

Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **53 (1960)**

Heft 1

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162699>

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.

Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz*)

Von **Franz Hofmann** (Schaffhausen)

Mit 5 Figuren und 11 Tabellen im Text

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	1
Geographische und geologische Verbreitung	2
Lithologie und Fazies	2
Sedimentpetrographische Untersuchungen	3
Untersuchungsmethodik	3
Schlamm- und Siebanalysen	4
Kornformbestimmungen	6
Karbonatbestimmungen	7
Schweremineralbestimmungen	7
Leichtmineraluntersuchungen	7
Allgemeine sedimentpetrographische Charakterisierung der Glimmersande der Ost-West-Schüttung	7
Technische Bedeutung der Glimmersande der Ost-West-Schüttung	9
Regionale Entwicklung der Glimmersandsedimentation innerhalb des schweizerischen Ablagerungsgebietes	10
Unterseegebiet	10
Irchelgebiet	15
Querschnitt Lägern-Limmat-Reppisch-Reuss	17
Überblick über die Entwicklung der Glimmersandsedimentation der Ost-West-Schüttung innerhalb des schweizerischen Ablagerungsgebietes	20
Allgemeine Bemerkungen zur Fazies der oberen Süsswassermolasse im schweizerischen Molassebecken	23
Literatur	25

EINLEITUNG

Die axiale Ost-West-Schüttung (Granat-Epidot-Schüttung) in der oberen Süsswassermolasse (OSM) des nördlichen voralpinen Beckens wurde von LEMCKE, v. ENGELHARDT und FÜCHTBAUER (1953) beschrieben und 1955 vom Verfasser erstmals auch in den Glimmersanden des thurgauischen Seerückens wieder-erkannt.

Es handelt sich bei diesen Ablagerungen innerhalb der oberen Süsswassermolasse um meist unverkittete, relativ karbonatarme, quarzreiche, helle Sande,

*) Ungekürzte Fassung der bei der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich zur Erlangung der *venia legendi* eingereichten Habilitationsschrift.

die zwischen den Molasse-Schuttdeltas jurassischen Einzugsgebietes im N (Jura-nagelfluhschüttungen) und jenen direkter alpiner Zufuhr im S liegen. Sie sind ein besonderes Element in der Schichtfolge der OSM. Ihr Material stammt aus einem nicht genau bekannten, weit im Osten liegenden, sehr wahrscheinlich alpinen Einzugsgebiet, dessen sandige Abtragungsprodukte über mehrere hundert Kilometer längs des Nordrandes des voralpinen Molassebeckens fluviatil nach Westen transportiert wurden.

Eine erste sedimentpetrographische Charakterisierung der schweizerischen Vorkommen gab der Verfasser 1955a; später (1955b, 1956a + b) konnten weitere Untersuchungsergebnisse bekannt gegeben werden, und inzwischen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt, die es ermöglichen, einen Überblick über diese spezielle Sedimentation, ihre Stellung und Bedeutung innerhalb der der nordostschweizerischen OSM zu geben. Die Untersuchungen stellen gleichzeitig auch ein sehr instruktives Beispiel für die Methoden und Möglichkeiten der Sedimentanalyse dar.

Von den älteren süddeutschen Autoren werden die Sande der Ost-West-Schüttung der OSM Steinbalmensande genannt. Die Bezeichnung Glimmersande, die in der vorliegenden Arbeit allgemein verwendet wird, wurde von E. GEIGER (1934) übernommen. Obwohl der Glimmergehalt nicht sehr bedeutend ist, fällt er doch sehr stark auf, weshalb die gewählte Benennung beibehalten werden soll; dies auch in Rücksicht auf früher publizierte Arbeiten.

GEOGRAPHISCHE UND GEOLOGISCHE VERBREITUNG

Die Glimmersande der Ost-West-Schüttung sind in Form rein fluviatiler Stromrinnen in die übrigen fluvioterrestrischen Sedimente der OSM eingelagert. Die Sandzufuhr aus E war stets sehr beträchtlich. Die Axe der Schüttung lag im alpenferneren Randgebiet des Molassebeckens und verlief während der ganzen Dauer der OSM-Zeit stets ungefähr vom Ueberlingersee über das Untersee-Schienerberggebiet zum nördlichen Irchel und über das Lägernggebiet nach W, wo sie sich wegen völliger Erosion verliert. Im zentralen Teil der Schüttung wurden insbesondere im Untersee-Hegau-Querschnitt lückenlos ausschliesslich Glimmersande sedimentiert, weshalb nirgends ein direkter Kontakt zwischen alpinen und jurassischen Molasseschuttdeltas sichtbar ist. In den Randzonen der Schüttung keilen die Glimmersande rinnenförmig lateral in den Ablagerungen der seitlichen Schuttfächer aus (siehe auch HOFMANN, 1956a).

LITHOLOGIE UND FAZIES

Das Auftreten der Glimmersande in Form von Stromrinnen mit unverfestigtem Material, mit Schüttungsrichtung E–W deutlich erkennbar zwischen die seitlichen Schuttfächer eingelagert, charakterisiert an sich schon den deutlich fluviatilen Charakter der Materialzufuhr (HOFMANN, 1955a, 1956a). Im Unterseeraum dürfte jedoch zeitweilig eine Art Sammelbecken von seeartigem Charakter existiert haben, wie später noch näher zu begründen sein wird.

In den Randzonen treten die Glimmersande in Form von lateral auskeilenden Bänken von 1 bis 30 m, meist von 5 bis 15 m Mächtigkeit auf.

Die Glimmersande fallen nicht nur durch die praktisch fehlende Verfestigung auf, sondern auch durch die schon makroskopisch auffallende Reinheit und den Quarzreichtum. Im frischen Zustand sind die Sande hell bläulich- bis silbergrau. Sie führen stets mehr oder weniger deutlich auffallende Glimmer und sind als fluviatile Sande mit sehr weitem Transportweg gut natürlich gewaschen.

Im zentralen Teil der Glimmersandschüttung sind die lückenlos abgelagerten Sandmassen nur durch ab und zu zwischengeschaltete, bis einige dm mächtige Aufarbeitungshorizonte unterbrochen. Diese, von den süddeutschen Autoren «Krokodilschichten» genannten Einschaltungen sind meist stark kalkig verfestigt und bestehen aus zusammengeschwemmten Mergelgallen, oft mit Schwemmkohlestückchen und Landschneckenschalen, nebst Glimmersandmaterial der gleichen Korngrösse, wie jene der reinen, unverfestigten Sande, in die sie eingelagert sind. Nicht selten findet man in diesen zusammengeschwemmten Horizonten Säugetierzähne und hie und da Unio-Schalen. Im Speckbachtobel (Steckborn TG) auf K. 525 m fand der Verfasser in einem solchen Horizont nebst zahlreichen andern Knochen einen sehr schön erhaltenen Suidenzahn, der von Dr. E. v. MANDACH †, Schaffhausen, bestimmt wurde.

Relativ oft finden sich stark kalkig verfestigte Knauer, z. T. mit bizarren, an moderne Skulpturen erinnernde Formen (Beispiele aufgestellt an der Strasse nach Raperswilen, S oberhalb Berlingen TG), z. T. als horizontale Walzen von 1 bis 2 m Länge und 10 bis 50 cm Durchmesser, sehr oft in typischer Zigarrenform (Sandbergwerk Krähstel S Dielsdorf ZH).

Konglomeratistische Einschaltungen finden sich im schweizerischen Sedimentationsgebiet der Ost-West-Schüttung nur im Grobsandhorizont über dem Magnetit-Tuffit am Schienerberg (HOFMANN, 1956b). Dieser einmalige Horizont enthält nebst ausgesprochenen Graupensanden vom Charakter der Helvétien-Grobsande kleine Gerölle (bis 10 mm) von Gangquarzen, welche Bildung einer einmaligen Verstärkung der Transportkraft entspricht, die sich bis in die Nordostschweiz auswirkte.

Innerhalb der Glimmersandsedimentation existieren keine ihr zuzuschreibende echte tonige Ablagerungen. Dagegen treten besonders im Irchelgebiet, seltener auch am Untersee, siltige, tonarme Glimmermergel auf, als feine Schwemmprodukte nachlassender Transportkraft oder lokaler toter Winkel. Wenig häufig finden sich Vermischungshorizonte tonig-mergeliger Sedimente der Hörnlischüttung mit Silten der Glimmersandschüttung (Tobel NW Neftenbach am Irchel; Riedtlibachtobel S Pfungen).

Alle diese Beobachtungen sprechen für wesentlich fluviatile Sedimentation, die u. a. sehr gut vergleichbar ist mit jener der granitischen Sande der USM (HOFMANN, 1957a).

SEDIMENTPETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

Untersuchungsmethodik

Zur sedimentanalytischen Charakterisierung der Glimmersande wurden verschiedene sedimentpetrographische Untersuchungsmethoden kombiniert, die nachstehend aufgeführt und erläutert sind. Sofern sie früher schon beschrieben worden

waren, sei für Details auf die betreffenden, jeweils erwähnten Literaturstellen verwiesen.

Schlamm- und Siebanalysen

Die granulometrische Analyse natürlicher Sande gibt sehr gute Aufschlüsse auf deren Aufbereitungsart. Von sämtlichen entnommenen Glimmersandproben wurden Schlamm- und Siebanalysen durchgeführt, wozu feucht homogenisierte Proben von 50 g Trockengewicht verwendet wurden. Für die Details der Prozedur sei auf die ausführliche Beschreibung bei HOFMANN 1955a verwiesen.

Die Proben wurden unter Zusatz von Natriumpyrophosphat als Dispergiermittel gekocht und anschliessend 5 Min. im hochtourigen Wirbler der Georg Fischer AG, Schaffhausen, aufgeschlossen. Nachher wurden die Schlammstoffe $< 20 \mu$ abgetrennt und der Rückstand für die Siebanalyse benützt.

Verwendet wurde der Standardsiebsatz für Giessereisande nach DIN 52 401, mit Sieben nach DIN 1171, der sich sehr eng an den in USA verwendeten Siebsatz anlehnt. Effektiv liegen die Maschenweiten der wichtigen Prüfsiebe unter 1,0 mm nach DIN innerhalb der Toleranzen der amerikanischen Maschenweiten. Tabelle I zeigt die beiden Siebreihen einander gegenübergestellt, zusammen mit den entsprechenden amerikanischen Mesh-Nummern (Maschenzahl pro Zoll).

Tabelle I. Verwendeter DIN-Siebsatz für Giessereisande im Vergleich mit den amerikanischen Prüfsieben

DIN 1171	US Series	
mm	mm	mesh/Nr.
3.0	3.327	6
1.5	1.651	12
1.0	1.167	16
0.6	0.589	30
0.4	0.414	40
0.3	0.295	50
0.2	0.208	70
0.15	0.147	100
0.1	0.104	140
0.075	0.074	200
0.06	0.053	270

DIN-Siebe nach DIN 1171, Drahtgewebe für Prüfsiebe, März 1934, und nach DIN 52401 Giessereisand. – Amerikanische Siebe nach American Society for Testing Materials (ASTM), Specification E-11-39, und nach Foundry Sand Handbook, 6th Ed., Chicago 1952.

Die amerikanischen Siebreihen entsprechen konsequent einer geometrischen Reihe mit dem Faktor 1.414 ($= \sqrt{2}$), was bei Aufzeichnung im logarithmischen Masstab gleiche Abstände ergibt. Die Maschenweiten der Siebe nach DIN 1171 sind leicht auf- oder abgerundete Werte einer geometrischen Reihe mit dem ungefähren Faktor $\sqrt{2.12^1}$.

¹⁾ Gegenwärtig ist eine Neu-Normierung der DIN-Siebe im Gange, deren Faktor den direkten Vergleich mit den amerikanischen Maschenweiten wesentlich beeinträchtigen würde.

Gesiebt wurde mit dem Siebapparat der Georg Fischer AG jeweils 15 Min. Aus allen Siebanalysen wurde die mittlere Korngrösse bestimmt, indem der Kornanteil ohne Schlammstoffe auf 100% umgerechnet und die entsprechenden Werte graphisch in Form einer Summenkurve dargestellt wurden. Jedem Korngrössenwert entspricht dabei die prozentuale Menge, die feiner als die betreffende Korngrösse ist, also für jedes Sieb der jeweilige Siebdurchgang. Die mittlere Korngrösse kann auch ohne Umrechnung des Sandanteils auf 100% bestimmt werden, indem

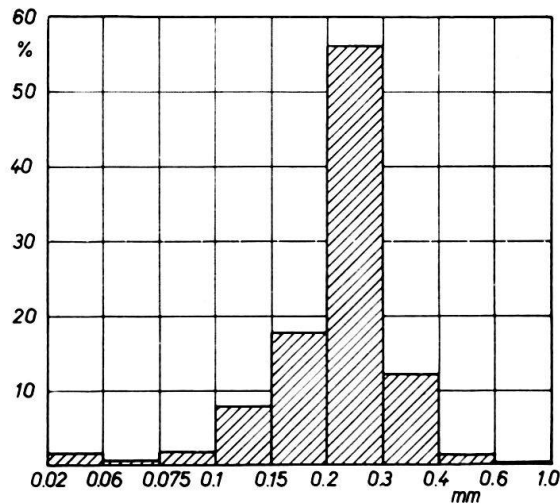


Fig. 1a. Darstellung der Kornverteilung des Glimmersandes aus Tabelle II in Form von Stablängen.

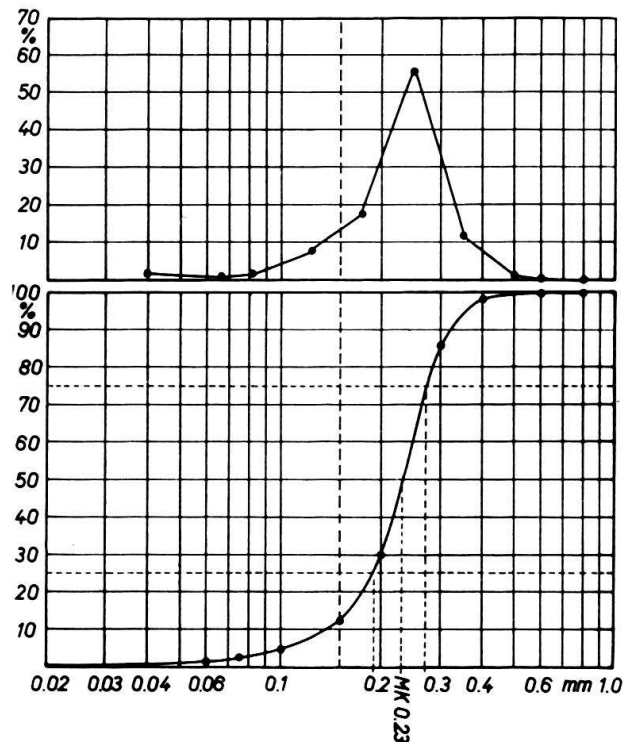


Fig. 1b (oben): Darstellung des Glimmersandes aus Tabelle II in Form einer Verteilungskurve. Fig. 1c (unten): Darstellung des Glimmersandes aus Tabelle II in Form einer Summenkurve. Eingetragen ist die mittlere Korngrösse bei 50% = 0.23 mm. Die Korngrösse bei 75% (0.28 mm) dividiert durch jene bei 25% (0.19 mm) ergibt den Verteilungskoeffizienten = 1.47.

eine Summenkurve ohne Schlammstoffe direkt gezeichnet und die mittlere Korngrösse beim halben Wert des Gesamtprozentanteils der Sandfraktion $> 20 \mu$ (ohne Schlammstoffe) bestimmt wird.

Der Verteilungskoeffizient (Sorting Coefficient) kann bestimmt werden, indem die Korngrösse bei 75% der Summenkurve durch jene bei 25% dividiert wird. Teilweise wird die Quadratwurzel aus diesem Wert als Sorting Coefficient bezeichnet.

Figuren 1a und 1b zeigen verschiedene graphische Darstellungsmöglichkeiten von Sandkörnungen. Die einfachere Darstellung in Form von Stablängen oder prozentualen Verteilungskurven (Fig. 1a und Fig. 1b oben) ergibt Bilder, die von der Zahl und Maschenweite der verwendeten Siebe abhängig ist. Die Summenkurve hingegen ist von den Sieben unabhängig, aber umso genauer, je mehr Siebe verwendet wurden.

Tabelle II zeigt die Körnung eines Glimmersandes, umgerechnet auf 100% = Anteil über 20μ , fraktioniert und kumulativ dargestellt; Fig. 1a und 1b zeigen die gleiche Körnung graphisch dargestellt. Bei der Summenkurvendarstellung ist auch das Prinzip der Bestimmung der mittleren Korngrösse und des Sorting Coefficient dargestellt.

Tabelle II. Siebanalyse eines typischen Glimmersandes ohne Berücksichtigung der Schlammstoffe

Siebmaschen- weite mm	Rückstand in % (Siebfraction)	Durchgang in %
1.0	—	100
0.6	0.1	99.9
0.4	1.5	98.4
0.3	12.3	86.1
0.2	56.0	30.1
0.15	17.8	12.3
0.1	7.9	4.4
0.075	1.9	2.5
0.06	0.8	1.7
0.02	1.7	—

Kornformbestimmungen

An einigen Proben wurde die Kornform bestimmt durch Messung des Eckigkeitskoeffizienten nach der Methode, die vom Verfasser 1956c beschrieben wurde. Der Eckigkeitskoeffizient (Kornrundungskoeffizient) ergibt sich aus dem Wert der mit dem Durchlässigkeitsverfahren bestimmten, wirklichen spezifischen Oberfläche (cm^2/g) des untersuchten Sandes, dividiert durch den Wert der theoretischen spezifischen Oberfläche in cm^2/g , der auf der Annahme der Kugelform aller Teilchen beruht und aus der Siebanalyse bestimmt wird. Je mehr die durchschnittliche Kornform von der Kugelgestalt abweicht, umso grösser ist der Eckigkeitskoeffizient. Im Fall völlig ideal runder Körner wären effektive und theoretische spezifische Oberfläche gleich und der daraus resultierende Koeffizient 1.0.

Karbonatbestimmungen

An sämtlichen Proben wurde der Karbonatgehalt mit dem Passon-Apparat und mit verdünnter Salzsäure (3 Teile Wasser, 1 Teil HCl) bestimmt. Bei diesem Verfahren reagiert der Kalkgehalt innert weniger Sekunden, während der Dolomitanteil sehr langsam angegriffen wird und erst nach etwa 15 Min. völlig aufgelöst ist. Diese Feststellung ermöglicht eine für die meisten sedimentpetrographischen Zwecke hinreichend genaue gleichzeitige Bestimmung des Kalk- und des Dolomitgehaltes: nachdem der Sand mit der Säure in Kontakt gekommen ist, reagiert zuerst sehr rasch der Kalk. Der Stillstand in der CO₂-Entwicklung zeigt nach wenigen Sekunden den Kalkanteil an, die weitere Reaktion den Dolomitgehalt.

Schweremineralbestimmungen

Zur Gewinnung der Schwermineralfraktionen wurden die Sandproben mit verdünnter Essigsäure behandelt und vom Karbonatgehalt befreit. Der Apatit blieb dadurch erhalten. Zur Bromoformtrennung wurde die Fraktion 0.06–0.4 mm verwendet. Dieses Vorgehen entspricht der bereits früher angewandten Prozedur (HOFMANN, 1957a) und ergibt Werte, die mit den Untersuchungen von H. FÜCHTBAUER aus der süddeutschen Alpenvorlandsmolasse direkt vergleichbar sind.

Leichtmineraluntersuchungen

Bei den Leichtmineralien wurde ebenfalls die Fraktion 0.06–0.4 mm untersucht. Wie früher wurden folgende Komponenten unterschieden:

Quarz: monokristalline Quarzkristallkörner.

Quarzit: aus kleinen Einzelindividuen zusammengesetzt, chalcedonartig.

Feldspat: Alle Feldspäte, die in Kanadabalsam auf Grund der niedrigeren Lichtbrechung erkennbar sind. Dieses Verfahren erfasst die meisten Fälle und war für den vorliegenden Fall hinreichend genau. Im Zweifelsfall wurden die übrigen optischen Eigenschaften bestimmt.

Gesteinstrümmer: alle silikatischen, meist wenig oder gar nicht durchsichtigen Körner, die nicht in eine der vorstehend aufgeführten Gruppen gestellt werden konnten.

Glimmer wurde nicht mit den übrigen Leichtmineralien mitgezählt.

ALLGEMEINE SEDIMENTPETROGRAPHISCHE CHARAKTERISIERUNG DER GLIMMERSANDE DER OST-WEST-SCHÜTTUNG

Die für die Differenzierung wichtigen sedimentpetrographischen Daten sind in den Tabellen enthalten, die die Besprechung der regionalen Querschnitte durch die Glimmersandschüttung von E nach W erläutern. Sie stellen eine typische Auswahl einer wesentlich grösseren Zahl untersuchter Proben dar.

Allgemein lassen sich die Glimmersande der Ost-West-Schüttung wie folgt charakterisieren:

Es handelt sich um relativ karbonatarme, diagenetisch kaum bis gar nicht verfestigte, fluviatile Sandablagerungen. In ihrer granulometrischen Zusammensetzung weichen die Glimmersande der Ost-West-Schüttung nicht allzusehr von den ebenfalls fluviatilen Knauersanden der Hörnlschüttung ab (HOFMANN, 1955a),

obwohl diese letztgenannten Sande bei weitem weniger weit transportiert wurden. Auch mit den granitischen Sanden bestehen in dieser Hinsicht weitgehende Parallelen. Besonders wertvolle Aufschlüsse ergab der Vergleich der mittleren Korngrößen.

Die Körner sind ganz allgemein sehr schlecht gerundet. Ihr Eckigkeitskoeffizient liegt zwischen 1.45 und 1.60, ein Zeichen für raschen, schwebenden fluviatilen Transport (siehe auch HOFMANN, 1957a).

Die Verteilungskoeffizienten liegen zwischen 1.4 und 2.0, gleich wie bei den Knauersanden der Hörnlschüttung (HOFMANN, 1955a).

Der Karbonatgehalt der reinen Glimmersande der Ost-West-Schüttung ist weitaus vorherrschend dolomitisch. Er liegt meist bei 10 bis 15%, im Gegensatz zum meist über 50% liegenden Karbonatgehalt der Sande der Hörnlschüttung.

Ganz bedeutende Unterschiede bestehen im Schwere- und Leichtmineralgehalt gegenüber den seitlichen jurassischen und alpinen Schüttungen: die Glimmersande der Ost-West-Schüttung sind sehr granatreich; als zweiter Hauptgemengteil kommt stark zurücktretend Epidot vor (deshalb Granat-Epidot-Schüttung nach H. FÜCHTBAUER). Alle übrigen Gemengteile spielen keine sehr bedeutende Rolle, ausser Erz und Apatit, die teilweise in grösseren Mengen auftreten können. Der effektive Gehalt an Schweremineralien liegt bei gröberen Typen (0.2 mm) um 1.5 bis 2%, bei feineren Varietäten um 1%.

Der Leichtmineralbestand ist quarzreich, ähnlich wie bei den Sanden der Bodenseeschüttung. Quarzitisches Körner sind häufig. Sie bestimmen vor allem die technische Verwendbarkeit (s. u.). Der Gesteinstrümmeranteil ist im Gegensatz zu den Sanden der Hörnlschüttung gering. Tabelle III zeigt einige Beispiele von Leichtmineralien-Kombinationen typischer Glimmersande. Es wurde darauf verzichtet, diese Bestimmungen bei allen Proben durchzuführen, weil sie wenig differenziert und diagnostisch nicht von Bedeutung sind.

Tabelle III. Leichtmineralkombinationen einiger typischer Glimmersande der Ost-West-Schüttung

Nr.	Quarz	Quarzit	Feldspat	Gesteinstrümmer
117	68	20	10	2
120	62	26	8	4
122	67	21	10	2
123	62	25	8	5

Die Nummern beziehen sich auf die Tabelle IV.

Charakteristisch ist der stets deutlich vorhandene Glimmergehalt. Meist handelt es sich um Muskovit, teilweise um ausgebleichten Biotit und Chlorit. Der effektive Gehalt an Glimmer ist aber stets geringer, als es den Anschein hat. Er dürfte 2 Gewichtsprozente kaum je übersteigen, ausgenommen in dünnen Anreicherungs-horizonten, wo Glimmer durch natürliche Flotation oft stark angereichert ist. Für die Differenzierung der Sande ist der Glimmergehalt nicht von Bedeutung.

Die Glimmersande zeigen nur wenige Anzeichen einer Zumischung von Material aus andern Schüttungen der seitlichen Molassedeltas. Geringe Mengen an Material

der Hörnlischüttung, zugeführt durch einmündende Flüsse, wären aber wegen der ähnlichen mineralogischen Zusammensetzung nur schwer zu erkennen. Ausgesprochene Mischhorizonte kommen aber immerhin, wenn auch selten, vor (Schneitberg bei Elgg, Eschenz am Untersee). Die Seltenheit solcher Mischgebiete ist ein wichtiger Hinweis auf die vorherrschend fluvioterrestrische Fazies der seitlichen Schuttdeltas.

Die Glimmersande der Ost-West-Schüttung entstammen offensichtlich einem kristallinen Einzugsgebiet (siehe auch LEMCKE, v. ENGELHARDT und FÜCHTBAUER, 1953; FÜCHTBAUER, 1954, 1955). Daher der relativ hohe prozentuale Schwere-mineralgehalt von 1 bis 2% (vergleichsweise beträgt er bei der Bodenseeschüttung mit umgelagertem, rein sedimentärem Flyschmaterial aus sekundärer Lagerstätte nur um 0.2%; siehe HOFMANN, 1957a). Natürlich ist auch bei der Glimmersandschüttung zu berücksichtigen, dass transport-nichtresistentes Material den Hauptanteil der Sande geliefert hat (für die Glimmersande vermutlich vorwiegend kristalline Schiefer), während die in der süddeutschen Molasse häufigen begleitenden Quarzitschotter offenbar bereits eine Anreicherung transport-resistenten Materials darstellen. Ähnliche Verhältnisse scheinen auch bei der Napfschüttung geherrscht zu haben.

Gegenüber den Glimmersanden der Ost-West-Schüttung zeigen die Sande der lateralen Schüttungen in der Nord- und Nordostschweiz folgende wesentlichen Unterschiede in der Zusammensetzung ihres Materials:

Bodenseeschüttung: rein kalkig, hoher Kalkgehalt, arm an Epidot, reich an Zirkon, Rutil, Staurolith und Erz, bei hohem Granatgehalt; schlammstoffreich, feinkörnig, deutlich fluvioterrestrisch, d. h. sehr heterogen aufbereitet, meist stark verfestigt.

Hörnlischüttung: sehr hoher Karbonatgehalt in Form von Körnern (über 50%, vorwiegend dolomitisch), epidotreich, granatarm, hoher Gehalt an Ophiolith-Trümmern, viele Radiolarittrümmer und sonstige silikatische Gesteinsbruchstücke, relativ wenig Quarzkörner, vorwiegend fluvioterrestrisch heterogen aufbereitet.

Napfschüttung: karbonatreicher mit vorherrschendem Kalk, granatarm, reich an sehr frischem, nicht selten idiomorphem Epidot, meist höherer Schlammstoff- und Feinkornanteil (kürzerer Transportweg, geringere Transportkraft).

Hegauschuttfächer (Juranagelfluh): überwiegend kalkige, sehr feine Körner, praktisch kein Dolomit. Wenig Granat, vorherrschend Zirkon und Rutil, wenig Quarz. Hoher Gehalt an Bohnerzkörnchen und jurassischen Mikrofossilien.

TECHNISCHE BEDEUTUNG DER GLIMMERSANDE DER OST-WEST-SCHÜTTUNG

Die gegenwärtig wichtigste technische Bedeutung der Glimmersande liegt in der Verwendung als Rohmaterial für die Grünglasfabrikation in Bülach, wozu Glimmersande in der Gegend von Embrach gewonnen werden.

Für die Giesserei-Industrie werden heute noch gelegentlich Glimmersande bei Eschenmosen (NW Embrach) und Wagenburg (SE Embrach) gewonnen, die in Embrach zusammen mit entkalkten, eiszeitlichen Gehängelehmen des Buchberges N Rüdlingen SH (verschwemmte Molasse) gewaschen werden. Die genannten

Glimmersande sind oberflächlich während der Eiszeit ausgelaugte, karbonatarme Vorkommen. Da der auch sonst relativ geringe Karbonatgehalt vieler Glimmersande bei nicht zu starker thermischer Beanspruchung aber kaum stört, stellen auch die nicht natürlich entkalkten Vorkommen eine nicht zu unterschätzende, unerschöpfliche Rohstoffquelle dar. Einschränkend wirkt der relativ hohe Gehalt an Quarzit-, Gesteinstrümmer- und untergeordnet auch Feldspatkörnern, die alle mehr oder weniger porös sind und bei Verwendung als Kernsande mit teuren organischen Bindemitteln (insbesondere Leinöl, Dextrin, Kunstharze) deren Verbrauch in wirtschaftlich untragbarer Weise erhöhen. Keine Rolle spielt diese Eigenschaft jedoch bei der Verwendung zur Aufbereitung tongebundener Formsande (bentonitgebundene «synthetische» Formsande).

Früher wurden Glimmersande für Giessereizwecke bei Mammern TG, Rorbas-Freienstein ZH, Seebach ZH und Uitikon ZH abgebaut, während des 2. Weltkrieges in grösserem Umfange auch am nördlichsten Schienerberg auf deutschem Gebiet («Höri»-Sand).

Bei Wäldi (Seerücken TG) werden Glimmersande zeitweise als Magerungsmittel für Ziegeleimassen abgebaut.

REGIONALE ENTWICKLUNG DER GLIMMERSANDESEDIMENTATION INNERHALB DES SCHWEIZERISCHEN ABLAGERUNGSGEBIETES

Figur 2 zeigt Querprofile durch die nachstehend besprochenen Querschnitte durch die Ost-West-Schüttung.

Unterseegebiet

Die bedeutendsten Vorkommen von Glimmersanden der Ost-West-Schüttung finden sich im Unterseegebiet (NW Bodensee), vor allem am Seerücken (Kt. Thurgau) und am Schienerberg (Kt. Schaffhausen und Baden). Untersuchungen aus diesem Gebiet wurden bereits früher publiziert (HOFMANN, 1955a + b, 1956b).

Profil a in Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch die Ost-West-Schüttung im Gebiet Thurtal-Untersee-Hegau, zusammen mit den stratigraphischen Zusammenhängen mit dem Hegauvulkanismus. Die zentrale Axe der Sandzufuhr lag vorwiegend im Gebiet des Schienerbergs. Die südliche Randzone der Glimmersandschüttung ist am Seerücken sehr deutlich aufgeschlossen (HOFMANN, 1955a). Figur 2a zeigt, dass die Glimmersandablagerung zeitweise sehr weit nach S transgredierte. Zur Zeit der Oehningerzone erkennt man eine deutliche Regression, gefolgt von einer kurzfristigen Südtransgression zur Zeit der Konglomeratstufe (Sandgrube Wäldi am Seerücken, Probe Nr. 109). Eine wenig mächtige, aber deutliche und durchaus unvermischte Einlagerung von Glimmersand findet sich auch innerhalb der Hörnli-Nagelfluh, die in einer Kiesgrube am Schönenberg, SE Eschenz, Koord. 708575/276620/560, aufgeschlossen ist. In den höheren Molassekomplexen am Seerücken finden sich dagegen keine Spuren von Glimmersanden mehr. Gegen das Ende der Molassezeit verlagerte sich die Glimmersandrinne immer weiter nach N und lag unmittelbar vor Beginn der basaltischen Eruptionen, d. h. am Abschluss der Molassesedimentation, am Hohenstoffel (HOFMANN, 1956a).

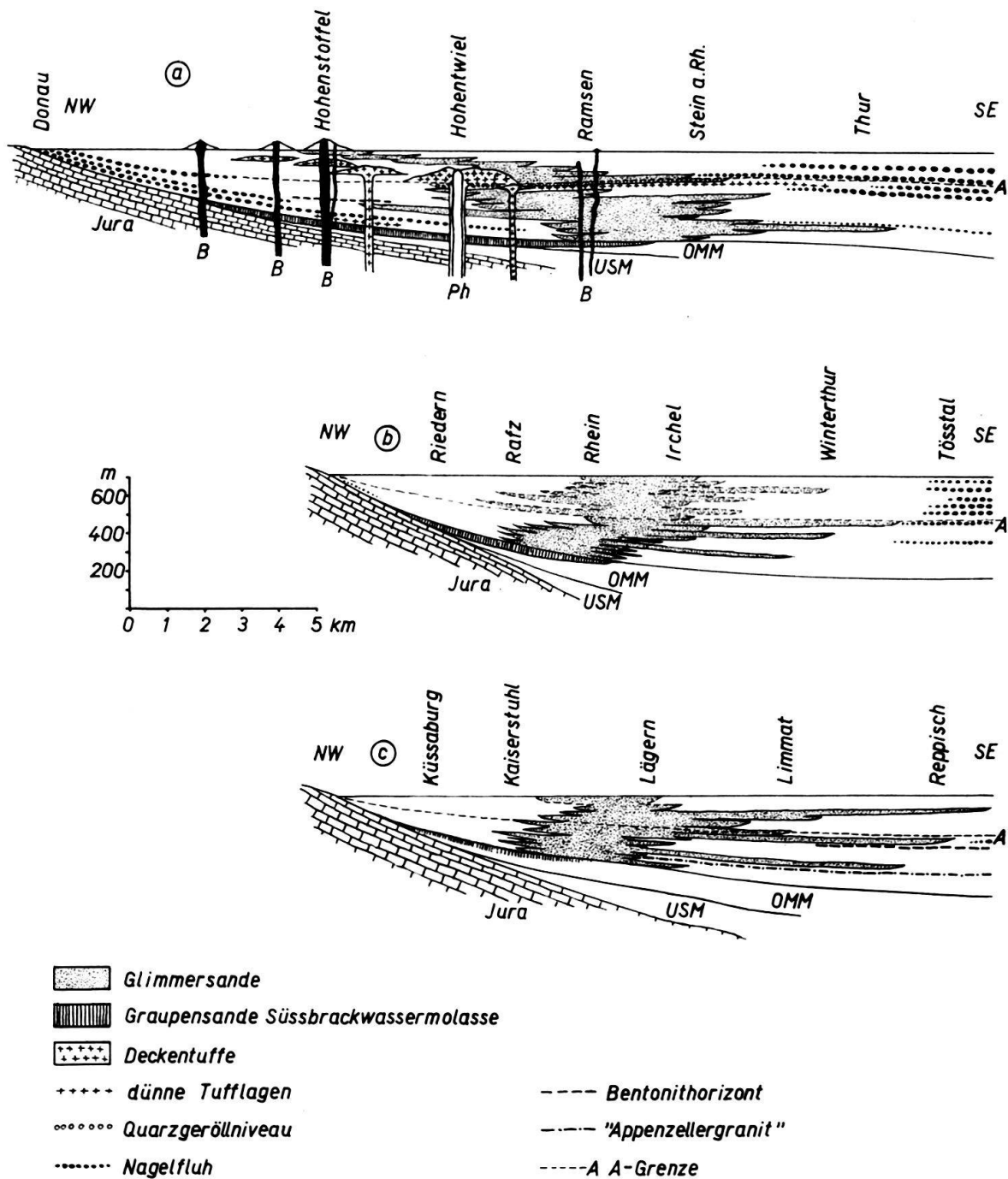


Fig. 2. a) Querprofil durch die Ost-West-Schüttung im Raum Hegau-Untersee-Thurtal;
 b) Querprofil im Irchelgebiet;
 c) Querprofil im Gebiet westlich von Zürich.

USM Untere Süswwassermolasse
 OMM Obere Meeresmolasse

Sedimentpetrographische, vor allem granulometrische Daten der Glimmersande des Unterseegebietes wurden schon früher publiziert (HOFMANN, 1955a + b, 1956b) und für die vorliegende Arbeit durch weitere Untersuchungen ergänzt. Die Resultate sind in den Tabellen IV und V enthalten.

Im Unterseegebiet bestehen ausgezeichnete Korrelationsmöglichkeiten mit der oberen Süsswassermolasse des Hegaus und der Ostschweiz, weshalb die Glimmersande in diesem Querschnitt besonders gut eingestuft werden konnten.

Besonders bedeutsam ist die kurzfristige Grobsandzufuhr mit kleinen Gangquarz-Geröllchen unmittelbar über dem Magnetit-Hornblende-Tuffitniveau am Schienerberg (HOFMANN, 1956b), welcher Horizont auch am Hohentwiel in der Sandgrube Twielfeld unmittelbar unter den Deckentuffen nachgewiesen wurde (1956b). Am Schienerberg lässt er sich gleichzeitig unmittelbar unter den zur Zeit der Konglomeratstufe bis dorthin vordringenden Nagelfluhen der Hörnlischüttung nachweisen.

Tabelle IV. Sedimentpetrographische Daten von Glimmersandvorkommen im Querschnitt Thurtal-Untersee-Hegau. Probe Nr. 118 enthält deutliche Mengen vulkanischer Hornblenden

Strat. Stufe	Nr.	Kar- bonat- Gehalt total %	Kalk K %	Do- lomit D %	K:D	MK mm	Granat	Epidot	Staurolith	Disthen	Apatit	Zirkon	Rutil	Erz	Hornblende	Turmalin	
T		108	0,8	0,0	0,8	—*)	0,20	33	28	9	+	5	—	+	15	6	3
Ko	A	109	2,2	0,0	2,2	—*)	0,12	41	21	8	1	8	2	4	11	2	1
		110	15,7	2,7	13,0	0,21	0,10	41	28	6	+	8	+	3	11	1	1
		111	3,8	1,0	2,8	0,36	0,12	38	16	5	1	16	1	3	16	1	2
Ku		G	112	10,7	8,0	2,7	3,0	0,37	95	1	1	—	—	+	2	+	—
	113		7,0	3,0	4,0	0,75	0,45	80	7	3	+	5	+	+	4	+	—
	114		2,9	1,5	1,4	1,07	0,65	82	6	1	+	5	1	2	2	+	+
ÖZ	B	115	10,5	0,5	10,0	0,05	0,20	86	3	5	+	3	+	+	1	+	+
MZ		116	11,0	2,0	9,0	0,22	0,19	85	4	3	+	2	—	2	3	+	—
		117	11,7	1,8	9,9	0,18	0,20	76	7	3	+	4	2	+	6	+	1
		118	10,8	2,5	8,3	0,30	0,13	61	9	5	+	3	+	2	10	9	+
	119	10,2	1,0	9,2	0,11	0,20	73	6	4	—	2	+	2	9	3	+	
	120	15,3	1,8	13,5	0,13	0,19	72	6	9	1	1	1	+	8	1	—	
	121	0,0	0,0	0,0	—*)	0,18	73	11	5	+	4	—	2	3	1	+	
	122	12,0	2,0	10,0	0,20	0,23	70	11	3	+	1	+	6	7	1	+	
	123	7,7	1,5	5,2	0,29	0,18	70	8	4	+	2	+	+	15	—	+	
BZ	124	11,8	1,8	10,0	0,18	0,22	79	6	+	+	2	+	2	8	—	2	
	125	14,6	0,6	14,0	0,04	0,15	71	2	2	1	4	2	5	12	—	+	
*) oberflächlich entkalkt																	

- 108 Hohenstoffel, Baden. Koord. 698150/294600/790. Liegendes der basaltischen Brockentuffe.
 109 Sandgrube N Wäldi, Seerücken, TG, S Ermatingen. Koord. 724030/277700/610.
 110 Honisheim, östlicher Schienerberg, Baden. Koord. 713750/283310/540. Einlagerung in Nagelfluh der Hörnlischüttung, Einmündung einer Nagelfluhschüttung in eine Glimmersandrinne.
 111 Herrentisch ob Wiesholz b. Ramsen SH. Koord. 705800/284600/660. Hangendes der Grobsandlage Nr. 114, unter Grenzpunkt Nr. 246.
 112 W Elmen, NW Oehningen/Baden, NE Stein am Rhein, Grobsandniveau. Koord. 708200/281600/590.
 113 Steig, Südostabfall des Schienerberges, Baden, Grobsandniveau im Liegenden einer Nagelfluhbank der Hörnlischüttung. Koord. 713100/283930/550.

- 114 Herrentisch ob Wiesholz b. Ramsen SH, Grobsandlage über vulk. Magnetituffit unter Grenzpunkt Nr. 246. Koord. 705800/284600/645.
- 115 Sandgrube Twiefeld, am Westfuss des Hohentwiel bei Singen, Hegau. Koord. 702670/291050/495. Liegendes der dortigen Grobsandbänke.
- 116 Osthang des Heilsberg, N Gottmadingen, Baden. Koord. 701120/289700/495. 20 bis 25 m unter dem Bentonithorizont.
- 117 Glarisegg-Hardtobel, zw. Mammern und Steckborn, Seerücken, TG. Koord. 715150/279000/490.
- 118 Tobelbach, S Kaltenbach (SW Stein a. Rh.). Koord. 704950/277760/530.
- 119 Steigwieslital, Mammern TG. Koord. 711280/277700/440.
- 120 SE Berlingen TG, «Burst». Koord. 719370/281200/500.
- 121 Schlucht, NE Stein a. Rh. Koord. 706370/280640/480.
- 122 Seehof, Aufschluss an der Strasse zw. Mammern und Steckborn TG. Koord. 713100/279000/430.
- 123 SE Berlingen TG, Schützenstand. Koord. 719000/281240/450.
- 124 Glimmersandsteinwand an der Bahnlinie Steckborn-Berlingen, E «Schweizerland». Koord. 717750/281250/410.
- 125 Sandgrube Schlattingen TG, Rodenberg-Südhang. Koord. 700000/280760/455.

T = Tannenbergschichten, Ko = obere Konglomeratstufe, Ku = untere Konglomeratstufe, ÖZ = Öhningerzone, MZ = Mittlerer Komplex der OSM, BZ = Basiszone der OSM, A = A-Grenze, B = Bentonitniveau, G = Grobsandniveau.

Die Tabellen IV und V zeigen, dass unterhalb des Grobsandniveaus die mittlere Korngrösse vorwiegend um 0,2 mm liegt, der Granatgehalt hoch und der Epidotgehalt klein ist. Diese Charakteristiken gelten auch für die unter dem Tuffitniveau liegenden, grossen Glimmersandmassen am Schienerberg.

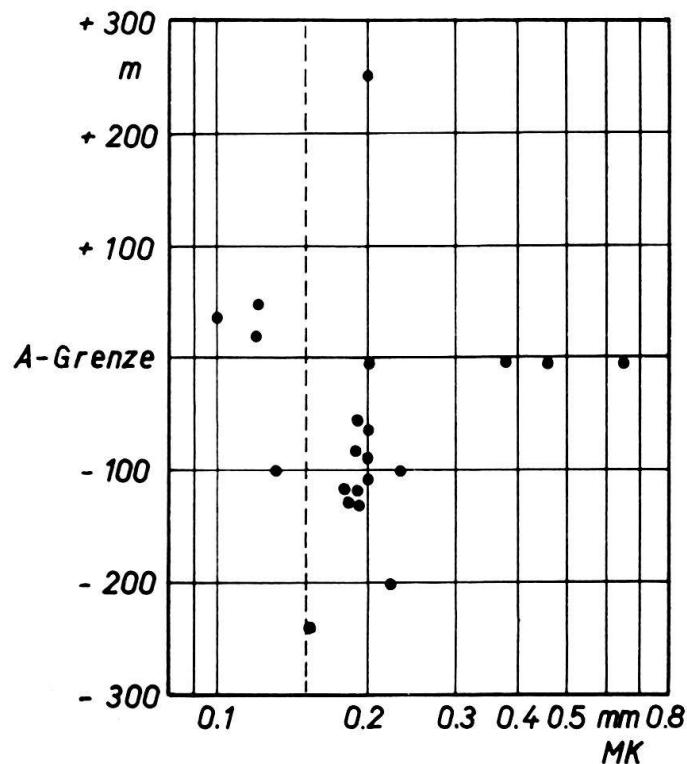


Fig. 3. Granulometrisches Vertikaldiagramm durch die Glimmersandschüttung im Querschnitt Seerücken-Untersee-Schienerberg-Hegau. Es wurden auch Daten aus früheren Untersuchungen (1955a) mitverwertet.

Tabelle V. Schlämm- und Siebanalysen der Glimmersande aus Tabelle IV im Querschnitt Thurtal-Untersee-Hegau

Sieb- Frak- tionen mm	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
> 1,0					0,2	5,9	13,3			0,1					0,1			
0,6 -1,0				0,1	1,9	16,2	37,4											
0,4 -0,6	0,7	0,2	0,1	0,3	35,0	32,3	20,8	0,2	0,7	1,6	0,1	0,2	0,9	0,1	1,4	0,5	1,2	
0,3 -0,4	6,9	0,5	0,5	0,5	35,1	11,6	3,6	5,3	3,9	7,0	0,3	2,3	5,6	2,5	11,6	3,4	10,7	0,2
0,2 -0,3	40,7	8,0	5,4	6,5	15,1	12,0	4,2	38,3	29,6	38,1	15,7	44,1	37,8	28,1	52,8	34,6	44,7	6,4
0,15 -0,2	20,7	18,3	9,6	15,2	3,5	5,1	2,1	27,8	27,0	22,6	21,2	26,2	26,9	26,2	16,8	25,2	15,5	31,5
0,1 -0,15	13,0	37,0	31,7	35,8	2,4	4,7	2,7	12,2	13,2	16,4	30,6	12,5	16,5	19,6	7,4	19,9	10,5	34,4
0,075-0,1	4,5	15,9	19,5	14,9	1,1	2,1	1,8	3,1	4,0	4,0	13,3	4,5	3,5	5,7	1,8	6,2	4,7	8,1
0,06 -0,075	2,2	5,8	9,4	6,0	0,8	1,2	1,5	0,9	1,6	1,8	4,8	2,0	1,2	2,4	0,8	2,2	2,2	2,3
0,02 -0,06	3,7	7,0	14,4	9,4	1,6	2,4	3,5	2,7	4,9	2,7	6,6	3,5	2,2	3,7	1,6	3,4	4,2	4,7
Schlämm- stoffe	7,8	7,3	9,4	11,4	3,3	6,5	9,6	9,3	15,0	5,7	7,3	4,7	5,4	11,7	5,8	4,7	6,3	12,4

Unmittelbar über dem Grobsandniveau nimmt der Epidotgehalt zu, während die mittlere Korngrösse deutlich auf ca. 0,12 mm abnimmt. Eine wesentliche Zumischung von Material der Hörnlschüttung lässt sich dabei jedoch nicht nachweisen. Diese sprunghafte Änderung der sedimentpetrographischen Charakteristiken entspricht der sog. «A-Grenze» der süddeutschen Autoren (LEMCKE und Mitarb., 1953; FÜCHTBAUER, 1954, 1955). Das Grobsandniveau stellt im Untersee- und Hegaugebiet einen ausserordentlich wichtigen Leithorizont dar, der auch am Irchel wieder angedeutet ist (s. u.). Weder in tieferen noch in höheren Komplexen der Glimmersandschüttung lassen sich derartige Grobsandhorizonte nachweisen. Figur 3 zeigt ein granulometrisches Vertikaldiagramm durch das Ablagerungsgebiet der Glimmersande im Untersee-Hegaugebiet.

Während das Interferenzgebiet Glimmersand-Hörnlschüttung am Seerücken sehr schön aufgeschlossen ist, ist die Verfächerung der Glimmersande mit den Ablagerungen des Hegaufächers (vorwiegend Hegaumergel mit Juranagelfluh) fast völlig erodiert und nur noch am Heilsberg und am Hohentwiel einigermaßen erkennbar.

Irchelgebiet

Sehr gut sind die Glimmersande der Ost-West-Schüttung auch im Gebiet des Irchels und bis in die Gegend von Winterthur erschlossen. Die zentrale Axe lag

Tabelle VI. Sedimentpetrographische Daten von Glimmersandvorkommen im Querschnitt Winterthur-Irchelgebiet. Proben Nr. 126 und 127 entsprechen höchst wahrscheinlich dem Grobsandniveau des Unterseegebietes.

Strat. Stufe		Nr.	Karbonat-Gehalt total %	Kalk K %	Dolomit D %	K:D	MK mm	Granat	Epidot	Staurolith	Disthen	Apatit	Zirkon	Rutil	Erz	Hornblende	Turmalin
Ku	G ?	126	15,4	1,5	13,9	0,11	0,20	86	4	3	+	3	—	+	2	+	1
	G ?	127	7,0	0,2	6,8	—*)	0,20	71	9	5	+	2	+	+	8	—	4
MZ		128	0,3	0,1	0,2	—*)	0,10	61	8	6	3	10	—	2	9	+	+
		129	16,3	2,5	13,8	0,18	0,09	71	10	2	+	6	2	4	4	—	+
		130	11,2	1,0	10,2	0,09	0,15	78	2	4	+	2	1	2	11	+	+
		131	6,0	0,5	5,5	0,09	0,14	73	4	+	—	5	1	3	11	+	2
		132	30,0	7,0	22,5	0,33	0,15	74	6	6	+	5	+	2	6	—	+
		133	12,5	1,0	11,5	0,09	0,15	68	6	5	+	10	1	2	6	—	1
BZ		134	10,2	0,8	9,4	0,08	0,15	67	6	3	1	4	+	+	18	+	+
		135	15,0	2,0	13,0	0,15	0,10	77	9	2	+	6	—	+	5	+	+
		136	0,5	0,0	0,5	—*)	0,12	76	7	2	2	5	—	+	5	1	1
		137	18,0	3,5	14,5	0,24	0,12	77	6	+	+	3	—	5	9	+	+
		138	21,5	5,0	16,5	0,30	0,13	65	4	5	+	4	—	3	18	—	+
		*) oberflächlich entkalkt.															

126 Irchelgebiet, Karholz NE Bebikon. Koord. 691150/267000/585. Vermutliches Grobsandniveau.

127 Sandgrube Wagenburg, S Pfungen. Koord. 690570/261100/615. Gelegentlich als Giessereisand verwendet.

- 128 S Buch am Irchel, N des Aussichtsturms. Koord. 689180/266400/ 590.
 129 Tobel WSW Bebikon am Irchel. Koord. 690250/266220/535.
 130 Irchelgebiet, Karholz NE Bebikon. Koord. 691100/267100/555.
 131 Irchelgebiet, an der Strasse Hünikon-Buch, Karholz. Koord. 691200/267300/545.
 132 N Breiten-Hünikon. Koord. 692300/268350/525. Knaueriger Sandstein mit Einfluss der Hörnischüttung.
 133 Sandgrube NW Breiten-Hünikon ZH, Irchelgebiet. Koord. 692080/268150/515.
 134 Riedtlbachtobel, S Pfungen. Koord. 689850/262350/535.
 135 Grube der Ziegelei Lufigen. S Embrach. Koord. 686300/260560/535.
 136 Sandgrube Eschenmosen, an der Strasse Embrach-Bülach. Koord. 685250/264050/530. Gelegentlicher Abbau als Giessereisand.
 137 Tobel SW Ödenhof. NW Neftenbach. Koord. 692000/265750/485.
 138 SE Dorf (SW Andelfingen). Koord. 691360/269160/465.

Ku = untere Konglomeratstufe der OSM, MZ = Mittlerer Komplex der OSM, BZ = Basiszone der OSM, G = vermutliches Grobsandniveau.

vorwiegend N der Linie Andelfingen-Flaach-Tössegg und war offenbar wesentlich schmaler, als im Gebiet des Schienerberges. Das Interferenzgebiet mit den Jura-nagelfluhschüttungen ist völlig erodiert. Die Verfächerung mit dem Hörnischütt-fächer zeigt ein wesentlich anderes Bild als im Kanton Thurgau: die einzelnen Transgressionen reichen weit nach Süden, ganz speziell auch zur Zeit des Übergangs zur Konglomeratstufe der OSM. Ein Profilquerschnitt ist in Figur 2b dargestellt.

Tabelle VII. Schlamm- und Siebanalysen der Glimmersande aus Tabelle VI im Querschnitt Winterthur-Irchelgebiet.

Sieb- Frak- tionen mm	Nr.	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
> 1.0														
0.6 -1.0														
0.4- 0.6			0,6								0,1	0,2		
0.3 -0.4		2,0	5,6	0,2	0,1	0,3	0,3	0,6	0,6	0,2	0,2	0,3	1,7	0,4
0.2 -0.3		44,6	39,1	4,8	0,5	10,5	8,5	8,8	15,3	7,9	1,1	3,3	3,0	7,5
0.15 -0.2		26,4	23,3	8,0	6,1	37,0	30,4	37,6	31,2	39,9	2,8	16,8	14,6	24,1
0.1 -0.15		11,8	13,5	34,2	33,0	28,2	27,2	27,4	30,4	31,0	41,3	36,7	51,6	39,9
0.075-0.1		4,2	4,2	30,4	23,8	7,2	8,8	8,0	7,8	8,4	25,9	15,0	15,0	10,0
0.06 -0.075		1,8	2,2	4,2	12,7	3,0	4,2	3,5	3,2	3,0	7,4	6,0	4,2	3,4
0.02 -0.06		3,2	4,7	6,0	13,3	4,4	6,8	5,4	3,9	4,4	9,0	10,2	4,4	5,0
Schlammstoffe		6,0	6,8	12,2	10,5	9,4	13,8	8,7	7,6	5,2	12,0	11,5	5,5	9,7

Die sedimentpetrographischen Daten in den Tabellen VI und VII zeigen, dass alle im Irchelgebiet erhaltenen Glimmersande unterhalb der A-Grenze liegen. Ein erhöhter Epidotgehalt lässt sich nirgends erkennen. Allgemein sind aber die mittleren Korngrößen von der OSM-Basis an kleiner, als in den entsprechenden Komplexen des Unterseegebietes. Die höchsten erhaltenen Glimmersande des Irchelgebietes zeigen aber wieder ein deutlich gröberes Korn (Proben 126 und 127, die vermutlich einer stratigraphisch identischen Sandschicht angehören). Es scheint

sich hier um die nach W ausklingende, stark abgedämpfte Grobsandschüttung des Unterseegebietes im Liegenden der A-Grenze zu handeln; sie wäre aus rein geologisch-stratigraphischen Analogiegründen auch etwa in diesem Niveau zu erwarten. Sämtliche tieferen Sande sind relativ sehr deutlich feinkörniger, zufolge offenbar schon stark reduzierter Transportkraft, verglichen mit dem Unterseequerschnitt. Der vermutliche Grobsandhorizont Nr. 126/127 lässt sich weit nach S gegen Winterthur verfolgen.

Die höchsten Schichten am Irchel würden demnach in die Basisregion der Konglomeratstufe der OSM hinaufreichen, wobei allerdings der Hörnlschüttfächer sich nicht in Konglomeratfazies in diese Richtung auswirkte. Die Hauptstossrichtung der Hörnlinagelfluhen ging damals über das Nollengebiet (NW Kt. St. Gallen, HOFMANN, 1951) und den thurgauischen Seerücken und Ottenberg bis zum Schienerberg hinaus. Bei rein lithologisch-feldmässiger Kartierung ist im Irchelgebiet eine nicht unbeträchtliche Fehlergrenze der Horizontierung zu erwarten, da eindeutige Leithorizonte hier innerhalb der OSM vollkommen fehlen. Die vorliegenden sedimentpetrographischen Untersuchungen stimmen bei Berücksichtigung dieser Gedankengänge prinzipiell sehr gut mit den Kartierungen von U. BÜCHI (1958) überein.

Querschnitt Lägern–Limmat–Reppisch–Reuss

Das Querprofil durch die Ost-West-Schüttung westlich von Zürich ist das westlichste Gebiet, in dem sich der Aufbau der Glimmersandsedimentation noch einigermaßen rekonstruieren lässt. Die Fundstellen von Glimmersanden östlicher Herkunft sind aber südlich der Lägern sehr selten. Die Axe der Materialzufuhr lag vorwiegend nördlich der Lägern und verlief von dort nach der Gegend von Brugg. Zu verschiedenen Zeiten transgredierte aber die Glimmersande weit nach Süden, so z. B. bei Zürich bis in das Gebiet der Stadt. Weiter im W, im Kt. Aargau, lassen sich die südlichsten Transgressionsspitzen bis in die Gegend S Birmensdorf ZH (Probe Nr. 139) und bis S Lenzburg nachweisen (Probe Nr. 146). Noch weiter westlich ist die OSM in der in Frage kommenden Zone praktisch völlig erodiert.

Die Sedimentationsverhältnisse sind im Profil Figur 2c dargestellt.

Alle noch weiter südlich gelegenen und von N. PAVONI (1956, 1957) unterschiedlos zusammen mit den Glimmersanden der Ost-West-Schüttung beschriebenen ähnlichen Sande gehören entsprechend ihren sedimentpetrographischen und lithologischen Charakteristiken teilweise der Napfschüttung an, teilweise handelt es sich aber um Ablagerungen der Hörnlschüttung, die einem Vergleich mit wirklichen Glimmersanden nicht standhalten. Dies gilt insbesondere für die von N. PAVONI erwähnten «Glimmersande» der Uetliberg-Gipfelschichten (Fernsehstation). Diese Bildungen sind karbonatreiche Sedimente der Hörnlschüttung, wie sie in deren Ablagerungsgebiet überall vorkommen: 61% Karbonat, wovon 18% Kalk, 43% Dolomit; mittlere Korngrösse 0,09 mm; Schweremineralien: Granat 12%, Epidot 63%, Apatit 5%, Zirkon 9%, Rutil 5%, Erz 5%, Turmalin 8%. (Bestimmung an der untern Schicht zwischen den beiden Gipfelagelfluhen; die obere «Glimmersandschicht» war gleichartig, aber noch wesentlich weniger typisch glimmerig).

Auch weitere «Glimmersande» nach N. PAVONI, z. B. am Rüttschlibach (Fältsche), am Buchhoger (Waldegg) und am Wehrenbach halten weder lithologisch noch sedimentpetrographisch einem Vergleich mit typischen Glimmersanden der Ost-West-Schüttung oder der Napfschüttung stand. Ein etwas auffälliger Muskwitgehalt ist für die Deutung der Glimmersande nicht massgebend.

Sedimentpetrographische Daten für die Glimmersande des Querprofils W Zürich sind in den Tabellen VIII und IX enthalten. Zum Vergleich zeigt Tabelle X Daten einiger Glimmersande der Napfschüttung, mit granulometrischen Analysen in Tabelle XI.

Tabelle VIII. Sedimentpetrographische Daten von Glimmersandvorkommen im Querschnitt Kaiserstuhl-Lägern-Limmat-Reppisch-Reuss

Strat. Stufe	Nr.	Kar- bonat- Gehalt total %	Kalk K %	Do- lomit D %	K:D	M K mm	Granat	Epidot	Staurolith	Disthen	Apatit	Zirkon	Rutil	Erz	Hornblende	Turmalin	
T		139	0,0	0,0	0,0	—*)	0,21	80	8	4	+	4	—	+	3	—	+
ÖK	B	140	12,9	2,5	10,4	0,24	0,20	71	10	4	+	2	+	4	8	—	+
		141	24,5	6,5	18,0	0,36	0,10	72	7	2	+	7	+	3	8	—	+
MZ		142	4,5	2,0	2,6	—*)	0,19	67	6	2	+	5	—	3	12	1	2
		143	15,0	2,0	13,0	0,15	0,16	74	8	3	—	2	—	+	2	—	+
		144	19,5	9,0	10,5	0,86	0,16	72	4	5	+	6	—	2	10	—	+
		145	18,5	3,3	15,2	0,22	0,12	68	8	5	3	6	+	4	6	—	+
		146	19,5	5,5	14,0	0,39	0,12	68	8	2	1	5	+	2	13	—	+
		147	10,5	1,0	9,5	0,11	0,16	86	3	1	1	2	+	1	5	—	+
BZ		148	23,0	7,6	15,4	0,49	0,12	67	15	5	3	2	+	+	7	+	+
*) oberflächlich entkalkt.																	

139 Sandgrube 500 m W Aesch, S Birmensdorf ZH. Koord. 674700/243050/600.

140 Sandgrube Uitikon ZH. Koord. 676120/248000/580. Früher als Giessereisand abgebaut.

141 Linkes Seitentobel der Reppisch, bei Ob. Reppischtal. Koord. 673550/246120/560. 23 m über dem Bentonithorizont.

142 Stadlerberg, NW Stadel ZH. Koord. 675850/265200/600.

143 Strasse Triemli-Waldegg, Zürich. Aufschluss bei Bauarbeiten. Koord. 679500/246700/580. Leg. Dr. U. Büchi.

144 Strasse Stadel-Buchs, W Stadel ZH. Koord. 676480/264250/535.

145 Sandgrube Oberdorf, N Watt, NW Katzenssee ZH. Koord. 678930/256080/500.

146 Rietenberg S Ammerswil AG (SE Lenzburg), Waldstrasse. Koord. 657750/245100/560.

147 Sandgrube Käshalde, N Seebach-Zürich. Koord. 683000/254000/470. Hangendes des «Appenzeller-Granites».

148 Sandbergwerk Krähstel, E Buchs ZH. Koord. 676750/256900/500. Früherer Abbau für die Glasfabrikation.

T = Tannenbergschichten der OSM, ÖK = Übergangsgebiet Öhningerzone-Konglomeratstufe der OSM, MZ = Mittlere Zone der OSM, B = Bentonitniveau.

Bedeutsam ist das Glimmersandniveau Nr. 141 ca. 20 m über dem Bentonithorizont des Reppischtals, dessen Charakteristiken noch den Glimmersanden unterhalb des Grobsandniveaus (A-Grenze) entsprechen. Die A-Grenze wäre demnach wenig höher zu erwarten, doch lässt sich ein Grobsandniveau westlich von Zürich

wegen völliger Erosion der kritischen Zonen nicht mehr nachweisen. Die höchsten Horizonte der Gegend (Probe Nr. 139) liegen über der Konglomeratstufe, jedoch noch nicht so hoch wie der Glimmersand des Hohenstoffel im Hegau, und sie zeigen wieder ein deutliches Epidotminimum. Die für die Konglomeratstufe typischen, epidotreicheren Sande über der A-Grenze (Tab. IV) im Unterseegebiet fehlen wegen völliger Erosion im Gebiet W von Zürich ebenso wie auch am Irchel.

Die Glimmersande der Napfschüttung im Gebiet von Zürich–Lenzburg (Tab. X und XI) zeigen den schon früher (1957) vom Verfasser erwähnten hohen Gehalt an frischem Epidot, gegenüber den Glimmersanden der Ost-West-Schüttung einen erhöhten Karbonatgehalt mit Kalkvormacht und meist deutlich abweichende granulometrische Eigenschaften. Mit den Glimmersanden östlicher Herkunft haben sie nur den grundsätzlich ähnlichen Leichtmineralbestand und den Glimmer-

Tabelle IX. Schlamm- und Siebanalysen der Glimmersande aus Tabelle VIII im Querschnitt Rhein–Lägern–Reuss.

Nr. Sieb- Fraktionen mm	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148
> 1.0										
0.6 –1.0										0,1
0.4 –0.6	0,3	0,5		3,2		0,2			0,1	0,5
0.3 –0.4	4,1	5,9	0,2	9,4	0,4	0,7	0,1	0,2	0,6	2,5
0.2 –0.3	45,8	38,3	3,6	27,3	14,2	18,8	4,1	2,9	8,8	22,1
0.15 –0.2	23,2	19,9	12,3	14,3	43,2	29,0	16,5	21,8	50,8	31,2
0.1 –0.15	13,1	14,7	31,6	14,5	28,2	20,6	48,4	46,6	26,6	26,5
0.075–0.1	3,5	4,9	19,8	6,7	4,6	6,8	15,4	8,9	3,8	5,3
0.06 –0.075	1,5	2,1	9,2	3,5	1,8	3,4	4,5	3,6	1,5	2,2
0.02 –0.06	3,3	4,9	12,4	7,3	2,6	8,8	5,4	6,7	2,2	3,2
Schlammstoffe	5,2	8,8	10,9	13,8	5,0	11,7	5,6	9,3	5,6	6,4

Tabelle X. Sedimentpetrographische Daten von Glimmersanden der Napfschüttung aus dem Gebiet zwischen Zürichsee und Aare.

Nr.	Kar- bonat- Gehalt total %	Kalk K %	Do- lomit D %	K:D	MK mm	Granat	Epidot	Staurolith	Disthen	Apatit	Zirkon	Rutil	Erz	Hornblende	Turnalin
149	16,2	11,2	5,0	2,2	0,25	18	72	—	—	8	+	+	+	—	—
150	22,3	17,0	5,3	3,2	0,09	9	66	+	—	15	—	2	4	3	+
151	27,5	20,0	7,5	2,7	0,07	15	59	+	—	14	+	2	9	—	+
152	21,5	16,5	5,0	3,3	0,15	12	75	—	—	11	—	—	2	—	—
153	29,0	17,5	11,5	1,5	0,06	21	57	+	—	6	—	2	13	—	+

149 Lindenberg AG. Leg. Dr. U. Büchi.

150 Albispass-Strasse E Türlensee. Koord. 680500/235400/680.

151 Rietenberg S Ammerswil AG (SE Lenzburg), Waldstrasse. Koord. 657900/245000/580.

152 Mutschellenstrasse, E Bremgarten AG. Koord. 668100/245150/420.

153 Meiengrün, NW Hägglingen AG. Koord. 660900/249400/520.

Tabelle XI. Schlamm- und Siebanalysen der Glimmersande der Napfschüttung aus Tabelle X. Gebiet Zürichsee-Aare.

Sieb- Fraktionen mm \ Nr.	149	150	151	152	153
> 1.0					
0.6 -1.0	0,2				
0.4 -0.6	11,4				
0.3 -0.4	18,7	0,2		1,4	0,2
0.2 -0.3	24,7	1,6	0,2	12,6	0,2
0.15 -0.2	8,0	4,2	0,4	33,0	0,6
0.1 -0.15	7,4	25,3	4,6	29,3	5,4
0.075-0.1	3,8	24,1	21,0	7,0	17,7
0.06 -0.075	2,4	9,1	31,6	2,9	31,9
0.02 -0.06	7,4	15,4	37,0	5,7	39,6
Schlammstoffe	16,0	19,7	5,2	8,1	4,4

gehalt gemeinsam. Diese Feststellungen genügen, um zu zeigen, dass beide Arten von Glimmersanden nicht als «Kondensationshorizonte» von Material der Hörnli-schüttung (PAVONI, 1957) gedeutet werden können, ganz abgesehen von den völlig andersartigen Schweremineralien (vgl. Daten bei HOFMANN, 1957a). Sämtliche Glimmersande entstammten rascher, rein fluviatiler Sedimentation und sind durchaus keine Produkte limnisch-lakustrer Entstehung. Allgemein sprechen die Daten der Napfschüttung für relativ langsameren Transport, jene der Ost-West-Schüttung für schnellen Transport (ähnlich wie bei den granitischen Sanden der unteren Süsswassermolasse).

Die Zuweisung der Glimmersandvorkommen des Gebietes von Zürich-Lenzburg zu zwei völlig verschiedenen, nicht der Hörnli-schüttung angehörenden Material-zufuhrsystemen dürfte klar zeigen, dass diese Sandhorizonte nur mit äusserster Vorsicht als Leithorizonte verwendet werden dürfen. Jedenfalls wären sie vorher in jeder Beziehung sedimentpetrographisch zu identifizieren.

Ganz besonders eindrucksvoll ist das Auftreten von Glimmersanden der Ost-West-Schüttung und der Napfschüttung im gleichen Schichtverband in der Gegend von Ammerswil S Lenzburg, am Rietenberg (Proben Nr. 146, Glimmersand der Ost-West-Schüttung auf K. 560 m, überlagert von Glimmersand der Napfschüttung, Probe Nr. 151, auf K. 580 m). Jene Gegend ist also ein ausgesprochenes Interferenzgebiet zwischen Napf- und Ost-West-Schüttung. Dabei ist es makroskopisch praktisch unmöglich, die Herkunft der Sande im Feld zu deuten.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ENTWICKLUNG DER GLIMMERSAND- SEDIMENTATION DER OST-WEST-SCHÜTTUNG INNERHALB DES SCHWEIZERISCHEN ABLAGERUNGSGEBIETES

Figur 4 zeigt ein schematisches, schweremineralogisches Vertikalprofil durch die Ost-West-Schüttung innerhalb der Nord-Nordost-Schweiz. Es zeigt das Granat-Epidot-Verhältnis in Abhängigkeit von der stratigraphischen Lage.

In Figur 5 wurde versucht, die Ausdehnung der fluviatilen Glimmersand-sedimentation im schweizerischen Ablagerungsgebiet zu verschiedenen Zeiten dar-

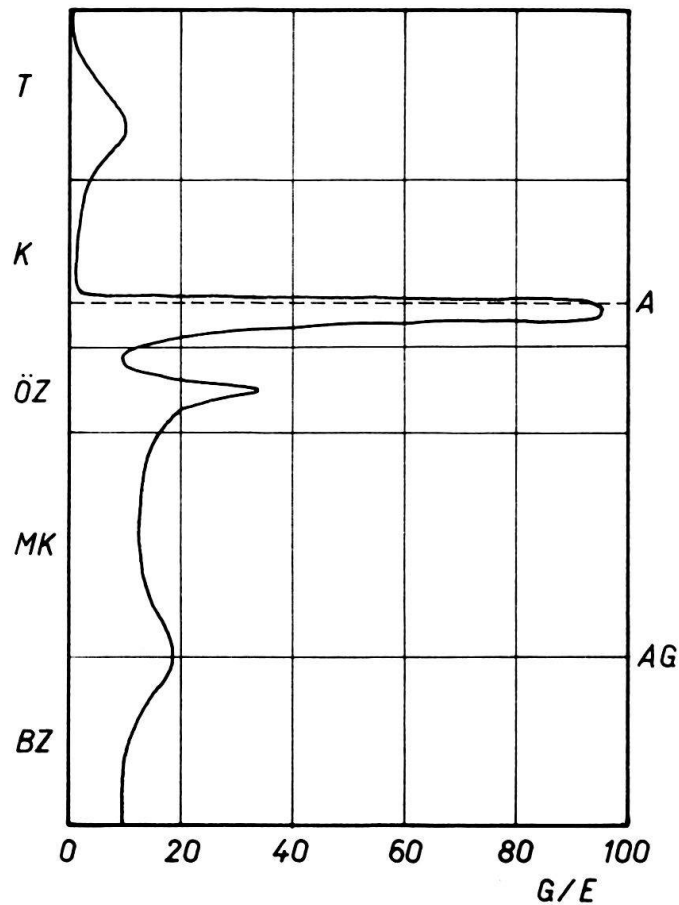


Fig. 4: Schematisches schwermineralogisches Querprofil durch die Glimmersandschüttung im schweizerischen Sedimentationsgebiet.

Abhängigkeit des Granat-Epidotverhältnisses von der stratigraphischen Höhe.

G = Granat, E = Epidot

zustellen. Die Skizzen zeigen, dass die Glimmersandrinne sehr stark von den seitlich einwirkenden Schuttdeltas, insbesondere vom Hörnlfächer, beeinflusst wurde: vor der Konglomeratstufe war dessen Wirksamkeit relativ gering, und die Glimmersande transgredierte auch am Seerücken relativ weit nach S. Zur Zeit der Konglomeratstufe mit ihren Geröllschüben weit nach N (Unterseegebiet, Hofmann, 1955a + b, 1956a + b, 1957a) wurde das Rinnensystem der Ost-West-Schüttung aber stark nach N zurückgedrängt, konnte dafür aber im Gebiet westlich der Hauptstoss-Richtung des Hörnlfächers meist ziemlich weit nach S eindringen. In jener Gegend machte sich das Fehlen eines wesentlichen Schuttfächers zwischen Hörnli- und Napfdelta sehr deutlich bemerkbar: aus der alpinen Hochzone des Aar- und Gotthardmassivs konnten sich keine bedeutende Entwässerungssysteme entwickeln, wohl aber seitlich davon (Napf- und Hörnlichüttung). Deshalb entwickelte sich im Vorland dieser alpinen Hochzone ein sehr ruhiges Sedimentationsgebiet, das kaum je von Konglomeratschüben erreicht wurde; es konnten sich weitverbreitet limnische Bildungen mit Süsswasserkalken und Kohlenbildungen entwickeln. Gleichzeitig war die Möglichkeit zur weiten Ausdehnung des katastrophenartig ins Vorland ausbrechenden Kalk-Dolomit-Breis des «Appenzeller-

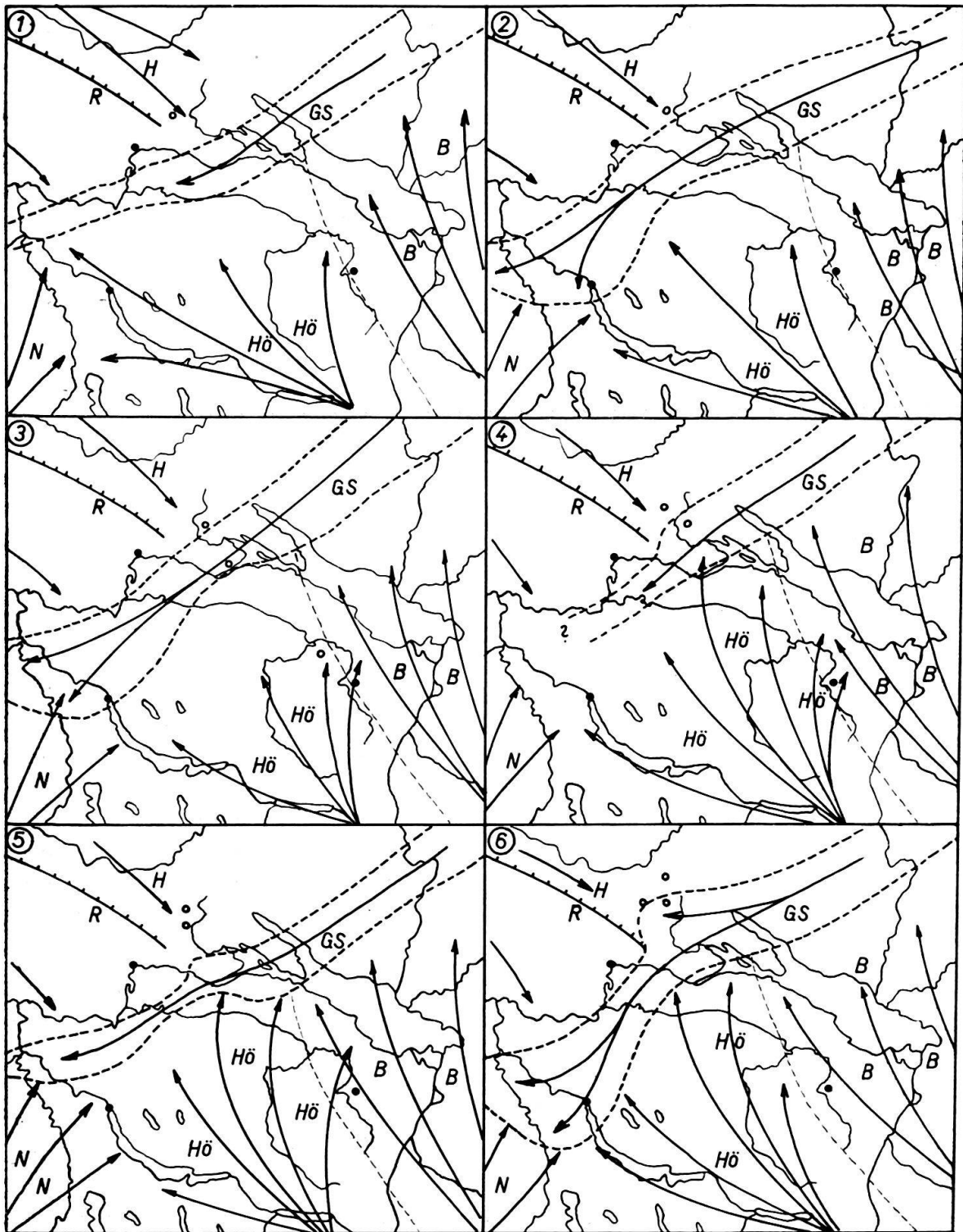


Fig. 5. Entwicklung der Ost-West-Schüttung (Glimmersandsedimentation) im schweizerischen Ablagerungsgebiet.

1. Zeit der Entstehung des «Appenzellergranits» (konglomeratisch-brekiös-schlammige Kalk-Dolomit-Schüttung mit katastrophenartiger Überflutung des Vorlandes aus dem Hörnli-fächer.
2. Zeit nach der Entstehung des «Appenzellergranits», unterer Teil der mittleren Zone der OSM.
3. Oberer Teil der Oehningerzone, Zeit zwischen den ostschweizerischen Bentonit-eruptionen und der Eruption der Magnetit-Tuffite Hegau-Schienerberg-Seerücken.

granits» gegeben. Entsprechend konnten sich auch die fluviatilen Glimmersande überschwemmungsartig weit in jenes ruhige Gebiet ausbreiten.

Ganz im Gegensatz dazu steht das Gebiet E des Hörnlfächers, wo der Bodenseeschuttfächer (HOFMANN, 1957a) bedeutende Mengen fluvioterrestrisch verschwemmten Flyschmaterials in Vorland führte. Es überrascht deshalb nicht, dass dort echte limnische Bildungen äusserst selten sind. Einzig im toten Winkel zwischen Hörnli- und Bodenseeschüttung, in der Gegend von Kreuzlingen, sind Süsswasserkalkhorizonte in verschiedenen stratigraphischen Lagen bezeichnenderweise recht häufig.

Intramolassische Bewegungen im Untergrund sind während der Ablagerung der OSM als sehr wahrscheinlich anzunehmen (HOFMANN, 1955a+b, 1956a). Auffallend ist die allgemein deutliche Reduktion der mittleren Korngrösse der Glimmersande der Ost-West-Schüttung von E nach W, d. h. zwischen Untersee-Hegaugebiet und dem westlich davon gelegenen Sedimentationsraum. Es scheint, dass die alte Barriere der intramolassisch entstandenen Randen-Hegau-Verwerfung (HOFMANN, 1956a) eine nicht unwesentliche Stauwirkung ausübte. Entsprechend sedimentierten östlich davon (Untersee-Schienerberg) viel grössere Mengen von Glimmersanden, während die über diese Schwelle nach W transportierten Sande bei reduzierter Transportkraft entsprechend feiner waren. Das Unterseegebiet war ohne Zweifel eine Art Sammelbecken.

Auffallend ist der im W meist etwas erhöhte Karbonatgehalt der feineren Sande. Vermutlich ist dies auf eine selektive Karbonatanreicherung zurückzuführen (Flotationswirkung etc.), viel eher als auf eine wesentliche Zumischung von lateralem Hörnlichüttungsmaterial, die aber immerhin auch nicht ausser acht gelassen werden darf.

Über die westliche Fortsetzung der fluviatilen Sedimentation der Ost-West-Schüttung ist bis heute nichts bekannt. Die Axe des Glimmersand-Rinnensystems muss etwa unter und südlich der Kettenjuraaufschiebung liegen, da nördlich davon allgemein Sedimente der Juranagelfluhschüttungen auftreten. Das kritische Gebiet ist aber auch dort fast völlig erodiert, doch könnten sich hie und da noch einzelne Relikte von Glimmersanden finden. Zu berücksichtigen ist aber die bereits erwähnte Annahme des Sammelbeckens Untersee, in welchem vermutlich der grösste Teil der zugeführten Sande abgelagert wurde. Nach W über die Aare hinaus wurden wohl nur noch bescheidene Glimmersandmengen verfrachtet.

ALLGEMEINE BEMERKUNGEN ZUR FAZIES DER OBEREN SÜSSWASSERMOLASSE IM SCHWEIZERISCHEN MOLASSEBECKEN

Die vorliegende Bearbeitung der Glimmersedimentation und die bisher vorliegenden Kenntnisse der oberen Süsswassermolasse des Alpenvorlandes erlauben

4. Zeit der Grobsand- und Quarzgeröllzufuhr innerhalb der Ost-West-Schüttung (untere Konglomeratstufe).
 5. Höhere Konglomeratstufe der OSM.
 6. Tannenbergsschichten der OSM, über der Konglomeratstufe.
- B = Bodenseeschüttung, GS = Glimmersandschüttung (Ost-West-Schüttung), H = Hegauschüttung, Hö = Hörnlichüttung, N = Napfschüttung, Kleine Kreise = tätige vulkanische Ausbruchstellen, R = Randenverwerfung.

einige Hinweise zur Lösung des Problems der Faziesverhältnisse, die zu diesen Ablagerungen führten.

Die Glimmersande der Ost-West-Schüttung sind entsprechend den vorliegenden Untersuchungen rein fluviatile, im Wasser abgelagerte Sedimente, rinnenartig in die übrigen Molassesedimente eingelagert. Weitgehend das Gleiche gilt für die Glimmersande der Napfschüttung zwischen Zürichsee und Aare. Immerhin zeigen die granulometrischen Charakteristiken dieser Sande in der Regel einen wesentlich geringeren Auswaschungsgrad. Sie leiten zur fluvioterrestrischen Sedimentationsweise über, sind aber bestimmt keine Seeablagerungen.

Alle diese Sandablagerungen sind fluviatile, nicht aber limnisch-lakustre Sedimente, als die sie von N. PAVONI (1957) aufgefasst wurden. Als solche möchte der Verfasser nur Ablagerungen in stehenden Gewässern betrachten, ohne direkte Materialzufuhr fluviatiler Art, also Moorbildungen, Seekreideausscheidungen (Süswasserkalke), Süswasseralgenhorizonte, Seetone etc. Solche Bildungen entwickelten sich in der Alpenvorlandsmolasse – wie bereits erwähnt – nur im Schüttungsschatten der Molassedeltas, besonders im Vorland der zentralen alpinen Hochzone zwischen Napf- und Hörnlichüttung, und auch dort nur als zeitweilige Einschaltungen.

Die Sedimentationsgebiete der direkten alpinen und jurassischen Schuttfächer (Napf-, Hörnli-, Bodensee- und Hegauschüttung) zeigen ausgesprochene fluvioterrestrische Fazies (RUTSCH, 1945; HOFMANN, 1951, 1957a), worin heterogene, schlecht aufbereitete pelitische und feinsandige Überschwemmungsprodukte (Mergel, Silte, Mergelsandsteine, Mergelkalke) weitaus dominieren. Darin eingelagert kommen gut sortierte, fluviatile Sandhorizonte vor (Knauersande der Hörnlichüttung als Beispiel), abgesehen von den ausgesprochenen Geröllhorizonten, die zum alpennahen, torrentiellen Faziestyp überleiten.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass rein fluviatile Sande (Glimmersande, Knauersande) meist schwach bis gar nicht verfestigt sind, während fluvioterrestrische Ablagerungen wegen des hohen Gehaltes an Feinmaterial (insbesondere Kalk- oder Dolomitschlamm) meist stark zementiert sind.

«Kondensationshorizonte» im Sinne von N. PAVONI (1957) waren unter den schnellen Sedimentationsverhältnissen mit vorwiegendem Festlandcharakter weder zur Zeit der unteren noch der oberen Süswassermolasse möglich. Entsprechend zeigen sämtliche Ablagerungen der Süswassermolassen keinerlei sedimentpetrographische Anzeichen für irgendwelche Einflüsse langfristiger Wasseraufbereitung und Materialumwandlung (s. a. HOFMANN, 1957a).

In der unteren Süswassermolasse sind besonders die ostschweizerischen granitischen Sande (HOFMANN, 1957a) ausgesprochen fluviatile Bildungen mit schwacher Verkittung (sekundäre Verkieselung). Das gleiche gilt für nordwestschweizerische fluviatile Sande der unteren Süswassermolasse, die aus der Napfschüttung herzuleiten sind (Gegend von Schaffhausen). In Schuttfächernähe herrscht allgemein der fluvioterrestrische Typus vor.

Für die in der vorliegenden Arbeit publizierten Schlämm- und Siebanalysen wurden Prüfgeräte der Georg Fischer AG, Schaffhausen, verwendet. Herrn Dr. U. BÜCHI, Zürich, dankt der Verfasser für wertvolle Hinweise auf Glimmersandvorkommen im Westteil des Untersuchungsgebietes und für die Begleitung beim Aufsammeln von Sandproben.

WICHTIGSTE LITERATUR

- American Foundrymen's Society (1952): *Foundry Sand Handbook*. 6th Ed. (Chicago).
- Bayerisches Geologisches Landesamt (1955): *Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der süddeutschen Molasse* (München).
- BÜCHI, U. P. (1957): *Zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zwischen Bodensee und Reuss*. Bull. Ver. Schweizer. Petr.-Geol. u. Ing., 24/66.
- (1958): *Zur Geologie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zwischen Töss- und Glattal*. Eclog. geol. Helv., 51/1.
- ERB, L. (1931): *Geologische Spezialkarte von Baden. Erläuterungen zu Bl. Hilzingen*. Bad. geol. Landesanst. (Freiburg i. Br.).
- (1934): *Geologische Spezialkarte von Baden. Erläuterungen zu Bl. Überlingen und Bl. Reichenau*. Bad. geol. Landesanst. (Freiburg i. Br.).
- FÜCHTBAUER, H. (1954): *Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse*. Heidelberger Beitr. Min. u. Petr. 4.
- (1955): *Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse*. Ztsch. deutsche geol. Ges., Jg. 1953, 105/3.
- GEIGER, E. (1943): *Erläuterungen zu Bl. 16 (Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bussnang) d. geol. Atlas Schweiz*.
- HOFMANN, F. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie*. Jg. st. gall. naturw. Ges. 74.
- (1955a): *Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz*. Eclog. geol. Helv. 48/1.
- (1955b): *Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken*. Bull. Ver. Schweiz. Petr.-Geol. u. Ing. 22/62.
- (1956a): *Die Obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau*. Bull. Ver. Schweiz. Petr.-Geol. u. Ing. 23/64.
- (1956b): *Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet in der Gegend von Ramen (Kt. Schaffhausen)*. Eclog. geol. Helv. 49/1.
- (1956c): *Ein experimentelles Verfahren zur Bestimmung der Kornform von Sanden*. Eclog. geol. Helv. 49/2.
- (1957a): *Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz*. Eclog. geol. Helv. 50/2.
- (1957b): *Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenbergr bei St. Gallen*. Eclog. geol. Helv. 50/2.
- LEMCKE, K., v. ENGELHARDT, W., und FÜCHTBAUER, H. (1953): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes*. Beih. Geol. Jb. 11 (Hannover).
- v. MOOS, A. (1935): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen*. Schweiz. min.-petr. Mitt. 15.
- PAVONI, N. (1956): *Zürcher Molasse und Obere Süßwassermolasse der Ostschweiz, ein stratigraphischer Vergleich*. Bull. Ver. Schweiz. Petr.-Geol. u. Ing. 22/63.
- (1957): *Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albiskamm und Pfannenstiel*. Vjschr. Nat. Ges. Zürich, 102/5.
- RUTSCH, R. F. (1945): *Neue Auffassungen über die Entstehung von Molassesedimenten*. Eclog. geol. Helv. 38/2.
- RUTTE, E. (1956): *Die Geologie des Schienerberges (Bodensee) und der Oehninger Fundstätten*. Neues Jahrb. Geol. u. Paläont. 102/2.
- (1956): *Zur Geologie des westlichen Schienerberges zwischen Herrentisch und Stein am Rhein*. Eclog. geol. Helv. 49/1.

