**Zeitschrift:** Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft

**Herausgeber:** Thurgauische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 59 (2003)

**Artikel:** Rekonstruktion der Entstehungsgeschichte der Oberen Süsswassermolasse (OSM) im Kanton Thurgau mit sedimentpetrographischen Methoden : Materialherkunft, Transport und Sedimentation : Zusammenhänge mit der Entstehung der Alpen

**Autor:** Hofmann, Franz

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-593866

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 13.07.2025

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

# Rekonstruktion der Entstehungsgeschichte der Oberen Süsswassermolasse (OSM) im Kanton Thurgau mit sedimentpetrographischen Methoden – Materialherkunft, Transport und Sedimentation – Zusammenhänge mit der Entstehung der Alpen

FRANZ HOFMANN †



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mitt. thurg. naturf. Ges. | **59** | 21 Seiten | 1 Abb. 6 Tab. | – Tafel | Frauenfeld 2003 |

*Vorbemerkung des Herausgebers: Anfang 2003 verstarb der verdiente und angesehene Geologe Dr. Franz Hofmann. Als Herausgeber dieses Beitrages haben wir uns bemüht, den Artikel im Sinne des Verfassers auf die anderen Beiträge abzustimmen und, wo nötig, zu ergänzen.*

## 1 EINFÜHRUNG

Das Gebiet des Kantons Thurgau ist geologisch eher einfach gebaut, wenn man es etwa mit den markanten Felsformationen des Alpsteins oder des Tafeljuras vergleicht. Sein unmittelbarer Felsuntergrund besteht aus wenig auffälligen, meist eher weichen oder lockeren Gesteinen der Oberen Süsswassermolasse (OSM), die während einer Zeitspanne von 17 bis 12 Millionen Jahren vor heute abgelagert wurden. Nur gerade an der nordöstlichen Ecke des Cholfirsts bei Schlatt treten auf Kantonsgebiet noch etwas ältere «Schichten» zu Tage, die auch noch Lebensspuren in Form von Austernschalen und Haifischzähnen enthalten und auf ein damals rasch zurückweichendes Meer deuten, in welchem die Schichten der Oberen Meeresmolasse abgelagert worden waren, die vor allem im Gebiet Überlingen – Rorschach – St.Gallen – Luzern – Bern – Freiburg vorkommen.

In der Folge entstand im Vorland der Alpen aber nicht etwa ein Süsswassersee, wie der Name Süsswassermolasse verstanden werden könnte. Das Alpenvorland wurde vielmehr zu einer periodisch überschwemmten Festlandebene: aus den Alpen traten grosse Flüsse aus und bildeten breite Schuttfächer. Sie überschwemmten und belasteten das ganze Gebiet des alpinen Vorlandes immer wieder flächenhaft mit Abtragungsschutt aus den Alpen, in Form von Geröll, Sand und Schlamm, erhalten in Form von Nagelfluh, Sandsteinen und Mergeln. Diese Ablagerungen werden als Süsswassermolasse bezeichnet. Die wenig auffälligen, eher einförmig erscheinenden Molassegesteine sind zur Entschlüsselung der Vorgänge der Alpenfaltung im Tertiär von höchstem Interesse. Sie widerspiegeln in ihrer gesteinsmässigen Zusammensetzung als alpiner Schutt einerseits Bewegungsvorgänge in den werdenden Alpen, anderseits auch landschaftsgeschichtliche Prozesse in deren Vorland. Dies wird nachfolgend am Beispiel der Geologie des thurgauischen Kantonsgebietes und seines näheren Umfeldes dargestellt.

## 2 DIE OBERE SÜSSWASSERMOLASSE IM THURGAU

### *2.1 ÜBERSICHT ÜBER DIE FLUSS- UND MATERIALZUFUHRSYSTEME IM WEITEREN BODENSEEEGEBIET ZUR ZEIT DER OBEREN SÜSSWASSERMOLASSE (OSM)*

Der heutige Stand der Kenntnis der alpinen Fluss-Systeme – zur Zeit der OSM mit ihren Schuttfächern – ist für das Gebiet des Kantons Thurgau und seine Nachbargebiete in Abbildung 1 dargestellt. Der alpine Schutt wurde flächenhaft oder in Stromrinnen abgelagert. Unter der Belastung durch das zugeführte Material senkte sich das Alpenvorland stetig. Der Alpenrand lag damals um einiges weiter im Süden als heute. Die Region Nordostschweiz wurde vom Hörnli-Schuttfächer als Haupt-Materialzufuhrsystem dominiert. Weiter westlich hatte er als Pendant den noch grösseren Napf-Schuttfächer, der aber den heutigen Thurgau nicht mehr tangierte und eine abweichende Schuttzusammensetzung hatte.

Auf seiner östlichen (rechten) Seite wurde der Hörnlifächer von zwei kleineren Schuttfächern flankiert, deren Einzugsgebiet in den westlichen Ostalpen lag, nämlich durch die Sommersberg- und die Pfänder-Schüttungen. Beide lieferten einen gleichartigen Schutt, der sich aber von jenem des Hörnlifächers wesentlich unterscheidet.

Alle genannten, direkt aus den Alpen austretenden Fluss-Systeme mit ihren Schutt-Fächern wurden gegen Norden/Nordwesten durch ein quer dazu fliessendes, von Osten nach Westen gerichtetes, parallel zum Alpenrand verlaufendes Stromsystem begrenzt, in das sie mündeten, das Glimmersand-Stromsystem, das seinen Ursprung in den Ostalpen (Tauern) hatte und das Alpenvorland entlang dem heutigen Kettenjura Richtung Mittelmeer entwässerte (siehe Kapitel 5).

### *2.2 KLIMA UND VEGETATION ZUR ZEIT DER OBEREN SÜSSWASSERMOLASSE*

Auf der grossen Schwemmlandebene des Alpenvorlandes herrschten zur Molassezeit savannenartige Verhältnisse mit subtropischer Vegetation, hauptsächlich entlang der Flussläufe, mit Lorbeer- und anderen Laubbäumen und Palmen. Auf der Schwemmlandebene existierten kaum grosse Wälder (keine fossilen Belege).

In Altwasserrinnen entstanden vereinzelt Teiche, kleine Seen und Moore, die teilweise als Kohlenlager erhalten sind (Herdern, Wellenberg, Littenheid, Elgg). Entsprechend dieser Situation findet man im Bereich des Hörnlischuttfächers vor allem, aber keineswegs häufig, Fossilien von Landtieren (Landschnecken und auf dem Land lebende Wirbeltiere), Pflanzenabdrücke und im Bereich von Kohlevorkommen Süsswasserschnecken.

## 3 DIE HAUPTGESTEINE DER THURGAUISCHEN OBEREN SÜSSWASSERMOLASSE, DIE IHNEN ANGEPASSTEN SEDIMENTPETROGRAPHISCHEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN UND DEREN AUSSAGEFÄHIGKEIT

Die wichtigsten Gesteinsarten der Thurgauermolasse sind:

- **Schotter**: Flussgeröllablagerungen, erhalten als Nagelfluhbänke. Sie bestehen aus gut gerundeten Geröllen und einem meist durch Kalk gebundenen sandigen Zwischenmittel.
- **Sande und Sandsteine**: mehr oder weniger durch Kalk verfestigt, teilweise auch lose oder tonig.
- **Schlammig-tonige Ablagerungen**: erhalten als Mergel mit unterschiedlichem Kalk- oder Dolomitgehalt, oft mehr oder weniger sandhaltig.
- **Kalke**: In Kohlevorkommen als Süsswasserkalk. Wetterkalke als terrestrische Krustenkalke (Wellenberg, Littenheid).

### *3.1 UNTERSUCHUNGSMETHODEN*

#### *3.1.1 Schotter*

An Schottern können geröllstatistische Untersuchungen durchgeführt werden (Geröllstatistik). Dabei wird die prozentuale Verteilung der Gesteinsarten ermittelt, die in einem Schotter als Gerölle vertreten sind. Für eine Analyse wird eine repräsentative Probe entnommen, die etwa 300 oder mehr Einzelgerölle umfasst und die nach ihrer gesteinsmässigen Art

ausgezählt werden. Die Anteile der vorkommenden Gesteinsarten werden in Prozenten ausgewiesen. Berücksichtigt werden jeweils die Gerölle über 12 mm (1/2").

Wegleitend für die eigenen Untersuchungen waren die Pionierarbeiten von GEIGER, 1933; RENZ, 1937; TANNER, 1944; HABICHT, 1945 und SPECK, 1953.

### *3.1.2 Sande*

Die meisten Sande bestehen in der Regel aus einem vorherrschenden Anteil an spezifisch leichten Körnern (Dichte 2,7 g/cm³)[1]. Sande der Molasse und solche eiszeitlicher Ablagerungen enthalten neben Körnern aus Quarz und Feldspat oft hohe Anteile an Körnern aus Kalk und Dolomit nebst solchen aus nichttransparentem silikatischem Gesteinsmaterial.

Fast alle Sande enthalten aber auch meist geringe Mengen an sogenannten Schwermineralkörnern mit einer Dichte über 3.0. Sie sind wie die leichten Körner Verwitterungsrückstände der Ausgangsgesteine, aus denen sie freigelegt wurden. Sie sind diagnostisch von besonderem Interesse und geben Auskunft über Herkunft und Transport eines Sandes.

An Molassesanden des Kantons Thurgau führte E. GEIGER erstmals sedimentpetrographische Untersuchungen durch, die später H. TANNER , A. MATTER und der Verfasser der vorliegenden Arbeit weiterführten.

### *3.1.3 Bestimmung des Gehalts an karbonatischen Körnern in Sanden*

Der Gehalt an Kalk- und Dolomitkörnern in Sanden, insbesondere solchen aus der Molasse, aber auch aus eiszeitlichen Ablagerungen, ist von hohem diagnostischem Interesse. Kalksteinkörner ($CaCo_3$) lösen sich in verdünnter Salzsäure (vorzugsweise ca. 10%ig) sehr schnell auf und können so eliminiert werden (Reaktionszeit 1–2 min).

Dolomitkörner ($CaMg[Co_3]_2$) lösen sich in verdünnter Salzsäure hingegen nur sehr langsam auf (Reaktionszeit bis zu 30 min).

Diese Verhaltensunterschiede ermöglichen die getrennte Bestimmung des Anteils an Kalk- und Dolomitkörnern. Dies ist volumetrisch, gravimetrisch oder gasometrisch ($Co_2$-Bestimmung im Passon-Apparat) möglich und hinreichend genau.

### *3.1.4 Bestimmung der Gehalte an unterschiedlichen Leichtmineralkörnern in Sanden (mikroskopisch)*

Zusätzlich zur Kontrolle des Anteils an karbonatischen Körnern in Sanden ist die Ermittlung des Charakters der vorhandenen silikatischen Körner von Interesse. Ausgezählt wird dabei an der Fraktion 0,1–0,3 mm in Wasser als Immersionsmittel unter dem Mikroskop der Anteil an monokristallinen Quarzkörnern, an polykristallinen transparenten Körnern und an nichttransparenten Gesteinsbruchstücken. Dazu werden minimal 100 Körner erfasst.

### *3.1.5 Schwermineralanalysen (Trennmethodik und Mikroskopie) in Sanden*

Schwermineralkörner (spez. Gewicht 3 g/cm³) können in einem Scheidetrichter nach SQUIBB mit Bromoform (spez. Gew. 2.9) von den leichten

---

[1] Angaben zum spez. Gewicht und zur Dichte in g/cm³

Mineralkörnern abgetrennt werden (üblicherweise an der Fraktion 0,1–0,3 mm). Die schwere Fraktion wird in Kanadabalsam als Einbettungsmittel auf einem Objektträger mit Deckglas fixiert. Ausgezählt werden 200 bis 300 Körner und in Kornzahlprozente umgerechnet. Granat ist in vielen Fällen vorherrschendes transparentes Schwermineral. In der vorliegenden Arbeit wird Granat in Prozent aller transparenten Schwermineralien erfasst, alle übrigen in Prozent aller durchsichtigen Schwermineralien ohne Granat. Schwere Körner in Form nichttransparenter Gesteinsbruchstücke (häufig in ophiolithischen Sanden) können separat in Prozent aller schweren Körner erfasst werden. Allenfalls vorhandener Magnetit kann magnetisch abgetrennt werden.

### *3.1.6 Formelmässige Darstellung von Schwermineralanalysen nach H. Füchtbauer*

Das Ergebnis von Schwermineralauszählungen kann nach H. Füchtbauer (1964) in vereinfachter Weise formelmässig ausgedrückt werden, wobei für die wichtigsten Schwermineralien folgende buchstabenmässige Symbole verwendet werden (vergleiche Tabelle 1):

| | |
|---|---|
| G g | Granat / An an Andalusit |
| A a | Apatit |
| D d | Disthen |
| E e | Epidot |
| Gl, gl | Glaukophan |
| Hg hg | Hornblende grün |
| Hb hb | Hornblende braun |
| M m | Monazit |
| P p | Pyroxen |
| R r | Rutil |
| S s | Staurolith |
| T t | Titan |
| To to | Topas |
| Z z | Zirkon |

Grosse Buchstaben bedeuten: Gehalte von10–50%
Unterstrichene grosse Buchstaben G > 50%
Kleine Buchstaben bedeuten: g < 10%
Kleine Buchstaben in (): (g) akzessorisch

## 4 DIE CHARAKTERISTIKEN DER MATERIALZUFUHRSYSTEME DER OBEREN SÜSSWASSERMOLASSE IM THURGAU UND IHRE PALÄOGEOGRAPHISCHE STELLUNG. SEDIMENTPETROGRAPHISCHE CHARAKTERISTIKEN, UNTERSCHIEDE UND BESONDERHEITEN

### *4.1 DER HÖRNLI-SCHUTTFÄCHER*

Zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse beherrschte der Hörnli-Schuttfächer das Gebiet der Nordostschweiz und insbesondere des Thurgaus und entsprach einem Ur-Rhein-System, das ungefähr im Hinterland des heutigen Walensee-Alvier-Gebietes aus den Alpen austrat und das seinen Schutt zur Zeit seiner maximalen Ausdehnung von der linken Seite des Zürichsees bis nach St.Gallen ausbreitete (siehe Abbildung 1).

Das Einzugsgebiet des Hörnli-Ur-Rheins lag wohl 30 bis 100 km weiter südöstlich des heutigen Alpenrandes, doch wurden sämtliche Spuren der

damaligen Geographie durch spätere Faltungsphasen, Zusammenschübe und Erosion im Gebiet zwischen West- und Ostalpen verwischt.

Naturgemäss blieb der grösste Teil des Materials dieses Schuttfächers, insbesondere grobes Geröll, im Gebiet des heutigen Hörnli-Berglandes

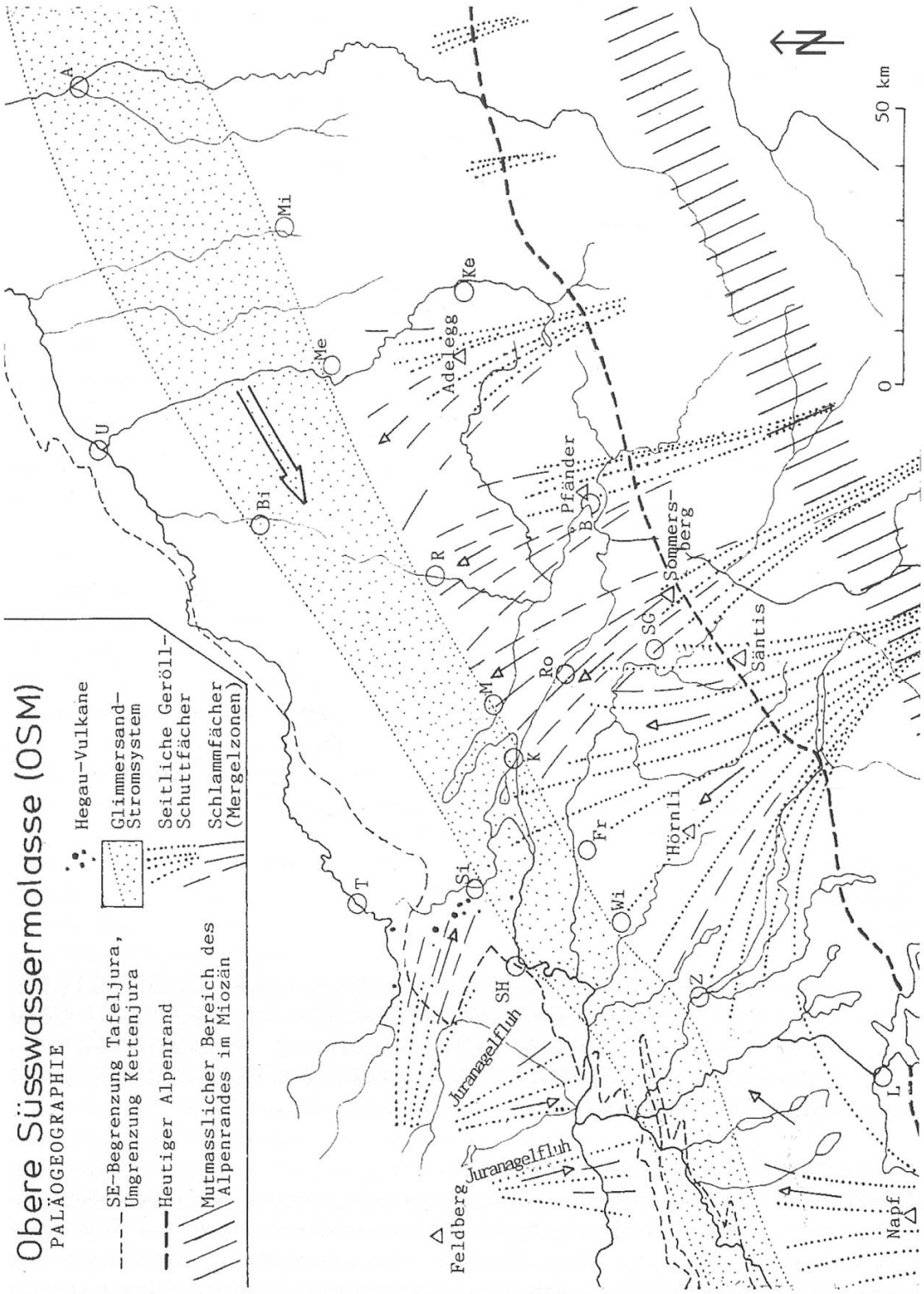


*Abbildung 1: A = Augsburg; B = Bregenz; Bi = Biberach; Fr = Frauenfeld; Ke = Kempten; K = Konstanz; L = Luzern; M = Meersburg; Me = Memmingen; Mi = Mindelheim; R = Ravensburg; Ro = Romanshorn; Si = Singen; SG = St.Gallen; SH = Schaffhausen; T = Tuttlingen; U = Ulm; Wi = Winterthur; Z = Zürich*

liegen, d.h. im alpennahen Bereich. Ein Teil erreichte aber über sich auffächernde Flussläufe gelegentlich auch entferntere Gegenden wie etwa das heutige Unterseegebiet. So findet man im Gebiet des Seerückens, aber auch auf dem Otten- und Wellenberg (Welebärg), hochgelegene Nagelfluhbänke (Konglomeratstufe) (HOFMANN, 1951, 1960 u.a.).

Unter der zunehmenden Belastung durch den abgelagerten Schutt senkte sich das Molasseland stetig, doch blieb die Landoberfläche wohl stets etwa auf der gleichen Meereshöhe. Im Süden, im Schnebelhorn-Hörnligebiet, wurden während der Zeit der Oberen Süsswassermolasse mindestens 1200 m Sedimente abgelagert, überwiegend als Geröllschichten, im Norden (Thurtal-Seerücken) maximal 700 m. Dazwischen lag (nach BOLLIGER, 1998) eine Zone mit reduzierter Mächtigkeit (Mittelthurgau-Depression).

Der Schuttfächer selbst war von stets wechselnden Flussläufen durchzogen, wurde aber ebenfalls periodisch von schlammigem Material überflutet, das heute in Form von Mergelschichten erhalten ist. In Richtung Südost (Einzugsgebiet des Hörnlifächers) stieg die Deltaebene leicht an, und in der gleichen Richtung nimmt der Anteil der Geröllschichten (Nagelfluhbänke) zu. Das Hörnli selbst liegt in der Hauptachse des Schuttfächers und hat diesem den Namen gegeben (Zur Sedimentation im Hörnlifächer siehe besonders auch BÜRGISSER, 1980 und BOLLIGER, 1998).

### *4.1.1 Gesteinsmässige Beschaffenheit und Sedimentpetrographie des Hörnlifächers*

*Nagelfluhen (Geröllablagerungen)*
Das Ergebnis von Geröllzählungen an 12 verschiedenen Nagelfluhvorkommen ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei ist jeweils auch die sedimentpetrographische Formel nach FÜCHTBAUER für das jeweilige sandige Zwischenmittel angegeben.

Einige Besonderheiten des Geröllbestandes der Nagelfluhen des Hörnlifächers:

- *Gelbe Flyschkalk-Gerölle:* Flyschkalke und Sandkalke sind in einigen thurgauischen Nagelfluhen regelmässig vorhanden. Sie stimmen mit Geröllen der östlich der Hörnlischüttung gelegenen Schuttfächer (Sommersberg, Pfänder, siehe weiter unten) überein, in denen sie dominieren und die offenbar zeitweilig auch mit der Hörnlischüttung interferierten. Unter den gelben Flyschkalken fallen besonders auch jene auf, die mit Eindrücken, sogenannten Drucklösungserscheinungen, versehen sind. Sie werden tektonischem Druck und solchem aus Überlagerung durch einst vorhandene höhere Schichten im Zusammenhang mit alpinen Bewegungen zugeschrieben (SCHRADER, 1988). Besonders schöne gelbe Flyschkalke findet man in den Nagelfluhen von Bornhausen (Strasse Eschenz–Chalchrain), aber auch auf dem Seerücken (siehe Tabelle 1).

Auch petrographisch sind die gelben Flyschkalke von Interesse: sie sind mehr oder weniger kieselig. Der Kalkgehalt kann 50 bis 70 % betragen. Lösungsversuche in Salzsäure ergaben, dass der nichtkarbonatische Anteil meist nicht aus Sand besteht, sondern aus einem Filz von Schwamm-

| | Lokalität | Aumühle Murg | Born-hausen | Gündel-hart | Wäldi | Otten-berg W | Otten-berg E | Wellen-berg E | Imenberg Naadrain | Imenberg West | Leuten-egg | Wup-penau | Hörnli-gipfel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Höhe m ü. Meer | 520 | 560 | 600 | 555 | 630 | 650 | 610 | 640 | 680 | 690 | 615 | 1120 |
| Geröllbestand | Granit rot | + | – | + | + | – | + | – | + | – | + | + | – |
| | Granit grün | 2 | + | | + | – | + | + | – | + | 1 | 1 | – |
| | Porphyr | + | – | + | + | + | + | – | + | – | + | + | – |
| | Gneis | 1 | + | – | + | + | + | + | + | + | 1 | 1 | – |
| | Ophiolithe | – | – | + | + | 1 | 1 | + | + | – | 6 | 12 | – |
| | Kalk schwarz | 4 | 12 | 14 | 11 | 4 | 5 | 2 | 3 | 8 | 8 | 14 | 15 |
| | Kalk hell, grau/beige | 2 | 6 | 21 | 12 | 11 | 13 | 8 | 8 | + | 2 | 3 | 30 |
| | Dolomit schwarz /blau | 18 | 24 | 30 | 18 | 22 | 14 | 21 | 52 | 91 | 23 | 36 | 6 |
| | Dolomit, grau/beige | 24 | 15 | 18 | 23 | 42 | 52 | 26 | 18 | – | 19 | 17 | 8 |
| | Flyschkalk, gelb ± kieselig | 12 | 29 | 11 | 14 | 8 | 6 | 19 | 12 | + | 6 | – | 12 |
| | Feinschnittige braune Kieselgesteine | 21 | 4 | 3 | 7 | 6 | 6 | 6 | + | + | 13 | 5 | – |
| | Buntsandstein | + | 2 | + | 2 | – | + | + | + | – | + | + | – |
| | Verrukano | – | + | – | – | – | + | 1 | – | – | + | + | – |
| | Radiolarit | 1 | + | + | 3 | + | + | + | – | – | 3 | 1 | 5 |
| | Ölquarzit | – | – | – | – | + | + | + | – | – | – | + | + |
| | Hornstein, schwarz | – | + | + | 1 | – | – | 1 | + | – | 1 | + | 3 |
| | Silex, dicht, braun | 8 | 2 | + | 4 | 2 | 2 | 4 | – | – | 2 | 1 | – |
| | Gangquarz | 5 | 2 | 1 | 3 | + | + | + | – | + | + | 1 | + |
| | Sandsteinquarzit | – | – | 1 | + | – | – | + | 1 | – | 1 | – | + |
| | Sedimentpetrographie Sandanteil | G, ESZa | G,eS(da) Z(rth) | G,ESzt | G,EdaZr | G,daZr | G,ESdzt | G,ESdA (zrt) | G,ES(az) | G,EZ | GEZ | G,Esaz | G,ESAz(h) |

*Tabelle 1: Ergebnisse von Geröllzählungen an 12 repräsentativen Nagelfluhen des Hörnli-Schuttfächers der Oberen Süsswassermolasse des Kantons Thurgau (vergleiche Abschnitt 3.1.6)*

nadeln oder aus Radiolarien, also aus Überresten von Mikroorganismen. Daneben kommen auch feinsandige Typen vor.

- *Dolomitgerölle:* Die Nagelfluh Imenberg-West führt fast nur Gerölle aus bläulichem Dolomit von der Art, wie man ihn verbreitet noch im Grenzgebiet West-Ost-Alpen findet, z.B. in Liechtenstein, im südlichen Vorarlberg und im schweizerischen Nationalpark (Unterengadiner Dolomiten).

Die etwa gleich hoch gelegene Nagelfluh des östlichen Imenbergs (Imebärg) enthält ein viel breiteres Spektrum von Geröllen aus Dolomit nebst deutlich gelben Flyschkalken. Dies zeigt beträchtliche mögliche Unterschiede über kurze Distanz an.

- *Nagelfluhen mit einem hohen Anteil an Ophiolith-Geröllen:* Die Nagelfluh von Wuppenau (4 km E Wil; Tabelle 1) führt einen deutlichen Anteil an Grüngesteinsgeröllen (Ophiolithen), aber keine gelben Flyschkalkgerölle. Ophiolithe sind vulkanogene Gesteine basaltischer Natur.

In der oberen Jurazeit stiegen entsprechende Schmelzflüsse (Laven) in die damalige, unter dem Meer liegende Erdkruste auf und erstarrten in Form mannigfacher Gesteine. Diese ozeanischen Krustenteile wurden später, während der Alpenfaltung im Tertiär, abgeschert und als Deckenteile in die alpinen Gebirgsstrukturen integriert. Man findet sie heute im Oberhalbstein (Piz Platta, Marmorera-Stausee, Alp Flix (vergl. Dietrich, 1969) und im Gebiet von Arosa–Davos–Klosters (Gees, 1956; Peters, 1963).

Zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse lag ein wesentlicher Teil des Einzugsgebietes der Hörnlischüttung in jener Zone, die ophiolithisches Geröllmaterial (Diabase, Serpentinit, Gabbro u.a.m.) ins Vorland lieferte. Das genannte Ophiolithgebiet lag vermutlich wohl gegen 80 bis 150 km hinter dem damaligen Alpenrand. Es wurde erst in späteren Phasen der Alpenfaltung auf eine Distanz von rund 30 km vom heutigen Alpenrand vorgeschoben (vergl. dazu Trümpy, 1969, 1992).

*Petrographie von Sanden der Hörnlischüttung*
Tabelle 2 enthält sedimentpetrographische Daten von sechs Sanden der Hörnlischüttung, wovon zwei aus Nagelfluhen (Geröll-Zwischenmittel), zwei von Knauersandsteinen und zwei von ophiolithischen Sanden.

Für Sande der Hörnlischüttung charakteristisch sind hohe Kalk- und Dolomitgehalte in Form entsprechender Sandkörner, bei den Schwermineralien ein reduzierter Granatgehalt, aber ein deutlicher bis hoher Epidotanteil. Staurolith ist unter den Schwermineralien gut vertreten. Er kann zusammen mit Zirkon auf einen Zufuhrbeitrag aus den Ostalpen deuten.

*Sandsteine mit hohem Gehalt an ophiolithischen (Grüngesteins-)Körnern (zwei Beispiele siehe in Tabelle 2)*
Sand und Sandsteine dieser Art mit deutlich grüner Färbung kommen an folgenden Stellen vor:

- im Rörlibadtobel (SE Hosenruck / NE von Zuzwil), Nollen, 670 m. ü. M., Grenze TG/SG, mit ophiolithischen Geröll-Lagen (Hofmann, 1951; Dietrich, 1969); 4 Gew.-% Magnetit

| | | Nagelfluhen Sandanteil | | Knauersandsteine | | Ophiolithsandsteine | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hörnli-Gipfel | Wäldi | Chlingen-berg | Tägermoos S Steckborn | Kaabach Lommis | Rörlibad-tobel NE Nollen |
| Karbonatische Körner | Kalkkörner Gew. % | 32 | 20 | 36 | 22 | 8 | 10 |
| | Dolomitkörner Gew. % | 32 | 25 | 16 | 13 | 8 | 14 |
| Silikatische Leichtmineralkörner Kornzahlprozente | Monokristalline Körner | 39 | 45 | 40 | 13 | 12 | 12 |
| | Polykristalline Körner | 41 | 23 | 42 | 30 | 8 | – |
| | Gesteinsbruchstücke | 20 | 32 | 18 | 23 | 72 | 80 |
| Schwermineralkörner transparent Kornzahlprozente | Granat | 23 | 60 | 25 | 38 | 30 | 13 |
| | Epidot | 23 | 10 | 37 | 40 | 30 | 38 |
| | Zoisit | – | + | + | 1 | + | + |
| Granat in % aller transparenten Körner | Staurolith | 41 | 17 | 28 | 40 | 14 | 4 |
| | Disthen | + | + | + | + | – | – |
| Übrige in % aller transparenten Körner ohne Granat | Apatit | 16 | 3 | 1 | 2 | 6 | + |
| | Zirkon | 10 | 7 | 27 | 4 | – | – |
| | Rutil | – | + | + | 2 | – | – |
| | Titanit | – | – | – | – | – | – |
| | Turmalin | – | + | + | 2 | – | – |
| | Topas | – | – | – | + | – | – |
| | Hornblende grün | – | 3 | – | 6 | 6 | 10 |
| | Hornblende braun | – | – | – | – | – | – |
| | Hornblende blau | – | – | – | – | – | + |
| | Aktinolith | 4 | – | – | – | 20 | 34 |
| | Pyroxen | – | 3 | + | + | + | 5 |
| Nicht transparente schwere Körner in % aller Schwermineralien | Erz ohne Magnetit | 8 | 19 | 8 | 6 | 26 | 7 |
| | Schwere Gesteinsbruchstücke | 50 | 27 | 19 | 25 | 73 | 57 |

*Tabelle 2: Sedimentpetrographische Daten von drei typischen Arten sandiger Ablagerungen der Hörnlischüttung. Alle Fraktionen 0,02–0,3 mm*

- im Itobel (S Mettlen) über mehrere hundert Meter durchziehend, ohne Gerölle; bis 10 Gew.-% Magnetit

- im Kaabachtobel (S Lommis) grüne Sande nur wenig Gerölle. Auffallend sind kleinere, deutlich magnetische Serpentingerölle; 7 Gew.-% Magnetit.

Die nichttransparenten grünen Körner der vorstehend erwähnten ophiolithischen Sande sind spezifisch schwere, nicht durchscheinende, diabasartige Gesteinsbruchstücke. Der Gehalt dieser grünen Sande an transparenten schweren Körnern ist eher gering, wobei Aktinolith auffällt. Allgemein sind Hornblenden relativ häufig. Sonst sind sie in nichtophiolithischen Sanden der Hörnlischüttung eher selten zu finden. Dies deutet zusammen mit dem sehr geringen Anteil an entsprechenden Geröllen (siehe Tabellen) darauf, dass am Einzugsgebiet des Hörnlisystems kaum Gebiete mit hornblendereichen Gesteinen beteiligt waren: Err-Bernina-Granite (Bergell), Hornblendediorite (Vorderrhein), Amphibolite (Silvretta) – dies ganz im Gegensatz zum eiszeitlichen Rheingletschersystem.

### *4.1.2 Synthese der Paläogeographie des Hörnlischuttfächers auf Grund der sedimentpetrographischen Befunde*

Das in den Hörnlifächer verfrachtete Gesteinsmaterial muss aus einem geologisch und petrographisch sehr komplexen Einzugsgebiet mit komplizierten tektonischen Strukturen stammen. Zudem war gleichzeitig die Alpenfaltung im Gange, so dass sich die Verhältnisse laufend änderten, wenn auch in geologischen Zeiträumen. Mittelbünden war ein Haupteinzugsgebiet des Hörnli-Schuttfächers.

Die Ablagerungsrate im Bereich des Hörnlifächers dürfte im Mittel etwa 0,5 mm pro Jahr betragen haben (siehe dazu die Überlegungen von JÄCKLI, 1958, 1985 und SAXER, 1948).

Die Kubatur des zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse im Bereich des Hörnlifächers abgelagerten Materials lässt sich auf insgesamt etwa 2250 $km^3$ bestimmen, dies bei etwa 600 m Sedimenthöhe im mittleren Thurgau, bis gegen 1300 m im Schnebelhorn-Hörnli-Gebiet und etwa 1000 m im Tannenbergbereich NW St. Gallen.

Der Hörnlischuttfächer hatte eine in die Zeit der Unteren Süsswassermolasse zurückreichende, nicht zu übersehende Vorgeschichte: Damals entstanden die jetzt zur subalpinen Zone der Molasse der Ostschweiz gehörenden mächtigen Nagelfluhkomplexe des Kronbergs und des Gäbris. Sie unterscheiden sich petrographisch kaum von jenen des Hörnlifächers und leiten zwangslos dazu über (vergl. dazu RENZ, 1937; HABICHT, 1945; HOFMANN, 1951, 1957). Schwermineralformel des Gäbris: G,EszR.

## *4.2 DIE FLYSCHMATERIALSCHÜTTUNGEN IM RHEINTAL-BODENSEE-GEBIET*

### *4.2.1 Die Nagelfluh-Komplexe Pfänder und Sommersberg*

Im unteren Bereich des Bodensee-Rheintals finden sich zwei Nagelfluhgebiete, deren Geröllbestand wesentlich von jenem der Hörnli-Schüttung abweicht:

- auf der rechten Seite des Rheintals (Vorarlberg) der Pfänder-Nagelfluh-Komplex mit Einfallen der Schichten gegen NW
- auf der linken Seite des Bodensee-Rheintals der Sommersberg-Nagelfluh-Komplex, dessen Schichten gegen SSE einfallen und der sich dort an die Gäbriszone anlehnt und jünger als diese ist.

### *4.2.2 Der Geröllbestand der Pfänder- und Sommersberg-Nagelfluhen*

Sowohl die Pfänder- wie die Sommersberg-Nagelfluhen enthalten einen sehr hohen Anteil an Geröllen aus gelben Flyschkalken und Sandkalken und einen deutlichen Gehalt an Nummuliten- und Lithothamnienkalken (siehe Tabelle 3 aus Renz, 1937 und die Beschreibungen von Berli, 1985).

Die Tabelle von Renz informiert in noch durchaus aktueller Weise über den Geröllbestand der Flyschnagelfluh-Komplexe beidseits des unteren Bodensee-Rheintals.

### *4.2.3 Feinkörnige Äquivalente der Flysch-Schüttungen der OSM in der Region St.Gallen und im weiteren Bodenseebereich*

Mergelige und feinsandige Sedimente der Flysch-Schüttungen Sommersberg-Pfänder finden sich verbreitet in der Region St. Gallen, längs der thurgauischen Seite des Bodensees und nordöstlich des Sees auf deutschem Gebiet (Bodensee-Schüttung nach Hofmann, 1951); Sedimentpetrographie siehe Tabelle 5.

Die Obere Süsswassermolasse in der Region St. Gallen liegt tektonisch und petrographisch im Übergangsbereich von der flachliegenden mittelländischen Molasse zur schräggestellten, nach SE ansteigenden Randzone der subalpinen Molasse, die zwischen St. Gallen und Rorschach die Obere Meeresmolasse enthält.

Die Obere Süsswassermolasse NW davon ist in reiner Schlammfazies ausgebildet und besteht aus gelben Mergeln mit Lagen hellgrauer feinkörniger Sandsteine («St. Galler Fazies» im Sinne des Verfassers). Guten Einblick bot bis um die Mitte des 20. Jahrhunderts die nachher stillgelegte Mergelgrube Bruggwald der Zürcher Ziegeleien (zwischen St. Gallen und Wittenbach).

Im Bereich der Stadt St. Gallen baut die Bodensee-Schüttung in Mergel-Feinsand-Fazies den Rosenberg auf und findet sich gut aufgeschlossen im Steinach- und im Goldachtobel und im Gebiet des östlichen Sitterbogens. Sie erstreckt sich weit nach NW in den Thurgau und flankiert den Bodensee.

In diesem von Mergeln und Feinsanden dominierten Gebiet finden sich auch Ausstrahlungen der weit weg gelegenen Flyschgeröllschüttung des Sommersbergs: An der linksseitigen Oberkante des Goldachtobels E Schönau, 1,5 km SE Mörschwil, fand der Verfasser eine Geröll-Lage, die völlig mit den Sommersberg-Nagelfluhen übereinstimmt.

Eine Zählung am 31.8.1957 ergab folgendes Resultat (Angabe in Kornzahl-Prozenten):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kristallin | + | Flyschsandsteine | 6 |
| Gelbe Flyschkalke | 59 | Sandstein-Quarzite | 2 |
| Flysch-Sandkalke | 5 | Ölquarzite | 3 |
| Kieselige Kalke i.A. | 18 | Dolomit | + |
| Sonstige Kalke | 6 | | |

Verzeichniss der Auszählstellen:
A = Schwäbrig P. 1165,7m (Gäbriszone)
I = Bilchen (Rotbach) Q. 1010 m (Basisbank)
II = Giesel-Weid Q. 1040 m
III = SW P. 1119,6 m (Klosmeren) auf Q. 1040 m
IV = SE vom Wort Sommersberg Q. 1120 m
B = Pfändernagelfluh bei Bregenz (ausgeführt von J. Blumrich)

*Sommersberg*

| | A. | | I. | | II. | | III. | | IV. | | B. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Anz. | % | Anz. | % | Anz. | % | Anz. | % | Anz. | % | Anz. | % |
| 1. Gneise und Glimmerschiefer | 29 | 8 | – | – | 4 | 2 | 15 | 4 | 8 | 3 | – | – |
| 2. Granite vom Berninatypus | 11 | 3 | – | – | – | – | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | + |
| 3. Granite vom Errtypus | 4 | 1 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 4. Übrige Granite, Syenite, Diorite | 11 | 4 | – | – | 1 | + | 9 | 3 | 1 | + | – | – |
| 5. Quarzporphyre | 1 | + | – | – | – | – | 2 | + | – | – | – | – |
| 6. Gabbros | 4 | 1 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 7. Basische Ergussgesteine | 1 | + | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Kristallin total: | 61 | 17 | – | – | 5 | 2 | 29 | 8 | 12 | 4 | 1 | + |
| 8. Quarze und Quarzite | 15 | 4 | – | – | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 49 | 3 |
| 9. Kieselkalke (grau-graublau) | 121 | 34 | – | – | 16 | 5 | 62 | 17 | 46 | 15 | 10 | 1 |
| 10. Hellgraue lichte Kalke | 17 | 5 | – | – | – | – | 13 | 4 | 7 | 2 | 24 | 2 |
| 11. Dunkle-schwarze Kalke | 20 | 6 | – | – | 3 | 1 | 34 | 9 | 16 | 5 | 7 | 1 |
| 12. Sandsteine, Sandkalke, Kalkschiefer | 70 | 19 | – | – | – | – | 4 | 1 | – | – | 1 | + |
| 13. Fleckenmergelkalke | 12 | 3 | – | – | – | – | 15 | 4 | 14 | 5 | – | – |
| 14. Brekzien und Konglomerate | 15 | 4 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 15. Buntsandstein-Verrukano | 1 | + | – | – | 1 | + | 2 | + | 1 | + | – | – |
| 16. Hornsteine und Radiolarite | 3 | 1 | 1 | + | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 30 | 2 |
| 17. Dolomite | 25 | 7 | – | – | – | – | 1 | + | – | – | – | – |
| 18. Nummuliten-Lithohamnienkalke | – | – | 1 | + | 1 | + | 11 | 3 | 3 | 1 | 1 | + |
| 19. Gelbe Flyschsandkalke | – | – | 155 | | 149 | | 91 | | 94 | | | |
| 20. Gelbe Flyschsandkalke, kieselig | – | – | 130 | } 96 | 100 | } 87 | 80 | } 47 | 79 | } 61 | } 1229 | } 86 |
| 21. Gelbe, dichte Flyschmergelkalke | – | – | 20 | | 10 | | 1 | | 8 | | | |
| 22. Flyschsandsteine und Brekzien | – | – | 1 | + | – | – | 15 | 4 | 6 | 2 | 2 | + |
| 23. Ölquarzite | – | – | 12 | 4 | 7 | 2 | 4 | 1 | 8 | 3 | 66 | 5 |
| Sedimente total: | 299 | 83 | 320 | 100 | 295 | 98 | 341 | 92 | 288 | 96 | 1419 | 100 |
| Total der gezählten Komponenten: | 360 | | 320 | | 300 | | 370 | | 300 | | 1420 | |

*Tabelle 3 (aus H. Renz, 1937) Geröllzählungen an Nagelfluhen des Sommersberges (I–IV) und des Pfänders (B) (zum Vergleich A Gäbris-Zone, Schwäbrig, Untere Süsswassermolasse)*

Dieser Befund passt sehr gut zu den Befunden von Renz (1937) vom Sommersberg (vergl. Tabelle 3).

### *4.2.4 Besonderheiten der mergelig-feinsandigen Flysch-Schüttung im Bereich St. Gallen–Bodensee*

Charakteristisch für die Flysch-Schüttung im Gebiet St. Gallen–Bodensee sind beträchtliche Gehalte an Flysch-Foraminiferen und teilweise auch an Glaukonit.

Schon Anfang des 20. Jahrhunderts wurde dies von deutschen Autoren aus der Gehrenberg-Molasse (N Markdorf) gemeldet, die zunächst als marine Ablagerung gedeutet wurde (vergl. Schmidle, 1922; Seemann, 1929). Es handelt sich um Mikrofossilien in Form von Clobotruncanen, Discocyclinen und Bruchstücken von Nummuliten, die aus alpinen eocänen Schichten stammen müssen, wie auch Glaukonit. Dies deutet auf ein entsprechendes Flysch-Einzugsgebiet, das einst über den westlichen Ostalpen gelegen haben muss.

Eigene Untersuchungen (Hofmann, 1951) ergaben seinerzeit in der Region St. Gallen identische Befunde. Geeignet waren (für Dünnschliffuntersuchungen) vor allem gut verfestigte Sandsteinlagen.

### *4.2.5 Sedimentpetrographie der Sande der Pfänder–Sommersberg-Bodensee-Schüttung*

Tabelle 4 enthält sandbezogene sedimentpetrographische Daten aus dem alpennahen Schuttfächerbereich wie auch aus den sandig-mergeligen Sedimenten des Bodenseebereichs der OSM. Zum Vergleich dient ein Beispiel aus der weiter östlich gelegenen Adelegg-Schüttung.

### *4.2.6 Diskussion der Befunde aus Tabelle 4*

Typisch sind allgemein hohe Kalkgehalte bei niedrigem Dolomitanteil. Der Quarzkorngehalt ist relativ hoch. Bei den Schwermineralien fallen allgemein hohe Granatgehalte auf, hingegen fehlt Epidot völlig. Sehr deutlich vorhanden sind Staurolith und Zirkon.

Die Geröllzählungen und Sanduntersuchungen im Bereich Sommersberg–Pfänder ergaben gleiche Befunde, wie jene aus dem flachliegenden Ablagerungsbereich beidseits des Bodensees, und sie harmonieren auch mit den erwähnten mikropaläontologischen Phänomenen.

## *4.3 ALTER UND DAUER DER RHEINTAL–BODENSEE-FLYSCH-SCHÜTTUNG*

Nach Renz, 1937 kann die Sommersbergzone als terrestrisches Äquivalent der Oberen Meeresmolasse betrachtet werden. Pfänder und Sommersberg waren vermutlich ein zusammenhängendes Schuttfächersystem. Dies passt sehr gut zu den eigenen Befunden (1951), die zeigten, dass die Flysch-Schüttung die Sedimentation der Oberen Süsswassermolasse im Bodenseegebiet und der angrenzenden Nordostschweiz weitgehend bestimmte, und dass sie zudem sogar bis ins Pliozän andauerte, was entsprechende Schotter auf dem Tannenberg NW von St. Gallen belegen (Hofmann, 1957).

Von besonderem Interesse sind im Zusammenhang mit den Verhältnissen in der Ostschweiz auch die gelben Mergel in der Zone der Riesenkonglomerate der südlichen Randfazies der Kronbergnagelfluh (vergl. J.

| | | Adelegg Schütten-tobel Basis OSM | Pfänder NE | Pfänder NE | Sommers-berg Alt-stätten | Sommers-berg N Stoss | Roggwil Haselbach | Romans-horn Inseli | Gehren-berg N Mark-dorf | Schönen-baum-garten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m ü. Meer | | ca.750 | 590 | 810 | 515 | 970 | 460 | 398 | 700 | 490 |
| Karbonatkörner | Kalk | 23 | 27 | 47 | 22 | 32 | 27 | 30 | 30 | 36 |
| | Dolomit Gew.-% | 7 | – | – | – | – | – | 2 | 2 | + |
| Leichtmineralkörner Kornzahl-% | Monokristalline (Quarz) | 51 | 74 | | 75 | 83 | 46 | 91 | 74 | 55 |
| | Polykristalline | 43 | 16 | nb | 20 | 4 | 3 | + | 9 | 32 |
| | Nichttransparente | 6 | 10 | | 5 | 13 | 22 | 9 | 17 | 13 |
| Schwermineral-körner, transparent Kornzahl-Prozente Granat in % aller transparenten Schwer-mineralkörner, übrige in % aller transparen-ten Körner ohne Granat | Granat | 10 | 66 | 54 | 54 | 54 | 56 | 41 | 49 | 52 |
| | Epidot | + | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Zoisit | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Staurolith | 72 | 16 | 21 | 20 | 34 | 25 | 8 | 44 | 12 |
| | Disthen | + | + | 1 | – | | 6 | – | 1 | + |
| | Apatit | 31 | 10 | 7 | – | 11 | 6 | + | 1 | 8 |
| | Zirkon | 1 | 34 | 37 | 55 | 27 | 34 | 70 | 28 | 49 |
| | Rutil | 1 | 12 | 20 | 25 | 19 | 7 | 17 | 22 | 17 |
| | Titanit | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Turmalin | + | 19 | 9 | – | – | 22 | 4 | 3 | 7 |
| | Topas | | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Hornblende grün | – | – | – | – | – | – | – | + | – |
| | Hornblende braun | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Hornblende blau | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Aktinolith | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Pyroxen | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Nichttransparente schwe-re Körner in % aller Schwermineralkörner | Erz ohne Magnetit | + | 9 | 25 | 12 | 24 | 13 | 23 | 12 | 9 |
| | Schwere Gesteinsbruch-stücke | + | 20 | 28 | 45 | 22 | 12 | 15 | 27 | 20 |

*Tabelle 4: Sedimentpetrographische Daten von Ablagerungen der FLYSCH-Schüttungen im Bereich Rheintal–Bodensee*

HABICHT, 1945). Eine eigene sedimentpetrographische Überprüfung dieser Gelbmergel im Weissbachtal beim Ahorn (5 km SW Weissbad AI) ergab das Schwermineralspektrum G,SaZRt. Dies entspricht sehr gut der zur Diskussion stehenden Flysch-Schüttung.

Diese Ablagerung kann nach HABICHT als westliche Randzone der Sommersbergzone gedeutet werden. Siehe dazu Blatt 115/Säntis des Geologischen Atlas der Schweiz (1982).

### *4.4 ERGEBNISSE DER SUCHE NACH MÖGLICHEN HERKUNFTSGEBIETEN DER RHEINTAL–BODENSEE-FLYSCH-SCHÜTTUNG*

#### *4.4.1 Sedimentpetrographische Untersuchungen an der sandigen Flussfracht des heutigen Alpenrheins und seiner Zuflüsse*

Ein äusserst wertvolles Datenmaterial über die Flussfracht im ganzen Einzugsgebiet des heutigen Alpenrheins erarbeitete HAHN (1969). Es ist aber nur bedingt für die Lösung molassezeitlicher Probleme auswertbar. Eigene vergleichbare Tests wurden in einigen Bachrunsen im Grosswalsertal (Vorarlberg) durchgeführt (von E nach W über einen Bereich von 15 km, ganz im grauen Vorarlberger Flysch als Einzugsgebiet in der Nordflanke des Tals).

Die Schwermineralgehalte waren allgemein sehr klein und entsprachen keinesfalls den Befunden aus den gelben Molasse-Flysch-Schüttungen. Ein gleichartiges Ergebnis wie im Vorarlberg ergab ein Test im Simmitobel (Wildhaus-Gams), südhelvetische Flysch-Schuppenzone: sehr wenig Schwermineralien.

Bemerkung: Bei allen Überlegungen über Gesteinsabtrag in den Alpen und Sedimentation des Schutts in deren Vorland ist stets zu berücksichtigen, dass bedeutende Mengen abgetragen und umgelagert wurden und in den Alpen nicht mehr vorhanden sind und zudem ein Teil davon in Form von Schlamm und Sand noch weiter weggeführt wurde, vor allem im Glimmersandstrom (siehe HOFMANN, 1960, 1969), und nicht unbedingt im unmittelbaren Vorland liegen blieb. Es ist ausserdem zu beachten, dass das heutige Bodensee-Rheintal erst nach der Molassezeit durch tektonische Bewegungen und damit verbundene Erosion entstanden ist (vergl. HANTKE, 1992).

## 5 DAS GLIMMERSAND-STROMSYSTEM

### *5.1 PALÄOGEOGRAPHIE*

Längs des heutigen Tafel- und Kettenjuras wurden die beiden grossen alpinen Nagelfluhschuttfächer der Schweiz (Hörnli und Napf) vom Ost-West-verlaufenden Glimmersand-Strom begrenzt (siehe Abbildung 1 und HOFMANN, 1960). Dieser Strom entstand vor ca. 17 Millionen Jahren und existierte während rund 5 Millionen Jahren, d.h. während der ganzen Zeit der Oberen Süsswassermolasse. Sein Einzugsgebiet lag in den Tauern. Eine Ur-Enns und eine Ur-Salzach verfrachteten von dort grosse Mengen glimmriger Sande entlang des Nordrandes des Molassebeckens in die Nordschweiz und weiter nach Südwesten über das Gebiet des heutigen, damals noch nicht vorhandenen Kettenjuras ins Rhonesystem und zum Mittelmeer. Der Thurgau hatte an diesem Stromsystem wesentlichen Anteil. Am Rand des Hörnlischuttfächers, besonders deutlich zu sehen auf

der Nordseite des Seerückens, verzahnen sich die Sedimente des Hörnlifächers mit den Strombettsanden des Fluss-Systems aus Osten.

Die hellen Glimmersande unterscheiden sich in Aussehen und Zusammensetzung sehr deutlich von den Ablagerungen der Hörnlischüttung. Im Querschnitt des Untersees haben die Glimmersande heute noch eine lückenlos erhaltene Mächtigkeit von rund 600 m. Am Südfuss des Seerückens findet man sie aber nur an wenigen Stellen: dort überwiegen bereits die Ablagerungen der Hörnlischüttung, in denen die Glimmersande gegen Süden auskeilen. Am Hohenstoffel im Hegau reichen die Glimmersande hingegen bis gegen 800 m. ü. M. hinauf.

Gegen Westen, stromabwärts, findet man Glimmersande bis in die Gegend von Winterthur, was zeigt, dass der grosse sie zuführende Strom auf seiner linken Seite zeitweilig bis dorthin und auch bis nach Zürich übergriff. Verbreitet findet man Glimmersande auch im Aargauer Jura und als Relikte bis ins Tal von St. Imier (Hofmann, 1969).

Der Glimmersandstrom war bis 20 km breit, flach und veränderlich. Die mittlere Ablagerungsgeschwindigkeit für seine hellen, ostalpinen Sande lag bei kaum mehr als etwa 1,2 mm pro Jahr, wobei sich das Stromgebiet im gleichen Ausmass stetig senkte. Dies ergab über einen Zeitraum von 5 Millionen Jahren der Existenz dieses Stroms den genannten, erhaltenen Sandkomplex, bei einer angenommenen wahrscheinlichen Obergrenze desselben bei stets etwa 200 m. ü. M., bei laufender Senkung. Der Transportweg der Glimmersande aus den Ostalpen in die Nordschweiz war rund 500 km lang und sehr flach, so dass nur selten Gerölle bis in unsere Gegend gelangen konnten. Immerhin findet man auf dem Schienerberg und bis zum Herrentisch Quarzfeinkies. Von sauberem Wasser und beständigen Verhältnissen zeugen Bänke mit Flussmuschelschalen, die man in den Glimmersanden antreffen kann. Das Ablagerungsmilieu war jedenfalls weniger turbulent als im Hörnlisystem.

### *5.2 SEDIMENTPETROGRAPHIE DES GLIMMERSANDSYSTEMS*

Die Herkunft der Glimmersande im Thurgau und westlich davon konnte aufgrund der Daten der erdölgeologischen Untersuchungen im süddeutschen Molassebecken (Lemcke et. al. 1953) ermittelt und auf die Obere Süsswassermolasse in der Schweiz übertragen werden (Hofmann, 1960).

Das Einzugsgebiet der Glimmersande in kristallinen Schiefern des Tauerngebietes äussert sich im Mineralbestand der Sande: Der Gehalt an Kalk- und Dolomitkörnern ist relativ niedrig, jener an silikatischen Leichtmineralien hoch. Unter den Schwermineralien dominiert Granat bei weitem. Unter den übrigen schweren Körnern ist Epidot deutlich vertreten, ebenso wie Staurolith. Im Übrigen sei auf Tabelle 5 verwiesen.

Bemerkenswert ist ein Aufschluss am Untersee an der Strasse 1 km WSW Glarisegg, wo Knauersand der Hörnlischüttung Glimmersand aus dem Osten mit scharfer Grenze überlagert. Die sedimentpetrographischen Daten sind in Tabelle 6 zusammengestellt, die die herkunftsbedingten Unterschiede sehr deutlich dokumentiert. Diese Lokalität wurde ins thurgauische Inventar schützenswerter geologischer Objekte (Geotope) aufgenommen.

| | | Chastel Täger-wilen | Wäldi Sand-grube | Helsig-hausen Sandgrube | ENE Steckborn | Steck-born Speckbach | Mammern Eggmüli-tobel | Wangen Hohlweg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m ü. Meer | | 490 | 615 | 600 | 400 | 480 | 460 | 480 |
| Karbonatische Körner | Kalkkörner Gew.-% | 8 | 14 | 10 | 8 | 8 | 18 | + |
| | Dolomitkörner Gew.-% | – | 6 | 14 | 2 | 10 | 8 | 5 |
| Silikatische Leichtmineral-körner Kornzahl-Prozente | Monokristalline Körner | 56 | 61 | 51 | 60 | 60 | 57 | 63 |
| | Polykristalline Körner | 33 | 28 | 42 | 27 | 31 | 33 | 31 |
| | Gesteinsbruchstücke | 12 | 11 | 7 | 13 | 9 | 10 | 6 |
| Schwermineral-körner, transparent Kornzahl-Prozente Granat in % aller transparenten Schwermineralkörner, übrige in % aller transparenten Körner ohne Granat | Granat | 84 | 80 | 86 | 85 | 85 | 87 | 85 |
| | Epidot | 15 | 37 | 19 | 36 | 32 | 27 | 33 |
| | Zoisit | – | + | + | 3 | + | + | 4 |
| | Staurolith | 54 | 24 | 43 | 47 | 46 | 32 | 63 |
| | Disthen | 8 | 5 | 11 | 9 | + | 13 | 4 |
| | Apatit | 13 | + | 8 | 6 | 7 | 3 | + |
| | Zirkon | + | 4 | 5 | – | + | 4 | + |
| | Rutil | 5 | 26 | 14 | 8 | 8 | 8 | 13 |
| | Titanit | – | – | – | + | + | – | + |
| | Turmalin | + | 2 | – | 2 | 5 | 3 | 4 |
| | Topas | – | – | – | – | – | – | – |
| | Hornblende grün | – | – | – | – | + | – | 2 |
| | Hornblende braun | – | – | – | – | – | – | – |
| | Hornblende blau | – | – | – | | | | |
| | Aktinolith | | | | + | + | | |
| | Pyroxen | – | – | – | – | – | – | – |
| Nichttransparente schwere Körner in % aller Schwermineralkörner | Erz ohne Magnetit | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 18 | 8 |
| | Schwere Gesteinsbruch-stücke | 17 | 8 | 7 | 5 | 4 | 12 | 9 |

*Tabelle 5: Sedimentpetrographische Daten von Glimmersanden aus dem Unterseegebiet*

| | | Glimmer-sand | Knauer-sandstein |
|---|---|---|---|
| Karbonatische Körner | Kalkkörner Gew.-%<br>Dolomitkörner Gew.-% | 2<br>10 | 30<br>10 |
| Silikatische Leichtmineral-körner<br>Kornzahl-Prozente | Monokristalline Körner<br>Polykristalline Körner<br>Gesteinsbruchstücke | 69<br>23<br>8 | 34<br>37<br>29 |
| Schwermineral-körner, transparent<br><br>Kornzahl-Prozente<br><br>Granat in % aller transparenten Schwer-mineralkörner, übrige in % aller transparen-ten Körner ohne Granat | Granat | 82 | 29 |
| | Epidot | 48 | 88 |
| | Zoisit | 3 | + |
| | Staurolith | 27 | 3 |
| | Disthen | 4 | + |
| | Apatit | 7 | 2 |
| | Zirkon | – | – |
| | Rutil | 6 | – |
| | Titanit | – | 1 |
| | Turmalin | 4 | 2 |
| | Topas | – | – |
| | Hornblende grün | 3 | 5 |
| | Hornblende braun | – | – |
| | Hornblende blau | – | – |
| | Aktinolith | + | + |
| | Pyroxen | – | – |
| Nichttransparente schwere Körner in % aller Schwer-mineralkörner | Erz ohne Magnetit<br>Schwere Gesteins-bruchstücke | 3<br>4 | 6<br>45 |

*Tabelle 6: Sedimentpetrographische Daten eines Glimmersandes (Stromsystem aus dem Osten) und eines Knauersandsteins (Hörnlischüttung) am Beispiel eines Vorkommens beider Gesteine in einer kleinen Grube 1 km WSW Glarisegg.*

## LITERATUR


BERLI, S. (1985): Zur Geologie des Sommersbergs (Kant. St.Gallen u. Appenzell AR). Ber. St.Gall. Natur. Ges. **82**, 109–145

BOLLIGER, T. (1998): Age and geographic distribution of the youngest Upper Freshwater Molasse (OSM) of eastern Switzerland. – Eclogae geol. Helv. **91**, 3: 321–332

BÜCHI, U.P. (1959): Zur Geologie, Stratigraphie und Paläogeographie des Südrandes der mittelländischen Molasse zwischen Rheintal und Toggenburg. Kreuzlingen

BÜRGISSER, H.M. (1980): Zur mittelmiozänen Sedimentation im nordalpinen Molassebecken: Das «Appenzellergranit»-Niveau des Hörnli-Schuttfächers (Obere Süsswassermolasse) der Nordostschweiz. – Mitt. Geol. Inst. ETH & Univ. Zürich, NF 232

DIETRICH, V. (1969): Die Ophiolithe des Oberhalbsteins (Graubünden) und das Ophiolithmaterial der ostschweizerischen Molasse, ein petrographischer Vergleich. – Europ. Hochschul-Schriften, Reihe XVII, Erdwiss, Band 1. Lang, Bern

EUGSTER, H., FRÖHLICHER, H. & SAXER, F. (1960): Erläuterungen zu Blatt 23 St. Gallen-Appenzell des geol. Atlas der Schweiz 1:25'000. Schweiz. Geol. Komm.

FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – Eclogae geol: Helv. **57/1**: 11–298

GEES, R.A. (1956): Ein Beitrag zum Ophiolith-Problem, behandelt an einigen Beispielen aus dem Gebiet von Klosters-Davos (Graubünden). – Schweiz. min.-petr. Mitt. **36–2**: 454–488

GEIGER, E. (1933): Petrographie der Molasse. – Mitt. thurg. naturf. Ges. **29**

GEIGER, E. (1943): Erläuterungen zu Blatt 16 (Pfyn–Märstetten–Frauenfeld–Bussnang) des geol. Atlas der Schweiz 1:25'000. Mit einem sedimentpetrographischen Anhang. S. 35–47

HABICHT, K. (1945): Geologische Untersuchungen im südlichen st.gallisch-appenzellischen Molassegebiet. – Beitr. geol. K. Schweiz, N.F. 83, 166 S.

HAHN, C. (1969): Mineralogisch-sedimentpetrographische Untersuchungen an den Flussbettsanden im Einzugsgebiet des Alpenrheins. – Eclogae geol. Helv. **62/1**: 227–278

HANTKE, R. (1992): Zur Genese des Alpenrheintals. – In: Die Geologie von Vorarlberg. – Jb. Geol. Bundesanst. Wien, **135/4**: 847–856

HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st.gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie. – Jb. St.Gall. Natur. Ges. **74**: 1–87

HOFMANN, F. (1957): Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz. – Eclogae geol. Helv. **50/2**: 289–322

HOFMANN, F. (1957): Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenberg NW St. Gallen. – Eclogae geol. Helv. **50/2**: 477–482

HOFMANN, F. (1960): Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der Oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz. – Eclogae geol. Helv. **53/1**: 1–25

HOFMANN, F. (1969): Neue Befunde über die westliche Fortsetzung des beckenaxialen Glimmersand-Stromsystems in der Oberen Süsswassermolasse des schweizerischen Alpenvorlandes. – Eclogae geol. Helv. **62/1**: 279–284

HOTTINGER, L., MATTER, W., SCHINDLER, C. et al. (1970): Erläuterungen zu Blatt 1093 Hörnli des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000

JÄCKLI, H. (1958): Der rezente Abtrag der Alpen im Spiegel der Vorland-Sedimentation. – Eclogae geol. Helv. **51/2**: 314–365

JÄCKLI, H. (1985): Zeitmassstäbe der Erdgeschichte. – Birkhäuser
LEMCKE, K., v. ENGELHARDT, W. & FÜCHTBAUER, H. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. – Beih. geol. Jb. **11**
LEUPOLD, W. (1937): Zur Stratigraphie der Flyschbildungen zwischen Linth und Rhein. - Eclogae geol. Helv. **30/1**: 1–23
LEUPOLD, W., TANNER, H. & SPECK, J. (1942): Neue Geröllstudien in der Molasse. – Eclogae geol. Helv. **35/2**: 235–246
MILNER, H.B. (1962): Sedimentary Petrology. – George Allen & Unwin Ltd., London
v. MOOS, A. (1935): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassegesteinen. – Schweiz. min.-petr. Mitt. **15**: 170–202
PETERS, T.J. (1963): Mineralogie und Petrographie des Totalpserpentins bei Davos. – Schweiz. min.-petr. Mitt. **43**: 531–685
PETERS, T.J., MUMENTHALER, T. & JENNI, J.P. (1975): Mineralogische und technologische Untersuchungen an Ziegeleitonen aus der Molasse der NE-Schweiz. – Schweiz. min.-petr. Mitt. **55**: 331–348
DE QUERVAIN, F. (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. – Schweiz. geotech. Kommission. – Kümmerly & Frey, Bern
RENZ, H.H. (1937): Zur Geologie der östlichen st.gallisch-appenzellischen Molasse. – Jb. St. Gall. Natur. Ges. **69**: 3–129
SAXER, F. (1948): Alter und Dauer der Molassezeit. – Ber. Tätigk. St. Gall. Natur. Ges. **72**: 121–133
SCHLÄFLI, A. (1999): Geologie des Kantons Thurgau. Mit Beiträgen von H. NAEF, R. WYSS, F. HOFMANN, O. KELLER, E. KRAYSS u. CH. WIELAND. – Mitt. thurg. naturf. Ges. **55**. Mit einer geol. Übersichtskarte des Kantons Thurgau 1:50'000 von H. NAEF & D. W. HILLER
SCHMIDLE, W.T. (1922): Zur Geologie von Heiligenberg und Umgebung. – Schr., V.G. Bodensee u. Umg. **51**
SCHRADER, F. (1988): Das regionale Gefüge der Drucklösungsdeformation an Geröllen im westlichen Molassebecken. – Geol. Rundschau **77/2**: 347–369
SCHREINER, A. (1989): Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz 1:50'000, 3. Auflage. – Geol. Landesamt Baden-Württemb., Freiburg i.Br.
SEEMANN, R. (1929): Stratigraphische und allgemein geologische Probleme im Obermiocäen Südwestdeutschlands. – N. Jb. f. Min., Geologie & Paläontologie LXIII,B., 63–122
SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee und Versuch einer paläogeographischen Auswertung. – Diss. Univ. Zürich
TANNER, H. (1944): Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli. – Mitt. thurg. naturf. Ges. **33**: 1–108
TRÜMPY, R. (1969): Die helvetischen Decken der Ostschweiz: Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. – Eclogae geol. Helv. **62/1**: 105–142
TRÜMPY, R. (1992): Ostalpen und Westalpen. Verbindendes und Trennendes. – Jb. Geol. B-A. Wien, **135/4**: 875–882