nicht mit der Hörnlischüttung identifizieren, wohl aber mit der neu nachgewiesenen *Bodenseeschüttung* (siehe unter «Obere Süßwassermolasse»), einem granat- und zirkonreichen, aber epidotarmen und dolomitfreien Materialzufuhrsystem östlich des Hörnlifächers. Innerhalb der OMM westlich des Rheintals lässt sich diese Schüttung im oberburdigalen, fluvioterrestrischen Zwischenkomplex zum erstenmal nachweisen, wenn sie sich auch nur schwach bemerkbar macht. Im Pfändergebiet östlich des Rheintals hingegen stammt auch zur Zeit der OMM alles Nagelfluhmaterial und jenes der fluvioterrestrischen Komplexe aus der Bodenseeschüttung, von der der Pfänderschuttfächer ein Teil ist.

An der Goldach zeigen die Proben 37 und 38 noch einen gewissen Einfluss der Hörnlischüttung. Es muss sich in jener Gegend um das eigentliche Grenzgebiet handeln. Bemerkenswert sind die Proben mit extrem hohem Erzgehalt, die sich in den höchsten Partien zwischen Sitter-Urnäsch und Goldach nachweisen liessen.

Wie in der obern Süßwassermolasse enthalten auch die tiefern Komplexe der Bodenseeschüttung zur Zeit der OMM reichlich eingeschwemmte Flyschforaminiferen. Auffallend ist, dass H. KNIPSCHER (siehe bei BÜCHI, 1956) gerade in jenen Teilen des fluvioterrestrischen Komplexes, die der Bodenseeschüttung angehören, Foraminiferen nachgewiesen hat, aus welchen auf ein brackisches Milieu geschlossen wird. Bezeichnenderweise fehlen Mikroorganismen in den fluvioterrestrischen Serien westlich der Goldach, d. h. im Gebiet der Hörnlischüttung. Bei der Interpretation der fraglichen Mikrofossilien, die meist nicht besonders gut erhalten sind, ist deshalb bestimmt einige Vorsicht am Platze.

Am Pfänder sind die marinen Sande der OMM schwermineralogisch mit jenen der OMM von St. Gallen identisch: sie sind epidotreich, jene der eigentlichen Pfänderschüttung (fluvioterrestrische Einschaltungen) aber fast epidotfrei (siehe RENZ, 1937 a). Dies beweist, dass die marinen Pfänderschichten keine Ablagerungsprodukte der Pfänderschüttung sind, sondern von W her eingeschwemmt wurden. Diese Feststellung kann nur so interpretiert werden, dass in der alpennahen OMM sowohl im burdigalen wie im helvetischen marinen Zyklus stete *Meeresströmungen* von W aus dem Hörnligebiet nach E Richtung Pfänder bestanden und dass die Schüttungsintensität des Pfänderfächers zur Zeit der OMM noch gering war und von der Sandzufuhr aus W bei weitem übertönt wurde.

Die *Plattensandsteine* der OMM (mittlere Korngrößen zwischen 0,12 und 0,15 mm, Schlammstoffgehalte um 10%) entsprechen stärkeren Strömungsphasen, die *Schiefermergel* des obern Teils der marinen Molasse (Schlammstoffgehalte über 35%, mittlere Korngrösse um 0,05 mm) sind hingegen zweifellos typische fossile Wattenmeerschlicke, die sich nur bei schwachen Strömungsverhältnissen bilden konnten. Entsprechend konnten sich während der ruhigen wattenmeerischen Schiefermergelfazies auch eher Fossilhorizonte bilden, während die Plattensandsteine durch ihre Sterilität auffallen; zu jener Zeit wurden die Molluskenschalen

durch die Strömung fortgetragen und in Richtung auf die Rorschacherbucht in Form von Muschelbänken (Seelaffen) wieder abgelagert (siehe BÜCHI & HOFMANN, 1945a, BÜCHI, 1956).

Probe Nr. 30 ist repräsentativ für den grössten Teil der Schiefermergelkomplexe der OMM, die ja in ihrer typischen Ausbildung auf den oberen Teil der marinen Molasse (Helvétien) beschränkt sind. Die Fossilbänke (Probe Nr. 28) innerhalb der Schiefermergel sind stärker sandig. Dazu finden sich häufig auch prielenartig in die eigentlichen Schiefermergel eingelagerte Sandsteinbänkchen von nur wenigen cm Dicke; Probe Nr. 29 entspricht einer solchen Einlagerung. Der hohe Granatgehalt deutet dabei auf Einschwemmung vom Lande her und auf den Einfluss der granatreichen Bodenseeschüttung, während die Proben 28 und 30 mit hohem Epidotgehalt materialmässig eher durch marine Strömung aus W entstanden. Lithologie und Petrographie der Schiefermergel entsprechen dem unruhigen Bild einer *wattenmeerischen Ablagerung* mit einer interessanten Wechselwirkung von Ebbe und Flut, marinen Strömungen und fluviatiler Einschwemmung.

Dass im Südteil des Meeresbeckens der OMM allgemein eine Strömungstendenz von W nach E herrschte, beweist auch die Verschwemmung verkieselter Hölzer aus dem Gebiet von St. Gallen bis in die äussersten Gebiete der ostschweizerischen marinen Molasse bei Altenrhein (BÜCHI & HOFMANN, 1945a/b). Diese Strömung führte auch zu einer weiten Verfrachtung der Gerölle der in das Meer einmündenden Flüsse der Hörnlichüttung. Im fluviatilen Bereich war dies nicht der Fall. Im untern Teil der OMM waren die Strömungen bedeutend stärker als im oberen Abschnitt, wo sich Plattensandsteine nur an der Basis und in der obersten Partie der marinen Schichten finden.

b) Nördlicher Beckenteil der Ostschweiz und deutsches Bodenseegebiet

Im untern Teil der OMM (\pm Burdigalien), wozu die *Heidenlöcherschichten* von Überlingen (Glaukonitsandsteine, Proben Nr. 55/56) zu zählen sind, erkennt man eine Epidotvormacht. Trotz dieser scheinbaren Übereinstimmung mit den Sanden der Hörnlichüttung lassen sich die Heidenlöchersande des NW-Bodenseegebietes nicht als entfernte Ablagerungsprodukte der Hörnlichüttung deuten. Tabelle IV zeigt, dass die Heidenlöchersande deutlich gröber sind, als die Sande der Plattensandsteine der OMM von St. Gallen-Rorschach. Eine Kornvergröberung von S nach N ist nicht möglich, ganz abgesehen vom nachgewiesenen Strömungstransport von W nach E.

Aufschlussreich ist die weitgehende Übereinstimmung der Heidenlöchersande mit den Bernersandsteinen (Probe Nr. 57) von Ostermundigen, die sich durch die Annahme einer *W-E-Strömung* auch im nördlichen, subjurassischen Beckenteil leicht erklären lässt (siehe auch FÜCHTBAUER, 1954/55). Das eigentliche Herkunftsgebiet der Sande müsste durch weitere Untersuchungen in der Westschweiz abgeklärt werden; teilweise liegt es sehr wohl im Napffächer.

Im oberen Teil der OMM sind die Verhältnisse komplizierter. Im Gebiet von Andelfingen-Flaach (Kt. Zürich) sind marine, teilweise stark *glaukonitische Sande* aufgeschlossen (Proben Nr. 53/54), die man auf Grund rein lithologischer Überlegungen mit den burdigalen Heidenlöcherschichten identifizieren könnte. Die

Daten in Tabelle III zeigen aber, dass dies nicht angeht: Granat- und Apatitgehalt sind zu hoch. Diese Sande müssen eher ins Helvet gestellt werden. Der Schwere-mineralgehalt der Graupensande von Benken-Wildensbuch (Probe Nr. 50) zeigt eine deutliche Verwandtschaft mit den Glaukonitsanden von Andelfingen. Auch die Schwermineralfraktionen der Grobsande des tiefer gelegenen Baltringer-Niveaus (Proben 52/53) zeigen gewisse Anklänge, weisen aber schon einen eher höhern Epidotgehalt auf. Es ist wahrscheinlich, dass der Meeresbeckenteil, in welchem die Glaukonitsande von Andelfingen abgelagert wurden, von E her Material zugeführt erhielt, aus der Schüttung der *Graupensandrinne*, mit der das bis zum Ende der Molassezeit anhaltende Materialzufuhrsystem aus dem Osten begann. Nach wie vor hat der Verfasser den Eindruck, dass auch die Grobsande des Baltringerhorizontes (Überlingen, Thengener Grobkalk) von E her zugeführt wurden.

Auch für das Gebiet von Andelfingen ist eine Materialzufuhr aus dem Hörnli-fächer unwahrscheinlich: Granatgehalt und Korngrößenunterschiede sprechen dagegen. Hingegen ist es nicht ausgeschlossen, dass eine Verbindung mit dem *Napf-system* bestand und dass die Materialzufuhr von dort her ebenfalls eine Rolle spielte. Im Hangenden der Glaukonitsande von Andelfingen-Schübbach, 300 m W Waldhof, findet sich eine stark mit Gangquarzen, Quarziten und Kristallin ange-reicherte Geröllbank, deren Komponenten sich jedenfalls nicht aus der Graupen-sandrinne herleiten lassen (Geröllbänke mit vorherrschend quarzitischen Sandsteinen, vollkommen nichtmetamorph; Geröllzählung siehe bei HOFMANN, 1955b). Interessant ist die granulometrische Zusammensetzung des Glaukonithorizontes von Andelfingen (Tabelle IV): sie zeigt eine deutliche Vermischung zweier ver-schiedener Kornverteilungen und einen entsprechend extrem hohen Verteilungs-koeffizienten. Der Sand enthält eine deutliche Grobsandkomponente, die sehr wahrscheinlich mit der Einmündung der Graupensandrinne in das Helvetienmeer bei Andelfingen zusammenhängt, während die feinere Komponente eher aus dem von W hertransportierten Material besteht.

Faziell müssen bei der Entstehung der Glaukonitsande von Andelfingen ähn-liche Verhältnisse geherrscht haben, wie bei der Entstehung der burdigalen Heiden-löchersande.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass Sedimentations- und Faziesverhältnisse zur Zeit des Helvétien bedeutend komplexer waren, als im Burdigalien, und dass es schwer, wenn nicht aussichtslos ist, auf Grund der heute vorliegenden Kenntnisse Vergleiche über grosse Strecken ziehen zu wollen.

Die geschilderte Deutung der Glaukonitsande von Andelfingen zeigt auch, dass ehemals vorhandene burdigale Ablagerungen regional offenbar vollkommen ero-diirt wurden, bevor die Schichten des Helvétien abgelagert wurden, und dass ganz allgemein Erosionsvorgängen und Schichtlücken eine grosse Bedeutung zukommt (siehe auch HAUS, 1950, v. BRAUN, 1953). Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass verschiedene glaukonitische Sande, die heute ins Burdigalien gestellt werden, einen sedimentpetrographischen Vergleich mit den als Burdigal angesehenen Heiden-löchersanden von Überlingen nicht standhalten würden.

Die Glaukonitschichten des Helvétien von Andelfingen lassen sich übrigens thuraufwärts bis zur Eisenbahnbrücke der SBB-Linie Winterthur-Ossingen-Etz-

wilen nachweisen, dort aber schon deutlich mergelig und unruhig ausgebildet, mit gewissen Anklängen an die Schiefermergelfazies und bedeutend weniger glaukonitisch. Jenes Gebiet liegt schon auf dem «Westsporn» der Albsteinschwelle und ausserhalb des Zufuhrbereiches der Graupensande. Es finden sich dort vereinzelt marine Mollusken, vor allem Cardien, die man auch innerhalb der stärker glaukonitischen Schichten, aber viel seltener findet. Auf einzelnen geologischen Karten ist diese marine Molasse, die im Thurbett ansteht, entweder nicht oder als obere Süsswassermolasse eingezeichnet.

c) Transport und Aufbereitungsgrad mariner Molassesande

Tabelle IV erlaubt interessante sedimentpetrographische Ergänzungen zu den unter a und b erwähnten verschiedenartigen Verfrachtungen der marinen Molassesande durch Strömungen innerhalb des Molassebeckens. So ist z.B. der Rundungsgrad der Sande, für die ein weiter Transportweg angenommen werden muss, bedeutend besser, als jener der Sande mit kurzer Transportdistanz: gut gerundet sind vor allem die glaukonitischen Sande des nördlichen Beckenteils, für die eine Herkunft aus fernen westschweizerischen Zufuhrgebieten oder aus Lieferungsgebieten im Osten des bayerischen Beckens nachgewiesen wurde; schlechtgerundet sind dagegen die eindeutig aus der Hörnlischüttung stammenden Sande der OMM von St. Gallen-Rorschach mit sehr kurzen Transportdistanzen.

Starke Rundung ist also ein zusätzlicher Beweis für sehr langen, marinen Strömungstransport, der unvergleichlich langsamer war, als der rasche, schwebende, fluviale Transport etwa der Sande der Glimmersandrinne der OSM oder der granitischen Sande der USM (siehe Tabelle II und HOFMANN, 1956 b). Die Scheuerwirkung war bei marinem Transport wesentlich intensiver, als bei fluvialer Verschwemmung. Gute Rundung findet man entsprechend auch bei rezenten marinen Sanden.

Auch der Schlammstoffgehalt erlaubt gewisse Rückschlüsse. So ist er z.B. bei Sanden aus stärkerer Strömung geringer, als bei solchen aus schwächerer Strömung, besonders hoch bei den Schiefermergeln aus sehr ruhigen Meeresteilen mit Watteneercharakter.

2. Glaukonit, Sedimentation und Fazies in der OMM

Die in Tabelle IV enthaltenen Glaukonitbestimmungen aus der OMM der Ostschweiz und der angrenzenden süddeutschen Bodenseemolasse erlauben einige Schlüsse und Beiträge zur Lösung des Glaukonitproblems.

Die Tatsache, dass sich körniger Glaukonit in relativ kurzer Zeit mechanisch zu kolloiddispersen Schlammstoff zerteilen lässt (siehe S. 297) zeigt, dass es sich um ein äusserst umlagerungsempfindliches Material handelt. In der nichtmarinen Molasse aufzufindender eingeschwemmter Glaukonit stammt aus schwach epimorphen alpinen Grünsanden (Gault, Eozän), in denen der Glaukonit durch Alterung, vor allem aber durch ganz schwache Metamorphose gehärtet ist, wobei er nicht mehr zu hochplastischem Ton aufgearbeitet werden kann. Dies ist nur bei den weichen, autochthonen Glaukoniten völlig unmetamorpher Sedimente der Fall, wie z.B. in der marinen Molasse.

Besonders bedeutsam ist das Fehlen des Glaukonites in den meisten marinen Sanden der alpennahen OMM von St. Gallen. Ganz schwach glaukonitische Sandsteine finden sich nur im relativ schüttungsfernen Burdigalien der Gegend von Rorschach, entstanden zu Zeiten tieferer Wasserbedeckung, und nur in seltenen Fällen. Stark glaukonitisch sind dagegen die marinen Sande der alpenferneren Beckenteile, wobei besonders der 25%ige Glaukonithorizont von Andelfingen auffällt.

Auch der aus Tabelle IV ersichtliche hohe Rundungsgrad der stark glaukonitischen Molassesande dürfte nicht ohne Bedeutung sein. Allerdings ist nach dem über die leichte mechanische Dispergierbarkeit des Glaukonits Gesagten nicht anzunehmen, dass Abrollung der Körner und Glaukonitbildung synchron verliefen. Vielmehr dürfte der marine Transport in den Gebieten stärkerer Glaukonitbildung (insbesondere in der OMM der Nordostschweiz und des NW Bodenseegebietes) nur noch sehr schwach gewesen sein. Diese Gebiete liegen ja auch in der Region des Zusammentreffens west-östlicher und ost-westlicher Zufuhrsysteme.

Sehr bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass Glaukonit in Sanden mit geringem Schlammstoffgehalt angereichert ist. Dies gilt z. B. auch für viele Glaukonitsande des Rheinlandes. Alle diese Sande sind durch die marine Strömung gewaschen worden. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass Meerwasser auf Ton nicht dispergierend, sondern stark ausflockend wirkt, wodurch in Gebieten schwachen Transportes der verbleibende oder neu entstandene schwache Tongehalt sehr wohl erhalten bleiben konnte, als Ausgangsmaterial für die Glaukonitbildung. In dieser Hinsicht war vielleicht auch der nicht nur aus Quarzkörnern bestehende Mineralbestand der Molassesande von Bedeutung.

Wichtig erscheint im Zusammenhang mit dem Problem der Glaukonit-Entstehung auch die Feststellung, dass sämtliche in Frage kommenden Molassesande nie jemals soviel Biotit enthalten haben konnten, um Glaukonitgehalte von 10% oder gar 25% zu liefern, die daraus hätten entstehen können (GALLIHER, 1935). Die Umwandlung von Ton-Schlick unter Mitwirkung von Organismen und verbunden mit Kali- und Eiseneinlagerung sind bei den Molassebedingungen weit naheliegendere Erklärungen (siehe auch CLOUD, 1955).

Von grosser Wichtigkeit erscheint die Tatsache, dass praktisch alle bekannten *reichhaltigen* Glaukonithorizonte an *sandige* Ablagerungen gebunden sind (Grünsande). Dies gilt für die Molassevorkommen, aber auch für die als Formsande technisch ausserordentlich wichtigen Glaukonitsande des rheinländisch-westfälischen Oligozäns und der Oberkreide (Glaukonitgehalte 10–25%, in extremen Fällen bis 50%), für die schweizerischen alpinen und jurassischen Vorkommen (Kreide, Eozän) und für zahlreiche andere Grünsandvorkommen.

Aus geologischen Gründen kann angenommen werden, dass die glaukonitführenden Meeresteile zur Zeit der obern marinen Molasse tiefer waren, als die alpennahen, zum Teil wattenmeerischen Partien (St. Gallen-Rorschach). CLOUD (1955) schreibt zum Problem der günstigsten Entstehungstiefe:

Depth.-Mainly neritic; moderate to shallow, but yet appreciable depths suggested. Rare in sediments below 1000 and above 5 fathoms, uncommon above 10 and below 400 fathoms, and formation favored in upper part of 10 to 400 fathom interval.

Die vom Verfasser früher (1955b) erwähnte günstigste Tiefe von 200 m wurde den Angaben von R. BRINKMANN (1950) entnommen. Sie dürfte für die meisten Glaukonitvorkommen nicht grundsätzlich falsch sein. Die in grossen Meerestiefen gefundenen Glaukonite kommen vor allem in tonigen und kalkigen Sedimenten vor und erreichen kaum die in Grünsanden üblichen Konzentrationen. Es muss damit gerechnet werden, dass es sich in solchen Fällen um sekundär durch schwache marine Strömungen in grössere (unter Umständen auch in geringere) Tiefen verschwemmte Glaukonitkörner handelt. Glaukonitkörner halten einen *schwachen* Strömungstransport trotz ihrer hohen Empfindlichkeit aus: sie separieren sich nämlich wegen ihres gegenüber Quarzkörnern meist geringeren *Raumgewichtes* von den Quarzkörnern und werden so leicht aus dem Sand verschwemmt, eine Erscheinung, die sich bei der Laborbehandlung von Glaukonitsanden in sehr auffälliger Weise zeigen kann, aber nicht für alle Glaukonite zutreffen muss. Für die oben erwähnten Strömungserscheinungen mit bedeutendem Sandtransport in der marinen Molasse kommt eine solche Separierung natürlich weniger in Betracht.

Nach CLOUD (1955) bildet sich Glaukonit auch nur in Wasser von normaler Salinität, was für die Deutung der Fazies der OMM ebenfalls von gewissem Interesse sein dürfte.

III. OBERE SÜSSWASSERMOLASSE (OSM) DES OSTSCHWEIZERISCHEN MITTELLANDES

Die nachstehend beschriebenen sedimentpetrographischen Untersuchungen in der OSM der Ostschweiz haben zum Nachweis einer bisher unbekanntem Schüttung östlich des Hörnlifächers geführt, die im Folgenden als „*Bodensee-Schüttung*“ (Bodensee-Schutfächer) bezeichnet wird, weil ihre zentrale Axe ungefähr mit jener des Bodensees übereinstimmt. Es handelt sich um ein Zufuhrsystem, dessen Einzugsgebiet in einer reinen Flyschregion lag, und die durch eine Granat-Zirkon-Rutil-Erz-Stauroolith-Schweremineralkombination gekennzeichnet ist. Sie ist sehr reich an Quarzkörnern, feldspatarm und rein kalkig, d.h. praktisch dolomitfrei. Der Pfänderschutfächer ist ein Teil dieser Schüttung, und auch die östlich davon gelegene Hochgratschüttung (FÜCHTBAUER, 1954/55) ist gleichartig zusammengesetzt.

Durch die genannte sedimentpetrographische Kennzeichnung unterscheidet sich die Bodenseeschüttung grundsätzlich von der *Hörnlichüttung*: diese ist epidotreich, relativ granatarm, sehr zirkon- und rutilarm, karbonatreich und stark dolomitisch.

A. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Die sedimentpetrographischen Daten sind in Tabelle V zusammengefasst. Sie umfassen die Bodenseeschüttung, die Hörnlichüttung und Vergleichsproben aus dem Pfändergebiet.

Der Karbonatgehalt der Sande der Hörnlichüttung ist zum grössten Teil in Form von Körnern enthalten. Die stärker karbonatischen Sandsteine der Bodenseeschüttung enthalten einen wesentlichen Anteil des Karbonates im Bindemittel.

In den Sandsteinen der Bodenseeschüttung wurde vereinzelt *Baryt* gefunden, zum Teil soviel, dass die eigentlichen Schwerminerale nicht mehr ausgezählt werden konnten, so in der Gegend von Bernhardzell und in der Mergelgrube Bruggwald/St. Gallen. In der OSM-Hörnlichüttung wurde nie *Baryt* beobachtet, auch nicht in der USM. Hingegen findet sich *Baryt* im oberburdigalen, fluviatilen Zwischenkomplex der OMM relativ oft, nicht aber in marinen Sanden.

Gewichtsmässig beträgt die Schwermineralfraktion der Sandsteine der Bodenseeschüttung stets weniger als 0,5%, jene der Knauersandsteine der Hörnlichüttung und der Glimmersande der Ost-West-Schüttung aber oft mehrere Prozente. Auch in den Mergelsandsteinen der Hörnlichüttung ist der Schwermineralgehalt höher als in irgendwelchen Gesteinen der Bodenseeschüttung, aber geringer als in den Knauersandsteinen. Charakteristisch ist die grosse Zahl von Ophiolith-Körnern in der Schwermineralfraktion fast aller Gesteine der Hörnlichüttung, besonders der Knauersande. Die Schwermineralfraktion der Sande der Bodenseeschüttung besteht aber fast ausschliesslich aus eigentlichen Schwermineralien nebst authigenem Erz.

Die Mergel der Bodenseeschüttung sind nach eigenen differentialthermoanalytischen Aufnahmen illitisch und tonreicher, als die Mergel der Hörnlichüttung oder der USM. Einzelne unverfestigte tonige Sande der Bodenseeschüttung enthalten stark grünliches Bindemittel; es dürfte sich dabei vermutlich um zerriebenen Glaukonit aus glaukonitischen Geröllen handeln.

Die Zirkone einzelner Sande der Bodenseeschüttung – insbesondere im Tannenbergs-Sitter-Gebiet – lassen sich oft nicht unterscheiden von den Zirkonen in den Bentoniten von Bischofszell. Dies gilt auch für einzelne Rutil- und Erzkörner (Leukoxen). Es ist nicht völlig ausgeschlossen, dass stellenweise vulkanische Einflüsse vorhanden sind; man gewinnt diese Eindrücke besonders aus den Proben, die dem bentonitischen Niveau entsprechen. Immerhin konnte auch in stark verdächtigen Proben mit hohem Tongehalt kein Montmorillonit festgestellt werden, der auf Bentonit-Einflüsse hindeuten würde. Künftige Untersuchungen in dieser Richtung werden vielleicht weiteren Aufschluss geben. Schwermineraluntersuchungen, die der Verfasser an Flyschsandsteingeröllen aus der Bodenseeschüttung durchführte, zeigten grundsätzlich die gleichen Schwerminerale in den gleichen Proportionen, wie sie in den Sedimenten der Bodenseeschüttung allgemein gefunden werden. Langprismatische Zirkone wie im Tannenbergsgebiet wurden in den Geröllen der Bodenseeschüttung noch nicht gefunden; diese könnten aber auch aus Flyschsedimenten stammen, die als Gerölle gar nicht erhaltungsfähig sind. Sehr wertvoll sind für solche Vergleiche sedimentpetrographische Untersuchungen im alpinen Flysch, wie sie z. B. W. H. ZIEGLER (1956) durchgeführt hat.

B. Sedimentationsbereiche der Bodenseeschüttung

Die OSM der Ostschweiz östlich der Linie St. Gallen/Brugg–Konstanz besteht vorwiegend aus Material der Bodenseeschüttung, das Gebiet westlich davon aus solchem der Hörnlichüttung. Die starken Nagelfluhschüttungen im Gebiet N St. Gallen bestehen aus Hörnligeröllen. Sie reichen, besonders zur Zeit der Konglomeratstufe, stellenweise einige Kilometer weit in das Sedimentationsgebiet der Bodenseeschüttung hinein.

TABELLE V

Sedimentpetrographische Untersuchungsergebnisse aus der oberen
Süsswassermolasse der Ostschweiz und des Pfändergebietes

| Nr. | | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Erz | Hornblende | Turmalin | Quarz | Quarzit | Feldspat | Gesteinstrümmer | Karbonat- gehalt % | Art der Karbonate | |
|--|------------------|-------------------------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|-----|------------|----------|-------|---------|----------|-----------------|-----------------------|----------------------|--------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bodenseeschüttung, ostschweiz. flachliegende OSM | 58 | Mergelsandstein | 56 | 2 | 5 | — | 3 | 12 | 4 | 13 | — | 3 | 79 | 11 | 6 | 4 | 39.3 | K |
| | 59 | Sandstein, weich | 44 | 1 | 3 | — | 4 | 24 | 7 | 11 | — | 3 | 66 | 17 | 6 | 11 | 29.0 | K |
| | 60 | toniger Sand | 50 | 3 | 2 | — | 2 | 9 | 8 | 18 | — | 6 | — | — | — | — | 33.6 | K |
| | 61 | Sandmergel | 51 | 3 | 2 | — | 4 | 11 | 4 | 22 | — | 1 | — | — | — | — | 31.2 | K |
| | 62 | Sandstein, weich | 46 | 5 | 3 | + | 3 | 17 | 3 | 20 | — | 2 | — | — | — | — | 33.0 | K |
| | 63 | Sandstein, hart | 27 | 11 | 3 | + | 8 | 8 | 6 | 30 | — | 2 | — | — | — | — | 43.0 | K |
| | 64 | Sandstein, hart | 46 | 5 | 2 | — | 5 | 24 | 4 | 14 | — | 2 | 75 | 13 | 4 | 5 | 44.2 | K |
| | 65 | Mergelsandstein | 35 | 7 | 4 | + | 7 | 14 | 6 | 25 | — | 1 | — | — | — | — | 37.4 | K |
| | 66 | Sandstein | 47 | 15 | 5 | — | 2 | 7 | + | 19 | — | 2 | — | — | — | — | 30.5 | K >> D |
| | 67 | Sandstein, hart | 41 | 2 | 1 | — | 4 | 20 | 6 | 22 | — | 4 | — | — | — | — | 45.5 | K |
| | 68 | Sandstein, hart | 51 | 3 | 7 | + | 5 | 3 | 2 | 23 | — | 3 | 76 | 17 | 2 | 5 | 42.5 | K |
| | 69 | Sandstein, hart | 26 | 2 | 7 | + | 5 | 17 | 10 | 30 | — | 2 | — | — | — | — | 44.5 | K |
| | 70 | Sandstein, hart | 34 | 5 | 4 | + | 5 | 5 | 4 | 40 | — | 2 | — | — | — | — | 39.0 | K |
| 71 | toniger Sand | 43 | 9 | 4 | — | 2 | 9 | 5 | 26 | — | + | — | — | — | — | 23.4 | K | |
| 72 | Sandstein, weich | 38 | 8 | 4 | — | 6 | 12 | 9 | 20 | — | + | 80 | 13 | 4 | 3 | 26.0 | K | |
| 73 | Sandstein, weich | 48 | 4 | 4 | — | + | 9 | 8 | 26 | — | 1 | — | — | — | — | 26.0 | K | |
| 74 | Sand | 51 | 5 | 4 | — | + | 3 | 1 | 31 | — | 4 | — | — | — | — | 27.0 | K | |
| 75 | feiner Sandstein | 44 | 7 | 4 | — | 6 | 8 | + | 29 | — | 1 | — | — | — | — | 45.5 | K | |
| 76 | Sandmergel | 46 | 3 | 3 | + | 4 | 17 | 8 | 17 | — | + | 75 | 12 | 4 | 8 | 36.2 | K | |
| 77 | Mergelsandstein | 55 | + | 1 | — | 4 | 10 | 11 | 14 | — | 4 | — | — | — | — | 35.5 | K | |
| 78 | Sandstein | 48 | 3 | 9 | + | 4 | 2 | 2 | 24 | — | 7 | — | — | — | — | 44.2 | K | |
| 79 | Sandstein, weich | 30 | 8 | 9 | — | 2 | 10 | 8 | 28 | — | 1 | — | — | — | — | 37.1 | K | |
| 80 | Mergelsandstein | 45 | 3 | — | 6 | 8 | 19 | 10 | 18 | — | 1 | — | — | — | — | 36.5 | K | |
| Hörnlichschüttung | 81 | Knauersandstein | 10 | 75 | 2 | — | 9 | — | — | 4 | — | — | 37 | 25 | 4 | 34 | 68.2 | D > K |
| | 82 | Mergelsandstein | 12 | 60 | 10 | + | 4 | 2 | + | 13 | — | + | — | — | — | — | 65.0 | D > K |
| | 83 | Mergelsandstein | 11 | 65 | 4 | + | 4 | + | + | 14 | — | 1 | 50 | 20 | 12 | 18 | 68.6 | D > K |
| | 84 | Mergelsandstein | 1 | 79 | + | — | 5 | + | 2 | 11 | — | 1 | — | — | — | — | 63.5 | D > K |
| | 85 | Knauersandstein | 9 | 61 | 1 | — | 7 | + | — | 19 | — | 1 | — | — | — | — | 57.3 | D > K |
| | 86 | Sandstein aus Nagelfluh | 15 | 38 | 1 | — | 3 | 5 | + | 43 | — | 3 | — | — | — | — | 52.3 | D > K |
| | 87 | Mergelsandstein | 1 | 46 | — | — | 6 | 4 | 7 | 30 | — | 5 | — | — | — | — | 61.5 | D > K |
| | 88 | Knauersandstein | 8 | 60 | 1 | — | 6 | 1 | 1 | 22 | — | 1 | — | — | — | — | 56.0 | D > K |
| | 89 | Knauersandstein | 21 | 46 | 9 | + | 4 | 1 | 3 | 15 | — | — | 32 | 22 | 6 | 40 | 45.0 | D > K |
| | 90 | Silt | + | 86 | — | — | 5 | + | + | 8 | — | — | — | — | — | — | 36.5 | D > K |
| 91 | Mergelsandstein | 5 | 57 | 5 | — | 3 | 3 | 3 | 23 | — | + | — | — | — | — | 61.2 | D > K | |
| Napf- schüttg. | 92 | Glimmersand | 9 | 66 | + | — | 15 | — | 2 | 4 | 3 | + | 61 | 5 | 13 | 21 | 20.0 | D > K |
| Pfänder- schüttung | 93 | Mergelsandstein | 54 | 2 | 5 | — | 3 | 13 | 4 | 16 | — | 3 | — | — | — | — | 31.0 | K |
| | 94 | Sandstein | 42 | — | 4 | + | + | 16 | 12 | 24 | — | 1 | 74 | 12 | 4 | 10 | 29.6 | K |
| | 95 | Sandstein aus Nagelfluh | 41 | 1 | 5 | + | 3 | 12 | 13 | 24 | — | + | — | — | — | — | 47.0 | K |

Legende zu Tab. V.

- 58 Tannenbergschichten; Tannerwald, N.P. 903; Koord. 741600/258050/865.
- 59 Tannenbergschichten; Bernhardzellerwald; Koord. 742850/257950/810.
- 60 Tannenbergschichten; Bernhardzellerwald; Koord. 742850/257950/810.
- 61 Tannenbergschichten; Schwendiwald-Tobel, Tonisberg W Engelburg; Koord. 742400/256050/760. Glaukonitführend.
- 62 Tannenbergschichten; Rötistobel S Bernhardzell; Koord. 742950/258650/685.
- 63 Tannenbergschichten; Rötistobel S Bernhardzell; Koord. 743300/258650/645. Glaukonitführend.
- 64 Oberste Konglomeratstufe in Sandstein-Mergel-Fazies; Rötistobel, SSE Bernhardzell; Koord. 743800/258600/610.
- 65 Konglomeratstufe, Äquiv. der Ramschwagnagelfluh; rechtes Seitentobel des Rötistobels, SE Bernhardzell; Koord. 744300/259380/570.
- 66 Konglomeratstufe, Äquiv. der Ramschwagnagelfluh; Rötistobel SE Bernhardzell; Koord. 744180/259300/570.
- 67 Konglomeratstufe, Sandstein-Mergel-Fazies; linkes Seitentobel der Sitter N Erlenholz; Koord. 744830/258200/570. Glaukonitführend.
- 68 Öhninger-Zone der OSM, Untergrenze der Konglomeratstufe. Mergelgrube Bruggwald der Ziegelwerke J. Schmidheiny & Co., NE St. Gallen; Koord. 747500/257430/680. Barythaltig.
- 69 wie 68. Glaukonitführend.
- 70 wie 68. Glaukonitführend.
- 71 Öhninger-Zohne der OSM; Steinachtobel E P. 630, Kronbühl; Koord. 748000/257860/600.
- 72 Öhninger-Zone der OSM; linkes Seitentobel des Steinachtobels N Kronbühl; Koord. 748280/259480/612.
- 73 Öhninger-Zone der OSM; Haselbachtobel SW Roggwil; Koord. 747200/262460/465.
- 74 wie 73.
- 75 Konglomeratstufe; Sitterufer oberhalb Ruine Ramschwag; Koord. 741930/261500/505. Feiner, hellblaugrauer bis weisser, quarzitischer wirkender Sandstein mit Steinpipegebilden, max. 50 cm mächtig. Deutlich barythaltig.
- 76 Niveau des «Appenzellergranits» (Degersheimer Kalk-Dolomit-Nagelfluh/Brekzie); Strasse Spiesegg-Engelburg, NW St. Gallen; Koord. 743800/254950/635.
- 77 ca. mittlere Zone der OSM; Tobelbach, Schönenbaumgarten SE Kreuzlingen; Koord. 734280/274860/500.
- 78 Öhninger-Zone der OSM; Mergelgrube Mettlen der Ziegelei Istighofen, S Weinfeld; Koord. 726750/265350/525.
- 79 Öhninger-Zone der OSM; Material aus dem vulkanischen Blockhorizont (Begleitgestein); Sitter N Bernhardzell, S Rabenstein; 743130/260530/520.
- 80 Basiszone der OSM; Goldachtobel, 50 m über der oberen Grenznagelfluh der marinen Molasse von St. Gallen; Koord. 750110/257250/510.
- 81 Hörnli-Tannenbergschichten der OSM; höchste OSM auf dem thurgauischen Seerücken, Bruggerhau N Reutenen; Koord. 719420/279480/690.
- 82 wie 81.
- 83 Hörnli-Tannenbergschichten der OSM; Uetliberg, Zürich-Ringlikon; Hausfundation. Material makroskopisch nicht zu unterscheiden von solchem der Bodenseeschüttung.
- 84 mittlere Zone der OSM; Strassenkorrektur-Aufschluss 100 m S Station Sihlbrugg, Sihltal.
- 85 mittlere Zone der OSM; Grinen, SE Sennhof, Tössstal; Koord. 700030/258560/500.
- 86 Konglomeratstufe; Basis der Nagelfluhbank über dem vulkanischen Blockhorizont; N Bernhardzell, S Rabenstein, an der Sitter; Koord. 743130/260530/520.
- 87 Basiszone der OSM; Tobel WNW Neftenbach, SE Irchelgebiet; Koord. 691300/265030/440.
- 88 Basiszone der OSM; Tössbett; Hard, zw. Neftenbach und Winterthur; Koord. 693000/263780/405.
- 89 Konglomeratstufe der OSM, ca. Niveau der Magnetit-Tuffite auf dem thurg. Seerücken; W Tägermoos, Strasse Steckborn-Pfyn; Knauersandstein Nr. 3 bei Hofmann, 1955a; Koord. 715630/278890/550.
- 90 mittlere Zone der OSM; Strasse Frauenfeld-Wil, Einschnitt S Frauenfeld, b. Hundsuggen; Koord. 709900/266670/430.

Ein eigentliches Mischgebiet zwischen den beiden Schüttungen existiert nicht: ein Charakteristikum fluvioterrestrischer Sedimentation. Wegen der fehlenden Wasserbedeckung konnten – im Gegensatz zur OMM – keine weiträumigen Strömungen mit Materialtransport entstehen. Materialvermischung findet man deshalb nur im ausklingenden Endbereich der Hörnlinagelfluhschüttungen innerhalb des Gebietes der Bodenseeschüttung. Diese Nagelfluhschüttungen wurden durch die Bodenseeschüttung meist rasch abgebremst. Bezeichnenderweise hört auch der «Appenzellergranit» (Degersheimer Kalk-Dolomit-Nagelfluh/Brekzie; siehe BÜCHI & WELTI, 1950; HOFMANN, 1951; PAVONI, 1952) gegen E bei Abtwil, nämlich an der Grenze zwischen Hörnli- und Bodenseeschüttung, plötzlich auf.

Gegen W konnten Ausstrahlungen der Bodenseeschüttung noch in der Mergelgrube Mettlen S Weinfeld (Ziegelei Istighofen) nachgewiesen werden (Probe Nr. 78), also im nördlichen Nollengebiet. Die am weitesten in das Gebiet der Bodenseeschüttung hinein reichende Geröllschüttung der Hörnlinagelfluhen ist die Ramschwagnagelfluh an der Sitter N St. Gallen (HOFMANN, 1951). Diese mächtige Nagelfluhbank und die andern Geröllhorizonte des östlichen Tannenbergs-Sittergebietes liegen ausschliesslich innerhalb von Mergel- und Sandsteinserien der Bodenseeschüttung.

C. Geröllhorizonte der Bodenseeschüttung in der mittelländischen OSM der Ostschweiz

Im Gebiet der OSM von St. Gallen konnten auch *Geröllhorizonte der Bodenseeschüttung* gefunden werden, deren Geröllbestand sich nicht von jenem der Pfändernagelfluhen unterscheiden lässt. Solche Konglomeratniveaux konnten an folgenden Stellen identifiziert werden:

Tobel W Erlenholz, linker Zufluss der Sitter, Koord. 744400/257300/590. Geröllschnüre aus gelben Flyschkalken nebst Hörnligeröllen. Niveau der Ramschwagnagelfluh, Hauptniveau der Konglomeratstufe des Sittergebietes (HOFMANN, 1951).

Sitter, rechter Talhang, W Oberlöhren. Niveau der Ramschwagnagelfluh auf K. 565. Sandsteinkomplex, nachweisbar über mehrere hundert Meter, mit Flyschgeröllhorizonten.

Bruggwald/St. Gallen. Mergelgrube der Ziegelei Bruggwald der Firma J. Schmidheiny & Cie. Koord. 747500/257450/680. Sandsteinstromrinne mit kleinen gelben Flyschkalkgeröllchen.

Tannenbergs, Bernhardzellerwald. Koord. 742850/257900/805. Einzelne gelbe Flyschkalkgerölle in der dortigen Sandsteinschicht (Fossilfundstelle, Wirbeltiere, Kalkalgen, Flyschforaminiferen, HOFMANN, 1951).

Riedern/Goldachtobel. Linker Tobelhang, Koord. 750300/257850/555. Gelbe Sandsteinbank mit Geröllhorizont bis 10 cm. An dieser Stelle war genügend Material vorhanden, um eine Geröllzählung zu ermöglichen. Die Daten sind in Tabelle VI enthalten.

91 Basiszone der OSM, unmittelbar über der obern Grenznagelfluh der OMM; Bruggen, E-Ende der SBB-Brücke, W St. Gallen; Koord. 742280/252020/650.

92 Limnisches Niveau nach N. PAVONI, mittlere Zone der OSM; Albispass-Strasse, E Türlerseel, K. 680 m.

93 Pfänder, Strasse Lochau-Eichenbergs, K. 580 m.

94 Pfänder, Strasse Lochau-Eichenbergs, K. 590 m.

95 Pfänder, Strasse Lochau-Eichenbergs-Lutzenreute, K. 810 m.

K = Kalk, D = Dolomit.

Tabelle VI
Geröllzählung Riedern/Goldachtobel, Koord. 750300/257850/555

| Gesteinstyp | % |
|---|-----|
| Granit | + % |
| Kieselige Kalke, braun und grau | 18 |
| Gelbe Flyschkalke, z. T. kieselig | 59 |
| Gelbe Flyschsandkalke | 5 |
| Flyschsandsteine | 6 |
| Ölquarzite | 3 |
| Quarzitische Sandsteine | 2 |
| Kalke i. A. | 6 |
| Dolomit | + |

Maximale Geröllgrösse (Flyschkalke) 5 cm

Dieser *Flyschgeröllhorizont* und auch die übrigen, kleineren Vorkommen, die obenstehend erwähnt sind, gehören zur Bodenseeschüttung und stimmen in jeder Beziehung mit der Pfänderschüttung überein (BLUMRICH, 1930; RENZ, 1937a). Sie lassen sich auch nicht von den Sommersberg Nagelfluhen unterscheiden (siehe unten). Keinerlei Übereinstimmung besteht dagegen mit den Nagelfluhen der Hörnlichüttung (Daten bei TANNER, 1944; GEIGER, 1943; BÜCHI, 1950): bei diesen Geröllen handelt es sich um Dolomite und ostalpine Kalke mit völlig anderm Charakter (meist über 20% Dolomitgerölle); gegen oben kommen zunehmend helvetische Gerölle vor. Der Bodenseeschüttung fehlen Dolomite fast völlig, und auch helvetische Gerölle sind bis heute nicht bekanntgeworden. Entsprechend ist auch der Karbonatgehalt der Sande und Mergel der Bodenseeschüttung rein kalkig.

Trotzdem das Ausgangsmaterial bei der Hörnli- und bei der Bodenseeschüttung vorwiegend karbonatisch war, sind die feineren Verschwemmungsprodukte (Sandsteine und Mergel) bei der Hörnlichüttung bedeutend karbonatreicher, als bei der Bodenseeschüttung. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass bei der Bodenseeschüttung der Kalk leichter in Lösung ging, als der Dolomit der Hörnlichüttung. Dolomit ist gegen chemischen Angriff bedeutend widerstandsfähiger als Kalk. Entsprechend wurde der Dolomit in den Sanden und Mergeln gegenüber der Zusammensetzung der Geröllhorizonte der Hörnlichüttung angereichert. Die Überlegung gilt auch für die USM.

D. Allgemeine lithologische Charakteristiken

Auch lithologisch unterscheiden sich die Sedimente der Bodenseeschüttung deutlich von jenen der Hörnlichüttung, wenn auch beide fluvioterrestrischer Entstehung sind.

Die Ablagerungen der *Bodenseeschüttung* in der ostschweizerischen Molasse bestehen im wesentlichen aus sehr einheitlichen, ockergelben und gelb/graugefleckten Mergeln, weichen Mergelsandsteinen und Sandmergeln, mit eingelagerten, oft sehr harten, hellgrauen bis fast weissen, feinkörnigen Sandsteinbänken, mit nur wenigen dm Mächtigkeit. In diese Schichten eingelagert sind oft stromrinnenförmig ausgebildete, häufig aber auf grosse Strecken verfolgbare, mehrere m mächtige, teils blaugraue, teils ockergelbe Sandsteinkomplexe, die das schüttungsfernere,

geröllfreie Äquivalent von Nagelfluhbänken darstellen und die den auf die Hörnlischüttung beschränkten Knauersandsteinen entsprechen. Die Sandsteine der Bodenseeschüttung sind schon rein makroskopisch gesehen auffallend quarzreich und sehr rein. Oft sind sie dünnplattig abgesondert, oft massig, oft mit ausgesprochener Deltaschichtung, und stets finden sich völlig unverfestigte Partien mit tonigem, grauem oder grünlichem Bindemittel.

Die Sandsteine und Mergel der Pfänderschüttung sind lithologisch (und sedimentpetrographisch) völlig identisch mit den entsprechenden Gesteinen der ostschweizerischen Bodenseeschüttung.

Auffallend ist, dass fossile Kalkalgenhorizonte vom Typus *Rivularia* («Schnegg-lisande») im Bereich der Bodenseeschüttung bei weitem häufiger sind, als im Gebiet der Hörnlischüttung (siehe HOFMANN, 1951). Dies dürfte damit zusammenhängen, dass die Bodenseeschüttung im Gebiet der Ostschweiz fast geröllfrei war und dass offenbar zahlreiche Flussarme mit relativ schwach fließendem, sehr reinem Wasser existierten, wobei die Dolomitarmut sich vermutlich für das Gedeihen dieser Organismen besonders positiv auswirkte. Andererseits fehlen Süßwasserkalke im ganzen Bereich der Bodenseeschüttung offenbar vollkommen.

Charakteristisch für die Gesteine der Bodenseeschüttung ist das oft massenhafte Auftreten von *Flyschforaminiferen* und das nicht seltene Vorkommen von eingeschwemmtem *Glaukonit*. Einzelne Proben sind so stark glaukonitisch, dass die zunächst schlammstofffrei gewaschenen und entkalkten Sande beim Wirbeln im hochtourigen Rührwerk (siehe S. 297) eine intensiv chromoxydgrüne Suspension ergeben. Solche Sandsteine fanden sich vor allem in der Mergelgrube Bruggwald/St. Gallen: es handelt sich um weisse bis grünliche, fast quarzitisch wirkende Sandsteine, die auf Schichtflächen plattiger Varietäten teilweise Schweremineralanreicherungen (fast als «Seifen» zu bezeichnen) enthalten (Beispiele: Proben Nr. 68, 69, 70).

Im Bereich der *Hörnlischüttung* sind die Mergelkomplexe viel weniger einheitlich struiert. Man findet harte Mergelkalke und Kalkmergel, die im Bereich der *Bodenseeschüttung* vollkommen fehlen. Die typischen, mächtigen, tonreichen, ockerfarbenen Mergelserien der Bodenseeschüttung findet man dagegen im Gebiet der Hörnlischüttung nicht, dafür einen starken Wechsel grauer, braungrauer, gelbgrauer, vor allem aber auch rötlicher und violetter Farbtöne. Ganz allgemein sind die Gesteine viel weniger rein, und vor allem die Mergelsandsteine und Knauersande wirken wegen des geringeren Quarzgehaltes und der häufigeren Gesteins-trümmer (siehe Tabelle V), insbesondere aber wegen der meist mehr als die Hälfte der Körner ausmachenden Kalk- und Dolomittrümmer ausgesprochen schmutzig.

Die Wetterkalke (HOFMANN, 1951) sind ein typisches, kalkig-dolomitisches Produkt der karbonatreichen, dolomitischen Hörnlischüttung. Auch die petrographische Zusammensetzung des Konglomerat- und Brekzienhorizontes des «Appenzellergranites» ist für die Hörnlischüttung ausserordentlich typisch (siehe BÜCHI & WELTI, 1950).

Der Begriff «Knauersandstein» (GEIGER, 1943; HOFMANN, 1951, 1955a, 1956a) sollte – obwohl er nicht sehr bezeichnend ist – für die aus Nagelfluhbänken hervorgehenden Sandsteinhorizonte der Hörnlischüttung reserviert bleiben, da er bereits allgemein verwendet wurde.

E. Charakterisierung und Ablauf der Bodenseeschüttung

Im Gegensatz zur dolomitischen Hörnlischüttung ist die Bodenseeschüttung durch kalkiges Flyschgeröllmaterial und entsprechende feinere Ablagerungsprodukte charakterisiert.

Gerölle: Gelbe Flyschkalke und Sandkalke, z. T. glaukonitisch.

Sande: Quarzreich, feldspat- und gesteinstrümmerarm, feinkörnig, mit umgelagerten Leicht- und Schwermineralien aus sedimentären Gesteinen. Reichtum an umgelagerten Flyschforaminiferen, die nicht nur auf die höchsten Tannenbergs-Gehrenbergschichten beschränkt sind. Relativ häufig eingeschwemmter Glaukonit.

Mergel: Sehr tonreich, illitisch.

Die Gesteine der Bodenseeschüttung sind sehr speziell ausgebildet und deshalb leicht zu identifizieren. Nach einiger Kenntnis sind sie meist makroskopisch-lithologisch leicht von den Sedimenten der Hörnlischüttung (und der damit sehr nahe verwandten Gäbrisschüttung) zu unterscheiden.

In der *oberaquitanen Mergelzone* der Ostschweiz (siehe unter I, USM, und RENZ, 1937a) lassen sich bis unmittelbar unter die Basis der marinen Molasse auch im äussersten Osten keine Spuren eines Einflusses der Bodenseeschüttung nachweisen. Dies stimmt mit den Verhältnissen östlich des Rheintals (Pfändergebiet) überein, wo die Bodenseeschüttung – anhand der Flyschkalknagelfluhschüttungen des Pfänderfächers leicht erkenntlich – mit der Transgression der OMM beginnt. Wie bereits erwähnt, war die Bodenseeschüttung zur Zeit der OMM relativ schwach und wurde auch im weit geröllreicheren Pfändergebiet durch die marinen Strömungen aus der Hörnlischüttung abgebremst und übertönt. Besonders im W, d. h. auf der schweizerischen Seite des heutigen Rheintals, war die Bodenseeschüttung offenbar sehr schwach, und nur zur Zeit der fluvioterrestrischen Zwischenkomplexes der OMM lassen sich Ausstrahlungen der Bodenseeschüttung bis an die Goldach erkennen. Die wenig mächtigen, nur lokal auftretenden fluvioterrestrischen Schichten unter der Seelaffe von Wartensee SE Rorschach (Probe Nr. 45, Tab. III) zeigen eine sichere Hörnlicharakteristik (fluvioterrestrischer Komplex innerhalb der marinen Schichten des burdigalen Meereszyklus, BÜCHI & HOFMANN, 1945a).

Mit der endgültigen Regression des Meeres der OMM und damit offenbar in wesentlichem Zusammenhang setzt die Bodenseeschüttung zu Beginn der OSM mächtig ein und wirkt sich bis in die Ostschweiz aus. Zur Zeit der Konglomeratstufe findet sich eine massive Sandschüttung mit einzelnen Flyschgeröll-Horizonten bis an den Tannenbergs, als Äquivalent des Ramschwag-Niveaus der Hörnlischüttung. Sämtliche, dem Niveau der Ramschwagschüttung entsprechende Sandsteinhorizonte im Sitter-Bodenseegebiet (N und NE St. Gallen) sind keine Knauer-sande, sondern quarzreiche Sandsteine der Bodenseeschüttung.

Die höchsten, vermutlich altpliozänen Tannenbergschichten NW St. Gallen gehören ausschliesslich der Bodenseeschüttung an.

F. Ausstrahlungen der Napfschüttung ins Gebiet des Hörnlifächers

Ohne im Detail darauf eintreten zu wollen, sei erwähnt, dass der Glimmersand der Probe Nr. 92 (Türlersee), der nach N. PAVONI (1956) das «limnische Niveau» der Zürcher Molasse im Hangenden in der Regel begleitet, auf Grund seiner sedimentpetrographischen Charakteristiken weder mit den Glimmersanden der Ost-

West-Schüttung (HOFMANN, 1955 a/b, 1956 a) noch mit den Sedimenten der Hörnli-schüttung vergleichbar ist. Die Glimmersande der Ost-West-Schüttung transgredieren im westlichen Kanton Zürich tatsächlich weit nach S, der Glimmersand vom Türlerse (Nr. 92) lässt sich aber nur mit der *Napf-Schüttung* identifizieren, trotz seiner makroskopischen Ähnlichkeit mit den «echten» Glimmersanden.

Obwohl dieser Glimmersand (Nr. 92) epidotreich ist, unterscheidet er sich durch den geringen Karbonatgehalt, die Leichtmineralien, den Glimmerreichtum, vor allem aber auch durch die Art der Ausbildung des Epidots von den Sedimenten der Hörnli-schüttung: beim Glimmersand Nr. 92 sind die Epidote ausserordentlich frisch und klar, während sie in sämtlichen untersuchten Proben der Hörnli-schüttung stark zersetzt sind. Dieser Unterschied tritt auch gegenüber den Epidoten der Napfschüttung in Erscheinung, welche völlig mit den Exemplaren des Glimmersandes Nr. 92 übereinstimmen. Diese Feststellung ergibt für künftige Untersuchungen eindeutige Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen Napf- und Hörnli-schüttung. Sie zeigt auch Bedeutung und Möglichkeiten der sedimentpetrographischen Analyse.

Da PAVONI (1956) Glimmersande und Glimmermergel als Begleiter des «limnischen Niveaux» und aus andern Horizonten auch östlich des Zürichsees nennt, kann angenommen werden, dass die Napfschüttung sich bis in jene Gegend auswirkte.

Mit Probe Nr. 92 makroskopisch völlig identische Glimmermergel und -Sande im Irchelgebiet und bei Pfungen (Riedtlibachtobel) sind als granatreiche, epidotarme Sedimente hingegen Produkte der Glimmersandrinne der Ost-West-Schüttung, die dort nach S transgredierte (über dem bentonitischen Niveau der Ostschweiz).

Man kann in keinem Fall damit rechnen, diese Glimmersandhorizonte im Kanton Zürich rein makroskopisch deuten zu können. Sicher ist, dass diese Glimmersandhorizonte niemals mit ophiolithgeröllreichen Schüttungen etwas zu tun haben (PAVONI, 1956).

IV. DIE STELLUNG DER SOMMERSBERGZONE

Südlich des Gäbris liegt der Sommersberg (Grenzgebiet Kantone Appenzell und St. Gallen), ein Gebiet, das insbesondere von RENZ (1937 a) beschrieben worden ist: er erkannte die petrographische Identität der Gesteine des Sommersbergs mit der Pfänderschüttung und parallelisierte die höhern Sommersbergschichten mit der obern marinen Molasse von St. Gallen («Untermiozän»), während er die zwischen diesen Schichten und den Gäbrisnagelfluhen liegende «Brendenbachmergelzone» der oberaquitane Mergelzone des Nordschenkels der äussern Antiklinale (A_1) der subalpinen Molasse gleichsetzte.

Stratigraphisch-tektonisch gehört die Sommersbergzone als Hangendes der Gäbriszone dem Südschenkel der A_1 an (RENZ, 1937 a; HABICHT, 1945 b).

A. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Tabelle VII enthält die sedimentpetrographischen Daten aus dem Sommersberggebiet.

B. Interpretation der sedimentpetrographischen Untersuchungen

Tabelle VII zeigt bei einem Vergleich mit den Daten von Tabelle V, dass die Sommersbergzone inkl. Brendenbachmergelzone der Bodenseeschüttung angehört.

Die Gerölluntersuchungen von RENZ (1937a) zeigen die Identität der Sommersberg-nagelfluhen mit jenen des Pfänders und der Bodenseeschüttung in der mittelländischen OSM der Ostschweiz (S. 311). Es handelt sich in allen Fällen um die gleichen gelben Flyschkalk- und Sandkalkgerölle, die völlig von den Geröllen der Hörnli- und Gäbrisschüttung abweichen.

TABELLE VII

Ergebnisse sedimentpetrographischer Untersuchungen an Gesteinen der Sommersbergzone

| Nr. | | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Erz | Hornblende | Turmalin | Quarz | Quarzit | Feldspat | Gesteins-trümmer | Karbonat-Gehalt % | Art der Karbonate |
|-----|-------------------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|-----|------------|----------|-------|---------|----------|------------------|-------------------|-------------------|
| 96 | Sandstein aus Nagelfluh | 42 | 9 | 6 | 5 | 11 | 4 | 20 | — | 2 | 59 | 21 | 6 | 14 | 43.7 | K | |
| 97 | Mergelsandstein | 39 | 10 | 8 | 2 | 6 | 6 | 26 | — | 2 | 75 | 16 | 4 | 5 | 31.6 | K | |
| 98 | Sandmergel | 38 | 6 | 7 | 3 | 10 | 2 | 32 | — | 1 | | | | | 39.6 | K | |
| 99 | Sandstein aus Nagelfluh | 60 | 2 | 5 | 4 | 7 | 3 | 16 | — | 2 | 69 | 14 | 4 | 9 | 32.2 | K | |
| 100 | Mergelsandstein | 51 | + | 4 | 3 | 13 | 4 | 22 | — | 1 | | | | | 33.0 | K | |
| 101 | Mergelsandstein | 46 | — | 13 | 4 | 10 | 12 | 14 | — | 1 | | | | | 34.6 | K | |
| 102 | Nagelfluhbindemittel | 39 | 4 | 2 | 6 | 11 | 4 | 33 | — | 1 | | | | | 39.5 | K > D | |
| 103 | Nagelfluhzwischenlage | 7 | 74 | 1 | 3 | 2 | 1 | 12 | — | + | | | | | 48.4 | D > K | |

96 Höchste Sommersbergschichten; Sommersberg, SE P. 1155; Koord. 755120/248650/1135.

97 Büebigbachmergelzone; Büebigtobel, W Altstätten; Koord. 757900/249450/530.

98 wie 97.

99 Obere Grenznagelfluh der Brendenbachmergelzone = Basisnagelfluh der Sommersbergzone nach RENZ; Bilchen-Rotbach, E Gais; Koord. 754010/248680/995. Glaukonithaltig.

100 Brendenbachmergelzone, 40 m über der Obergrenze der Gäbriszone; Brendenbachtobel, W Altstätten; Koord. 756800/249880/710.

101 Brendenbachmergelzone, 30 m über der Obergrenze der Gäbriszone; Brendenbachtobel, W Altstätten; Koord. 756800/249880/700.

102 Brendenbachmergelzone; kleine Nagelfluhstromrinne innerhalb der Mergel der Brendenbachzone (Gerölle Gäbris/Hörnlichüttung); Koord. 756800/249880/720.

103 Westliche Sommersbergzone; Strasse und Bahnlinie Gais-Stoss, W Hebrig/Gais. Koord. 752900/247690/967.

K = Kalk, D = Dolomit

Entsprechend stimmt die Sommersbergzone auch mit den sedimentpetrographischen Daten völlig mit der Bodenseeschüttung überein. Dies gilt auch für die Brendenbachmergelzone. Tabelle I zeigt, dass die oberaquitanen Mergelzone des Nordschenkels der ostschweizerischen A₁ auch im äussersten Osten keinerlei Anzeichen der Bodenseeschüttung aufweist und dass diese Schüttung damals noch nicht begonnen hatte. Wohl aber zeigen die höchsten Partien der Gäbriszone im Brendenbachgebiet und bei Altstätten (Tab. I) und die höchsten Partien der oberaquitanen Mergelzone im E übereinstimmend deutliche Einflüsse (Epidot!) der weiter im W schon an den Geröllschüben erkennbaren, beginnenden Hörnlichüttung, die somit älter ist, als die Bodenseeschüttung.

Die Mächtigkeit der Sommersbergzone (inkl. Brendenbachmergelzone) wird mit gut 800 m grösser, als bisher angenommen. Ihre Basis liegt unmittelbar über den höchsten Gäbrisnagelfluhen am Brendenbach. Zirka 50 m über der Basis der Brendenbachzone liegt eine Schotterrinne mit Gäbris/Hörnli-Geröllen; das Bindemittel ist aber vorwiegend Material der Bodenseeschüttung (Probe Nr. 102). Es handelt sich um einen letzten Vorstoss der Gäbrisschüttung, resp. eine erste Auswirkung der Hörnlichüttung, die materialmässig weitgehend fließend ineinander übergehen (Geröllzählungen bei RENZ, 1937a; HABICHT, 1945a, BÜCHEL, 1950).

Bezeichnend ist ein erster schwacher Flyschgeröllvorstoss der Bodenseeschüttung innerhalb der Brendenbachmergelzone bei Fidern (RENZ, 1937a), während die Nagelfluhschüttungen massiv erst mit der frühern «Basisnagelfluh» der Sommersbergzone, ca. 250 m über deren wirklicher Basis, beginnen.

Über der genannten ehemaligen «Basisnagelfluh» der Sommersbergzone folgt die Mergelzone des Buebighbachs, die mit der Brendenbachzone ein klassisches Beispiel für die Identität der Gesteinsserien mit jenen der mittelländischen OSM des Gebietes der Bodenseeschüttung darstellt.

Die dargestellten Untersuchungen lassen kaum einen andern Schluss zu, als dass die Sommersbergzone *inkl.* Brendenbachmergelzone ins Miozän gestellt werden muss, d.h. in eine Zeit, die mit der Transgression der OMM begann (Pfändergebiet!). Aus Gründen der Mächtigkeit von über 800 m müssen aber die *höhern Teile der Sommersbergzone* zwangsläufig in die *Obere Süsswassermolasse* gestellt werden.

Aus Vergleichsgründen mit dem Pfändergebiet und der Bodenseeschüttungsgebiete der mittelländischen OSM der Ostschweiz und der OMM (fluvioterrestrischen Zwischenkomplex!) dürfte die in Tabelle VIII dargestellte Parallelisation der Wirklichkeit am nächsten kommen.

Der sedimentpetrographische, absolut sichere Nachweis des Beginns der Bodenseeschüttung und dessen Zusammenfallen mit dem Ende der Gäbrisschüttung und dem Beginn der marinen Transgression ergibt für die Festlegung der Basis des miozänen Abschnittes der Molasse-Sedimentation einen Leithorizont erster Ordnung.

C. Konsequenzen der neuen Altersdeutung der Sommersbergzone

Mit dem Nachweis eines subalpinen, südfallenden Elementes der oberen Süsswassermolasse ergeben sich wichtige tektonische Folgerungen:

Die Tatsache, dass der massive OSM-Komplex des Sommersberges von der Hauptfaltung der subalpinen Molasse noch mit erfasst wurde, zeigt, dass vorhergehende alpine Bewegungsphasen die subalpine Molasse noch wenig erfassten und dass die alpine Schlussfaltung im Pliozän sehr spät, sehr kurz, aber intensiv war. Dies beweist sehr eindringlich auch der postmolassische, aber prädiluviale Deckenschotter auf dem Tannenbergr (HOFMANN, 1957), der der Bodenseeschüttung angehört und sicher vor der subalpinen Hauptfaltung abgelagert worden sein musste. Bedeutungsvoll ist in diesem Zusammenhang der Nachweis subalpiner OSM auch in der Bernermolasse (RUTSCH, 1947).

Da die Sommersbergzone im W durch Hörnliäquivalente ersetzt wird (Nr. 103, Tab. VIII), ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Zone weiter nach W reicht, als bis-

Tabelle VIII

Parallelisation der Ablagerungen der Sommersbergzone mit den Schichten der oberen marinen Molasse von St. Gallen und der ostschweizerischen, mittelländischen oberen Süsswassermolasse im Schüttungsgebiet des Bodenseefächers.

| | Südschenkel der äussern subalpinen Antiklinale A 1 (südfallend) | Nordschenkel der äussern subalpinen Antiklinale A 1 (nordfallend) u. flachliegende mittelländische Molasse |
|--|--|--|
| Konglomeratstufe und Tannenbergschichten der ob. Süsswassermolasse | Sommersbergzone, Hauptgeröllkomplexe des höhern Sommersberges 150–200 m | Tannenbergschichten (= Gehrenbergmolasse des Gebietes NE des Bodensees) 250 m Konglomeratstufe. 100 m |
| | | vulk. Block- u. Bentonitniveau |
| Untere und mittlere Zone der oberen Süsswassermolasse | Sommersbergzone, Buebighachmergelzone mit vereinzelt Geröllschüttungen in den obern Partien 400–450 m | Rosenberg-Goldachschichten der Gegend von St. Gallen. Im W mit Konglomerat/Brekzienhorizont des «Appenzellergranits» 130 m unter dem vulk. Niveau; im E Flyschgeröllhorizont von Riedern 480 m unter dem vulk. Niveau. Total 730 m |
| Obere marine Molasse und fluvioterr. Äquivalente | Obere Grenznagelfluh der Brendenbachmergelzone (Bilchen/Gais bis Altstätten) | Obere Grenznagelfluh der marinen Molasse von St. Gallen |
| | Brendenbachmergelzone 250 m | Obere marine Molasse von St. Gallen-Rorschach mit fluvio-terrestrischem Zwischenkomplex 450 m (in der Schüttungsrichtung der Sommersbergzone) |
| Oberste Schichten der unteren Süsswassermolasse | Höchste, epidotführende Nagelfluh- und Sandsteinkomplexe der Gäbriszone (Hörnlichüttung) | Höchste, epidotführende Mergel- und Sandsteinkomplexe der oberaquitane Mergelzone (Hörnlichüttung) |

Die Bezeichnung Tannenbergschichten (= Gehrenbergmolasse) gilt für sämtliche, über der Konglomeratstufe liegenden, vorwiegend mergeligen Sedimente der OSM (inkl. «Heiligenbergschichten», d. h. «mio 4 + mio 5» nach alter Nomenklatur, HOFMANN, 1951). Die in der vorliegenden Arbeit allgemein verwendeten neuen stratigraphischen Begriffe für die OSM entsprechen einer Vereinbarung mit Herrn Dr. U. BÜCHI vom 4. August 1956.

her vermutet, und dass sich vielleicht noch weitere Miozänelemente in der subalpinen Molasse werden nachweisen lassen, wie dies z.B. U.BÜCHI (1950) schon vermutet hat. Eine intramolassische Auswirkung des Rheintalgrabens auf die Mächtigkeit der Sedimentation des Sommersberges ist nicht ausgeschlossen, kann aber wohl nicht sehr bedeutend gewesen sein, da sonst kaum mehr postmolassisch Gerölle der Bodenseeschüttung (Einzugsgebiet Vorarlberg) hätten bis NW St. Gallen transportiert worden können (Tannerwald-Schotter, HOFMANN, 1957). Die tektonische Entstehung des Rheintals ist also eindeutig sehr jung.

Ganz allgemein lässt sich sagen, dass der alpinen Schlussfaltung für die Tektonik der subalpinen Molasse und des Helvetikums eine ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

V. ZUSAMMENFASSENDES GESAMTBILD DER SEDIMENTATION DER POSTCHATTISCHEN MOLASSE

In Figur 2 ist versucht worden, die Entwicklung der Schüttungen der postchattischen Molasse darzustellen. Es ergibt sich folgender Gesamtüberblick:

Zur Zeit der oberen USM existierten in der Ostschweiz die parallelen Schüttflächen des Gäbris und des Kronbergs mit ähnlichem Material; Schüttungsrichtung gegen NW. Im W existierte der Hohronenfächer als Hauptlieferant des granitischen Sandsteins, der in Beckenlängsrichtung nach E transportiert wurde und mit der Gäbris-Kronberg-Schüttung interferierte.

In den obern Partien der USM erkennt man den Beginn der Hörnlischüttung als (auch materialmässig) mehr oder weniger kontinuierliche Fortsetzung der Gäbris-Kronberg-Schüttung. Mit dem Einsetzen der Hörnlischüttung hört im Gebiet der Ostschweiz die nachweisbare Auswirkung der Zufuhr granitischer Sande aus W auf, wahrscheinlich in erster Linie wegen einer Verschiebung dieses Systems nach N in heute nicht aufgeschlossene Teile der obern USM im zentraleren Beckenteil.

Mit der Basis der OMM setzt die Hörnlischüttung verstärkt ein, und im Rheintalgebiet lässt sich erstmals die Bodenseeschüttung nachweisen. Während das Hörnlisystem vorwiegend kalkig-dolomitisch, epidotreiches Material liefert, besteht jenes der Bodenseeschüttung aus rein kalkigem, an sich karbonatärmeren Sedimenten mit einer Granat-Zirkon-Rutil-Stauroolith-Erz-Schwerermineralkombination.

Im Pfändergebiet setzt die Bodenseeschüttung nachweisbar mit der OMM-Transgression ein, in der Ostschweiz, wo zur Zeit der OMM die Hörnlischüttung dominierte, wirkte sich die Bodenseeschüttung nur zur Zeit des fluvioterestrchen Zwischenkomplexes der OMM bis in die Gegend E St. Gallen aus. Während der marinen Phasen der OMM existierte hingegen ein steter Materialtransport aus dem Hörnlifächer durch marine Strömung gegen E. Auch im Nordteil des marinen Beckens erkennt man Strömungen von W nach E, bei wesentlich ruhigeren Sedimentationsbedingungen, die zu bedeutender Glaukonitbildung im untern und obern Teil der OMM führten. In den höhern Abschnitten der OMM setzte im N die Materialzufuhr aus E durch die Graupensandrinne ein.

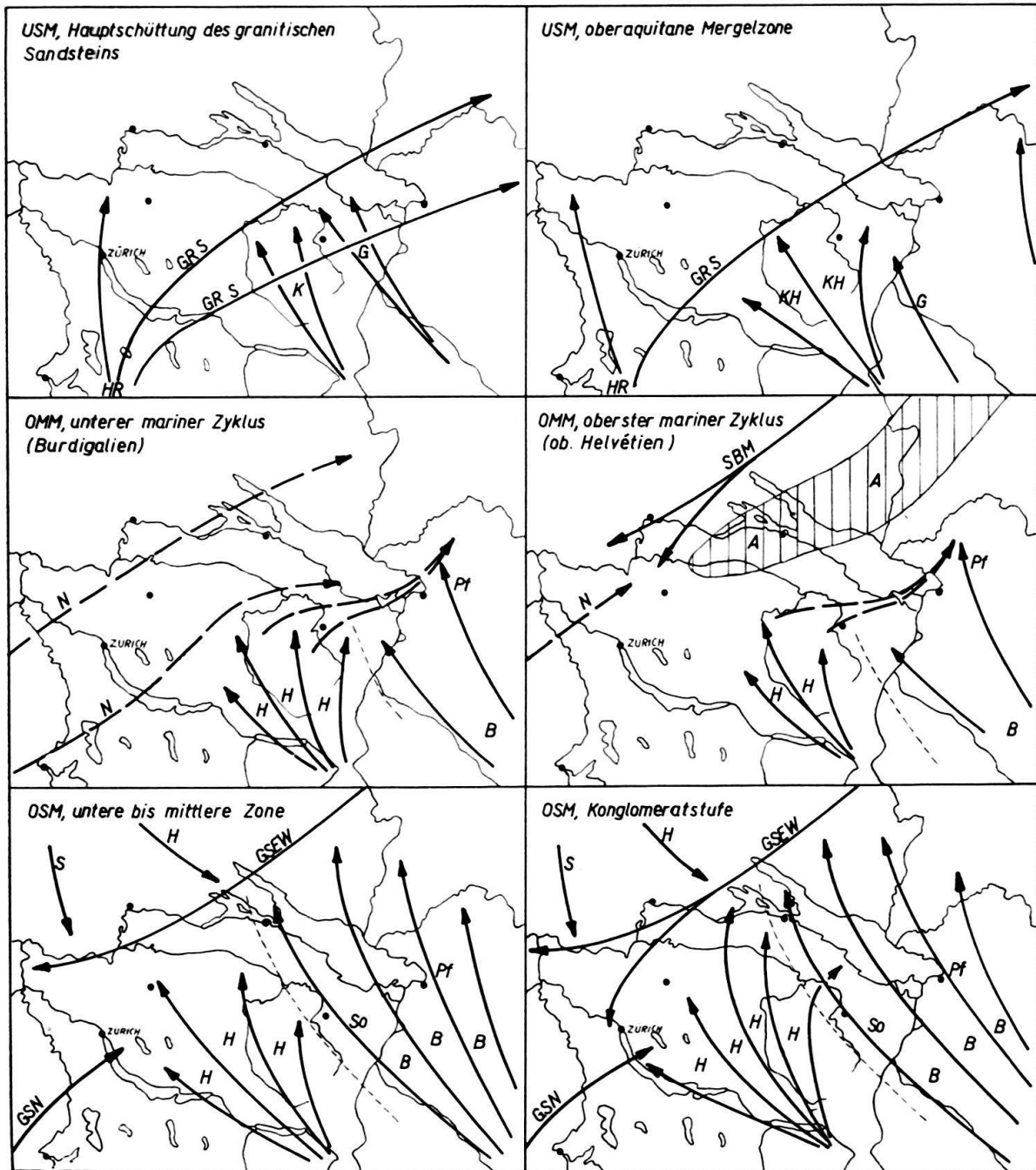


Fig. 2 Zeitliche Entwicklung der postchattischen Schüttungen in der ostschweizerischen Molasse.

- | | | | |
|-----|---|------|--|
| USM | untere Süswassermolasse; | SBM | Materialzufuhrsystem der Süswbrackwassermolasse (Graupensande und Feinsande), fluviatil-marin; |
| HR | Hohronenschüttung, fluvioterrestisch; | A | Albsteinschwelle; |
| GRS | Schüttung des granitischen Sandsteins, fluviatil; | OSM | obere Süswassermolasse; |
| K | Kronbergschüttung, fluvioterrestisch; | GSEW | Zufuhrsystem der Glimmersande der Ost-West-Schüttung, fluviatil; |
| G | Gäbrisschüttung, fluvioterrestisch; | GSN | Glimmersandzufuhr aus dem Napffächer, fluviatil; |
| KH | Kronbergschüttung in der Übergangsphase zur Hörnlichüttung; | H | Hörnlichüttung, fluvioterrestisch; |
| OMM | obere marine Molasse; | B | Bodenseeschüttung, fluvioterrestisch (So = Sommersberg, Pf = Pfänder); |
| N | marine Strömung mit Sandzufuhr aus dem Napfgebiet; | S | Juranagelfluhschüttung a.d. Schwarzw., fluvioterr. |
| H | Hörnlichüttung, fluvioterrestisch; | H | Juranagelfluhschüttung des Hegau, fluvioterr. |
| B | Bodenseeschüttung, fluvioterrest. (Pf = Pfänder); | | |

Gestrichelte Schüttungspfeile: mariner Strömungstransport.

Ausgezogene Schüttungspfeile: fluvioterrestischer und fluviatiler Transport.

Feingestrichelte Linie: Grenze zwischen Hörnli- und Bodenseeschüttung.

Erst mit der OSM setzte die Bodenseeschüttung stärker ein und beherrschte in der Ostschweiz ein Gebiet E der Linie St. Gallen–Konstanz, während das Einflussgebiet der Hörnlichschüttung erst W davon begann. Dieses Bild gilt bis zum Ende der Molassezeit, ja sogar noch darüber hinaus, dokumentiert durch einen Deckenschotter aus Material der Bodenseeschüttung auf dem Tannenbergr NW St. Gallen. Im nördlichen Beckenteil lieferte die Glimmersandrinne der Ost–West–Schüttung stetig Material aus E nach W, und gleichzeitig lässt sich im Kanton Zürich eine gegen NE gerichtete Sandzufuhr aus dem Napffächer erkennen.

Die subalpine Sommersbergzone ist – in grundsätzlicher Bestätigung der Interpretation von RENZ – ein miozänes Element der subalpinen Molasse, wobei die Brendenbachmergelzone ein OMM-Äquivalent darstellt, die höhern Teile aber der OSM zuzurechnen sind.

Im N des ostschweizerischen Molassebeckens beginnt zur Zeit der OMM die Juranagelfluhschüttung, die aber erst im Helvétien stärker einsetzt und ihre Hauptentwicklung zur Zeit der OSM erfährt.

WICHTIGSTE LITERATUR

- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1955): *Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse* (München).
- BLUMRICH, J. (1930): *Die miozäne Molasse des Pfänderstockes*. Schr. Ver. Gesch. Bodensees u. s. Umg. 58.
- v. BRAUN, E. (1953): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrhein-gebiet zwischen Zurzach und Eglisau*. *Eclogae geol. Helv.* 46/2.
- BRINKMANN, R. (1950): EMANUEL KAYSER'S «*Abriss der Geologie*». Ferd. Enke Verl. (Stuttgart).
- BÜCHI, U., & HOFMANN, F. (1945a): *Die obere marine Molasse zwischen Sitter-Urnäsch und dem Rheintal*. *Eclogae geol. Helv.* 38/1.
- (1945b): *Über das Vorkommen kohlig-kieseliger Schichten und verkieselter Baumstämme in der oberen marinen Molasse von St. Gallen*. *Eclogae geol. Helv.* 38/1.
- BÜCHI, U.P. (1950): *Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal* (Kreuzlingen).
- BÜCHI, U., & WELTI, G. (1950): *Zur Entstehung der Degersheimer Kalknagelfluh im Tortonien der Ostschweiz*. *Eclogae geol. Helv.* 43/1.
- (1951): *Zur Geologie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Goldingertobel und Toggenburg*. *Eclogae geol. Helv.* 44/1.
- BÜCHI, U. P. (1956): *Zur Geologie der oberen Meeresmolasse von St. Gallen*. *Mikropaläont. Beitr.* v. H. C. G. Knipscheer. *Eclogae geol. Helv.* 48/2.
- (1957): *Zur Gliederung des Burdigalien im Kanton Aargau*. *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing.* 23/65.
- CLOUD, P. E. (1955): *Physical Limits of Glauconite Formation*. *Bull. American Ass. Petr. Geologists* 39/4.
- FREUDENBERG, H. (1953): *Verfahren zur Herstellung von Formsand und nach dem Verfahren hergestellter Formsand*. Eidg. Amt f. geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 292146.
- FÜCHTBAUER, H. (1954): *Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse*. *Heidelberger Beitr. Min. u. Petr.* 4.
- (1955): *Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse*. *Ztschr. deutsche geol. Ges.*, Jg. 1953, 105/3.
- GALLIHER, W. E. (1935): *Glauconite Genesis*. *Bull. Geol. Soc. of America*, 46.
- GEIGER, E. (1943): *Erläuterungen zu Blatt 16 (Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bussnang) des geol. Atlas der Schweiz*.
- GRIM, R. E. (1953): *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Co. (New York).

- HABICHT, K. (1945 a): *Geologische Untersuchungen im südlichen st. gallisch-appenzellischen Molassegebiet*. Beitr. geol. K. Schweiz [NF] 83.
- (1945 b): *Neuere Beobachtungen in der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und dem st. gallischen Rheintal*. Eclogae geol. Helv. 38/1.
- HAUS, H.A. (1950): *Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetrogs im Bodenseegebiet während des mittleren Miozäns*. Mitt. bad. geol. Landesanst. f. 1950.
- HEIM, A., & BAUMBERGER, E. (1928): *Die subalpine Molasse des westlichen Vorarlbergs*. Vjschr. naturf. Ges. Zürich, 73.
- HENDRICKS, S.B., & ROSS, C.S. (1941): *Chemical Composition and Genesis of Glauconite and Celadonite*. American Mineralogist 26/12.
- HOFMANN, F. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie*. Jb. st. gall. naturw. Ges. 74.
- (1955 a): *Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz*. Eclogae geol. Helv. 48/1.
 - (1955 b): *Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken*. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. 22/62.
 - (1956 a): *Die Obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau*. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. 23/64.
 - (1956 b): *Ein experimentelles Verfahren zur Bestimmung der Kornform von Sanden*. Eclogae geol. Helv. 49/2.
 - (1957): *Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenbergr NW St. Gallen*. Eclogae geol. Helv. 50/2.
- JASMUND, K. (1951): *Die silicatischen Tonminerale*. Monogr. zu „Angew. Chemie u. Chemie-Ing. Technik“, 60. Verl. Chemie (Weinheim/Bergstr.).
- KLEIBER, K. (1937): *Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone*. Eclogae geol. Helv. 30/2.
- 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).
- LEUPOLD, W., TANNER, H., & SPECK, J. (1942): *Neue Geröllstudien in der Molasse*. Eclogae geol. Helv. 35/2.
- LUDWIG, H. (1925): *Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse zwischen Necker und Rhein*. Eclogae geol. Helv. 19/1.
- (1932): *Die Nagelfluhzonen von Forst und Sommersberg bei Altstätten*. Eclogae geol. Helv. 25/2.
- LUDWIG, A., & FALKNER, CH. (1901/04): *Beiträge zur Geologie der Umgebung St. Gallens*. Jb. st. gall. naturw. Ges., 1901/02, 1902/03.
- v. MOOS, A. (1935): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen*. Schweiz. min.-petr. Mitt. 15.
- PAVONI, N. (1952): *Die Geologie der Fallätsche und die Bedeutung des limnischen Niveaus für die Zürcher Molasse*. Vjschr. naturf. Ges. Zürich, 97.
- (1956): *Zürcher Molasse und Obere Süßwassermolasse der Ostschweiz, ein stratigraphischer Vergleich*. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. 22/63.
- DE QUERVAIN, F. (1949): *Die nutzbaren Gesteine der Schweiz*. Verl. Kümmerly & Frey (Bern).
- RENZ, H.H. (1937 a): *Zur Geologie der östlichen st. gallisch-appenzellischen Molasse*. Jb. st. gall. naturw. Ges. 69.
- (1937 b): *Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein*. Eclogae geol. Helv. 30.
- RUTSCH, R. F. (1928): *Geologie des Belpbergs*. Mitt. naturf. Ges. Bern, 1927.
- (1933): *Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern*. Beitr. geol. K. Schweiz [NF] 66.
 - (1947): *Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg (Kanton Bern)*. Beitr. geol. K. Schweiz [NF] 87.
 - (1956): *Die fazielle Bedeutung der Crassostreen*. Eclogae geol. Helv. 48/2.
- RUTSCH, R. F., & HÜGI, TH. (1956): *Bemerkungen zur Arbeit von F. HOFMANN: Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken*. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. 22/63.

- SAXER, F. (1943): *Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in der Nord- und Nordostschweiz, 1943. St. Gallen-Trogen-Gais*. Eclogae geol. Helv. 36/2.
 – (1942): *Quartäre Krustenbewegungen in der Gegend von St. Gallen*. Eclogae geol. Helv. 35.
- SCHUPPLI, H. M. (1952): *Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, IV. Mit einem Beitrag von F. HOFMANN*. Beitr. Geol. K. Schweiz, [Geotechn. Serie], 26/4.
- SPECK, J. (1953): *Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee*. (Zug).
- STAUB, R. (1934): *Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie*. Denkschr. Schweiz. naturf. Ges. 69/1.
- TANNER, H. (1944): *Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli*. Mitt. thurg. naturf. Ges. 33.
- TRÜMPY, R., & BERSIER, A. (1954): *Les éléments des conglomérats oligocènes du Mont-Pelerin*. Eclogae geol. Helv. 47/1.
- UDLUFT, H. (1947): *Formsand und Formsandvorkommen in Deutschland, Österreich und in der Tschechoslowakei*, Arch. Metallk., 1/2.

GEOLOGISCHE KARTEN

- Geologische Karte von St. Gallen und Umgebung* (A. LUDWIG & CH. FALKNER).
- Geologischer Atlas der Schweiz*, 1:25000, Blatt 23 (F. SAXER u. Mitarb.)
- Geologischer Atlas der Schweiz*, 1:25000, Blatt 4 (A. LUDWIG).
- Geologischer Atlas der Schweiz*, 1:25000, Blatt 16 (E. GEIGER).
- Geologische Generalkarte der Schweiz*, 1:200000, Blatt 3 (P. CHRIST & W. NABHOLZ).
- Geologische Generalkarte der Schweiz*, 1:200000, Blatt 1 (P. CHRIST).
- Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse* (Bayr. Geol. Landesamt).