

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 51 (1958)
Heft: 1

Artikel: Zur Geologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Töss- und Glattal
Autor: Büchi, Ulrich P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-162429>

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: 14.01.2026

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

Zur Geologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Töss- und Glattal

Von **Ulrich P. Büchi** (Zürich)

Mit 1 Figur und 7 Tabellen im Text und 2 Tafeln (I und II)

Gedruckt mit Unterstützung der SEAG, Aktiengesellschaft für schweizerisches Erdöl, St. Gallen

INHALTSVERZEICHNIS

I. Allgemeine Orientierung; topographische und geologische Übersicht	73
II. Zur Stratigraphie der OSM	74
III. Lithologie der OSM	78
A. Basiszone der OSM	78
B. Mittlerer Komplex der OSM	80
1. Abgrenzung gegen die Basiszone	80
2. Abgrenzung gegen die Konglomeratstufe	80
3. Lithologie und Fossilführung	80
C. Oehningerzone und Konglomeratstufe	81
1. Oehningerzone	81
2. Konglomeratstufe und ihre lokale Dreiteilung	85
a) Erste Hauptschüttungsphase	86
b) Mergelige Zwischenstufe	86
c) Zweite Hauptschüttungsphase	86
IV. Zur Paläogeographie der OSM zwischen Glatt und Töss	87
A. Basiszone der OSM	90
B. Mittlerer Komplex der OSM	91
C. Oehningerzone	94
D. Konglomeratstufe	94
V. Die Entwicklung der Sedimentationsverhältnisse im stratigraphischen Profil der OSM	95
VI. Tektonik	97
VII. Beobachtungen an der Oberen Meeresmolasse zwischen Töss und Thurmündung . .	101
A. Burdigalien	101
B. Helvétien	102
1. Gebiet zwischen Glatt und Töss	102
2. Gebiet zwischen Andelfingen und Flaach	102

I. Allgemeine Orientierung, topographische und geologische Übersicht

Im Verlauf der geologischen Aufnahmen für die SEAG (AG für schweizerisches Erdöl) wurde unter anderem auch das Gebiet zwischen der Töss und der Glatt neu bearbeitet und im Maßstab 1:25000 kartiert. Dank einiger Leithorizonte konnten in stratigraphischer und tektonischer Hinsicht neue Gesichtspunkte gewonnen werden, die für die regionalen Zusammenhänge innerhalb des Hörnlschuttfächers (oberaquitane, miozäne und pliozäne Ur-Rhein-Schüttung) von Interesse sind.

Aus diesen Gründen hat sich die SEAG entschlossen, die Resultate meiner Forschungen der Öffentlichkeit freizugeben und durch einen namhaften Druckkostenbeitrag die Veröffentlichung der vorliegenden Publikation zu ermöglichen. Ich möchte es an dieser Stelle nicht unterlassen, meinen Arbeitgebern für dieses grosse Entgegenkommen meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Da durch verschiedene Publikationen die geologischen Verhältnisse im Südteil des Hörnlfächers bekannt sind (H. TANNER 1944, U. P. BÜCHI & G. WELTI 1950/51, G. WELTI 1950), erstreckten sich meine Untersuchungen in erster Linie auf die höheren Stufen der Oberen Süsswassermolasse. Nur im N, im Gebiet der Tössmündung, wurden auch die Basiszone der OSM und die Obere Meeresmolasse (Burdigalien/Helvétien) näher untersucht. Auf die Obere Meeresmolasse (OMM) werde ich am Schluss dieser Publikation kurz zu sprechen kommen, da sich die detaillierten Untersuchungen in der OMM nur auf ein kleines Gebiet beschränken.

Als topographische Grundlage für die Kartierungsarbeiten diene der topographische Atlas der Schweiz 1:25000 (Siegfriedblätter: 27 Eglisau, 41 Bülach, 43 Kloten, 65 Winterthur, 67 Kyburg, 68 Turbenthal, 210 Volketswil, 211 Rümikon, 213 Pfäffikon, 237 Hinwil, 230 Wald).

Zur Zeit meiner Feldaufnahmen war von der neuen Landeskarte 1:25000 erst das Blatt 1113 Ricken erschienen. Die obgenannten Siegfriedblätter sind auf den folgenden Blättern der neuen Landeskarte 1:25000 enthalten: 1051 Eglisau, 1071 Bülach, 1072 Winterthur, 1092 Kloten, 1093 Hörnli, 1113 Ricken.

Die Anschlussgebiete im Süden und Westen bis auf die Linie Zürich–Wallisellen wurden von G. WELTI (1950) und N. PAVONI (1956) für ihre Dissertationen bearbeitet. Das N der Linie Zürich–Wallisellen gelegene Gebiet wurde von mir im Auftrag der SEAG kartiert. Zudem bestehen aus diesem Gebiet zwischen Limmat und Glatt wertvolle Aufnahmen von Prof. Dr. H. SUTER, die noch nicht veröffentlicht sind. Auf verschiedenen gemeinsamen Exkursionen hatte ich die Gelegenheit, mit H. SUTER die Probleme dieser Gegend zu diskutieren, und ich möchte ihm an dieser Stelle für seine wertvollen Anregungen meinen herzlichen Dank aussprechen.

Teile des Untersuchungsgebietes selbst wurden bereits früher von E. BENZ (1922), J. FRÜH (1907), J. WEBER (1901, 1904, 1906, 1908, 1924), A. WEBER (1928) und anderen beschrieben. Besonders die beiden Autoren J. und A. WEBER haben im Tösstal in diluvialgeologischer Hinsicht Hervorragendes geleistet.

Gedacht sei an dieser Stelle auch der Arbeiten von J. FRÜH (1907), A. GUTZWILLER (1877), E. LETSCH (1899), H. SUTER (1939), H. TANNER (1944), TH. ZINGG (1934).

II. Zur Stratigraphie der Oberen Süsswassermolasse

Die stratigraphische Gliederung der Oberen Süsswassermolasse im Bereich des Hörnlschuttfächers beruht in erster Linie auf lithologischen Beobachtungen. Im besonderen war es bis heute nicht möglich, die Grenze zwischen Tortonien–Sarmatien und Miozän–Pliozän exakt festzulegen. Durch die Säugetierfossilfundstelle Katzenstebel bei St. Gallen (BÜCHI, U. P. 1950, HOFMANN, F. 1950) kann einzig gesagt werden, dass der vulkanische Blockhorizont (BÜCHI, U., & HOFMANN, F. 1945,

HOFMANN, F. 1950/51) noch ins Tortonien zu stellen ist, während auf Grund der Untersuchungen im deutschen Molassebecken (K. LEMCKE, W. v. ENGELHARDT und H. FÜCHTBAUER 1953) die höchsten Teile der Oberen Süsswassermolasse dem Pontien zuzuordnen sind.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der lithologisch-stratigraphischen Gliederungsversuche der Oberen Süsswassermolasse des Hörnlifächers.

Daraus ist ersichtlich, dass die Gliederung der Oberen Süsswassermolasse, wie sie von F. HOFMANN 1951 für die Ostschweiz (Gebiet des Tannenberges–Bischofszell–Nollen) getroffen wurde, weitgehend auch auf die andern Teile des Hörnlifächers übertragen werden kann. Neben der Degersheimer-Kalknagelfluh («Appenzellergranit»), die von N. PAVONI (1956) bei Urdorf als typische Kalkbank nachgewiesen werden konnte und von Prof. H. SUTER und mir ebenfalls bei Schlieren und E der Limmat (Altberg, Gubrist, Hintertobel bei Affoltern–Zürich) gefunden wurde, ist es besonders die Oehningerzone, die sich im gesamten Hörnlifächer, einschliesslich dem Zürichseegebiet, nachweisen lässt. In den randlichen Schuttfächerteilen beginnt die Vermergelung schon in den oberen Teilen des mittleren Komplexes der Oberen Süsswassermolasse. Auch der Einsatz der Konglomeratstufe kann in diesen randlichen Partien etwas später erfolgen, wodurch eine grössere Mächtigkeit der Oehningerzone vorgetäuscht wird.

Gewisse Begriffe der Gliederung von F. HOFMANN (1951), wie Haldenholmermergel, Steinbalmensandschichten, wurden seinerzeit aus dem Gebiet des Hegaus und des Schienerberges übernommen. Da F. HOFMANN (1955/56) mit seinen späteren Untersuchungen nachweisen konnte, dass diesen Bezeichnungen fazielle Bedeutung zukommt und zudem die von deutschen Geologen aufgestellte Stratigraphie des Schienerberges nur beschränkt richtig ist, wurde von F. HOFMANN und mir eine Stufenbezeichnung gesucht, die auf das gesamte Gebiet des Hörnlifächers übertragen werden kann. Wir haben uns am 4. 8. 1956 auf die folgenden Bezeichnungen geeinigt, die in Zukunft von uns in konformem Sinne angewendet werden:

Tannenberg–Hörnligipfel-Schichten: Diese vermutlich pontische Molassestufe ist gekennzeichnet durch das Auftreten von Geröllen und Sandkörnern, die eindeutig dem helvetischen Deckenpaket entstammen.

Konglomeratstufe: Da diese Stufe im ganzen Hörnligebiet durch einen plötzlichen Einsatz starker Geröllschübe charakterisiert ist, wurde diese Bezeichnung beibehalten.

Oehningerzone: Vorwiegen von Mergeln.

Mittlerer Komplex der OSM: In Alpennähe vorwiegend Konglomerate, in den randlichen Teilen des Schuttfächers Knauer- und Glimmersandsteine im Wechsel mit Mergel-Sandsteinserien.

«Appenzellergranit.»

Basiszone der OSM: Ausser im Bereich der Glimmersandrinne (F. HOFMANN 1955/56) ist in den randlichen Teilen des Schuttfächers diese Stufe durch ein Vorwiegen mergeliger Gesteine charakterisiert.

H. TANNER 1944 Tössberge	F. HOFMANN 1950/1 E-Schweiz	U. BÜCHI 1950	N. PAVONI 1956 Zürichsee	U. BÜCHI 1956 Limmat- Reuss / z. T. unveröffent- lichte Resultate	F. HOFMANN 1955/1956 E u. NE Schweiz
Obere Stufe der OSM	Gehrenbergschichten	Sarmatien und Oberes Torto- nien	Ophiolithnagelfluh Albis- pass 160 m	N Äquivalent der Konglo- meratstufe 55/75/ und 180-200 m über vulkanischem Niveau kohlige limnische Kalke	Konglomeratstufe, 20 m über Basis Magnetit-Tuff Ophiolithnagelfluh
	Heiligenbergschichten				
	Obere Oehningermergel				
Mittlere Stufe der OSM	Konglomeratstufe	Mittleres Torto- nien	Ophiolithnagelfluh 20 m limnisches Leitniveau vulkanischer Tuff	limnisches Kalkniveau Montmorillonit Oehningermergel	vulk. Blockhorizont Mergelzone: + Bentonit
	Untere Oehningermergel Vulkanismus				
	Steinbalmensandschichten				
Appenzeller- granit	Appenzellergranit	Degersheimer Kalknagelfluh	Appenzellergranit	N-Äquivalent der Degers- heimer Kalknagelfluh	Appenzellergranit
Untere Stufe der OSM 450 bis 480 m	Haldenhofschichten	Unteres Torto- nien	50 m Ophiolithnagelfluh	Unteres Tortonien «Haldenhofmergel» mit 2-3 limnischen Kalkniveaus	Am Seerücken Glimmer- sande bis Kopf Helvétien

Konvention: Hofmann/ Büchi 4. 8. 1956	Internationale Stratigraphie	Lithologische Gliederung zwischen Bodensee und Reuss F. Hofmann & U. Büchi 1956			
Tannenbergl-, Hörnligipfelschichten: Kreidematerial der Helvetischen Decken	Pontien (unt. Pliozän)	Hörnligipfelschichten	Hörnligubelzone	Erosion	Tannenbergschichten
Konglomeratstufe	Sarmaten	Nagelfluhen			
		Ophiolithnagelfluh		Sandstein-Zone	Nagelfluhen Magnetit-Tuff Ophiolithnagelfluh
– limnische Zone – Oehningerzone		grüne Mergel kohlgiger-limnischer Kalk und Nagelfluh		Kohlenflöz Bentonit	Bentonit vulk. Blockhorizont
oberer Teil – limnische Zone – unterer Teil Mittlerer Komplex der OSM	<p>Oberes Vindobonien</p> <p>Tortonien</p> <p>Oberes Mittleres Unteres</p>	Nagelfluhen im Wechsel mit vorw. violetten Mergelsandsteinserien	Ophiolithnagelfluh		
«Appenzellergranit»		Appenzellergranit	—	Appenzellergranit (Kalk)	Appenzellergranit
Basiszone der OSM		Nagelfluhen im Wechsel mit gelben u. rötlich-violetten Mergel-Sandstein-Serien	Vorw. gelb-grau-gefleckte Mergelserien mit mehreren limnischen Kalkhorizonten		
		Töss-S	Töss N	Limmat-Reuss	St. Gallen: vorw. Mergel mit einzelnen Sandstein- und Konglomerathorizonten Seerücken: Glimmersande Seerücken – E Schweiz

Tabelle 1: Gliederung der Oberen Süsswassermolasse im Hörnligfächer.

III. Lithologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM)

A. BASISZONE DER OSM (unteres Tortonien)

Am Südrand der mittelländischen Molasse wurde die Basiszone der OSM durch die Publikationen von U. BÜCHI und G. WELTI 1951 und G. WELTI 1950 eingehend beschrieben. Im zentralen Teil des Schuttfächers im Gebiet zwischen Toggenburg und Goldingertobel liegen folgende Anteilwerte der einzelnen Gesteinstypen vor (U. BÜCHI & G. WELTI 1951):

Nagelfluhanteil	90%	Toggenburg	50%	Goldingertobel
Anteil gelb-grau- und gelb-grau-violett-gefleckter Mergelsandsteinserien	8%	»	45%	»
Anteil grauer und bunter Serien	2%	»	5%	»

Westlich des Goldingertobels nimmt der Nagelfluhanteil weiter auf ca. 30% ab, zugunsten gelb-grau-gefleckter und grauer Serien (G. WELTI, 1950).

Am Südrand des Untersuchungsgebietes fallen die Schichten der Basiszone in Form eines zyklodartigen, nach oben konkaven Bogens gegen NNW ein. Das Schichtfallen nimmt von unten nach oben stetig ab, von 20° an der Basis der OSM bis auf 15° im Bereich des «Appenzellergranites».

Auf der Linie Rüti–Goldingen tauchen die Schichten der Basiszone unter die höheren Stufen und gelangen erst am Nordrand des Molassebeckens wieder zum Ausbiss. Am Südrand der mittelländischen Molasse ca. 500 m mächtig, sind sie hier nur noch 70–80 m dick, woraus sich eine mittlere Mächtigkeitsreduktion von S nach N von 11,2 m/km ergibt.

E. v. BRAUN (1953) erwähnt aus dem Gebiet des Hochrheins unterhalb Eglisau kontinuierliche Übergänge zwischen dem oberen Helvétien und dem Tortonien. Es dürfte sich dabei um jene Übergangszone handeln, die im süddeutschen Raum als Süssbrackwassermolasse bezeichnet wird. Im Gebiet der Tössmündung und bei Bülach/Bachenbülach konnten solche Übergänge nicht beobachtet werden. Über den typischen Sandsteinen des Helvétien folgen jeweils in scharfem Kontakt gelb-grau-gefleckte Mergel von eindeutig tortonem Habitus. Einzig an der Strasse von Teufen an der Töss nach Flaach bei Koord. 684,25/268,42 stehen Schichten an, die eventuell eine solche Übergangszone andeuten:

Profil von oben nach unten:

Mergel, gelb-grau-gefleckt (tortoner Habitus)	2,00 m
Mergel, grau, feingeschichtet, ausserordentlich reich an guterhaltenen Blättern (Übergangszone)	0,50 m
Sandstein, glaukonitführend (Helvétien)	einige m

Diese Fundstelle mit guterhaltenen Blättern wurde von R. HANTKE und mir ausgebeutet; eine paläophytologische Bearbeitung dieser Blätter wird z. Z. von R. HANTKE durchgeführt.

Die mikropaläontologische Bearbeitung einer Mergelprobe durch H. C. G. KNIPSCHER (briefliche Mitteilung) ergab eine spärliche Mikrofauna: *Globigerina* sp. sp. und *Globorotalia* sp. Eine Alterseinstufung ist nicht möglich. Das gleichzeitige Vorhandensein von Blättern in den Mergeln bestätigt eventuell die Möglichkeit einer umgelagerten Mikrofauna.

Am N-Rand des Untersuchungsgebietes wird die Basiszone der OSM durch das Vorherrschen (97%) von gelb-grau-gefleckten Mergel-Sandsteinserien charakterisiert. Unter diesem Begriff verstehe ich den dünnbankigen Wechsel von vorwiegend Mergeln mit Mergelsandsteinen, Kalkmergeln und Sandsteinen, die meist etwas mergelig sind. Diese Gesteine entstanden durch periodische, flächenhafte Überflutungen des Beckens. Rötliche oder violette Serien (Terra rossa-Bildungen) und graue Mergel (oft mit limnischen Fossilien) treten nur sehr untergeordnet auf (1%). Typische Schüttungssandsteine (Rinnensandsteine: Knauersandsteine, Glimmersande) beteiligen sich am Gesamtprofil nur zu 2%. Meist treten sie als wenig mächtige (1–2 m) Stromrinnen in den höheren Teilen der Basiszone der OSM auf.

Charakteristisch für die Basiszone der OSM in den randlichen Schuttfächerteilen ist ein häufiges Auftreten von kohligen Kalken (fossile Seekreiden) und anderen limnischen Bildungen. Die Untersuchungen im Limmat-Reuss-Gebiet haben diese Häufungen limnischer Serien in dieser Stufe bestätigt. Auch im Zürichseegebiet sind limnische Bildungen wie Kohlenflöze und kohlige Kalke bekannt, ich möchte hier nur an das Kohlenflöz Käpfnach und die kohligen Kalke bei Tägernau E Rapperswil (G. WELTI 1950) erinnern.

Als Beispiel für diese limnischen Einlagerungen mögen die beiden Profile Riedlibach und Stampfenbach dienen.

Profil Riedlibach (von oben nach unten) Koord. 689,8/262,825.

Knauersandstein, reich an grossen Muskowit-Blättchen (Basis des mittleren Tortonien)	8,00 m
Mergel, kohlig, fossilreich: <i>Heliciden</i> , <i>Planorben</i> , <i>Lymnänen</i>	0,20 m
Mergelsandstein, gelb-grau-gefleckt	0,60 m
Mergel, kohlig	0,10 m
Mergel-Sandstein-Serie, gelb-grau-gefleckt	12,10 m
Knauersandstein, Doppelbank, zum Teil etwas mergelig	5,00 m
Mergel-Sandsteinserie, gelb-grau-gefleckt	ca. 7,00 m
Kalk, kohlig, beige	0,07 m
Mergel, beige	0,10 m
Mergel, kohlig, fossilreich: <i>Heliciden</i> , <i>Planorben</i>	0,25 m
Mergel-Sandstein-Serie, gelb-grau-gefleckt und nicht aufgeschlossene Zonen	ca. 16,00 m
Kalk, kohlig, dunkelbeige	0,15 m
Nicht aufgeschlossen	4,00 m
Sandstein, reich an Muskowit	2,00 m
Kalk, kohlig beige	0,10 m
Mergelsandstein, gelb-grau-violett-gefleckt, im oberen Teil Übergänge in hellgrauen mergeligen Sandstein	2,00 m

Q. 447

Profil Stampfenbach (von oben nach unten) Koord. 686,2/263,0.

Knauersandstein, reich an Muskowit-Blättchen	4,50 m
Mergel-Sandstein-Serien, gelb-grau-, seltener gelb-grau-violett-gefleckt	ca. 25,00 m
Mergel, grün	0,07 m
Kalk, kohlig, beige	0,02 m
Mergel, grün	½ cm
Mergel, kohlig fossilreich: <i>Planorbis</i> , <i>Helix</i>	0,15 m
Mergel, grau, <i>Pupa</i> , <i>Lymnaea</i>	0,20 m
Mergel-Sandstein-Serien, gelb-grau-gefleckt	ca. 6,00 m
Mergel, kohlig, fossilreich: <i>Helix</i> , <i>Planorbis</i>	0,20 m
Mergel-Sandsteinserien, gelb-grau-, seltener gelb-grau-violett-gefleckt	ca. 10,00 m

Q. 440.

Die limnischen Bildungen der Basiszone besitzen eine recht grosse regionale Verbreitung, doch kann es sich nicht um einen zusammenhängenden tiefen Süsswassersee gehandelt haben. Dagegen sprechen die geringen Mächtigkeiten der kohligen Kalke und der Sedimentationscharakter in der Basiszone, mit seinem Wechsel von gelb-grau-gefleckten Serien mit typischen Rinnensanden (fluviatile Schwemmlandebene). Die limnischen Sedimente wurden in flachen, oft moorartigen Tümpeln und untiefen kleinen Seen gebildet, die in Schwärmen (Seenplatte) angeordnet waren. Die ständig wechselnden Sedimentationsverhältnisse im Molassetrog führten laufend zur Eindeckung einzelner dieser Tümpel und zur Entstehung neuer kleiner Seen. Es ist daher gefährlich die einzelnen limnischen Bildungen über grössere Distanzen hinweg miteinander zu korrelieren, da solche Korrelationen häufig die stratigraphischen Grenzen schief schneiden würden. Parallelisationen sind nur dort erlaubt, wo anhand anderer Indizien, wie z. B. typische Begleitgesteine, ein sicherer Zusammenhang einzelner Aufschlüsse besteht.

B. MITTLERER KOMPLEX DER OSM

1. Abgrenzung gegen die Basiszone

Schon H. TANNER (1944) unterschied ein unteres von einem mittleren Stockwerk der Oberen Süsswassermolasse, wobei als Grenzniveau die Degersheimer-Kalknagelfluh (Felbacher-, Hüllsteiner-Kalknagelfluh, «Appenzellergranit») diente. Dieser vorzügliche Leithorizont ist für eine lithologische Abgrenzung einer Basiszone von einem mittleren Komplex der OSM gut geeignet, konnte er doch von Abtwil bei St. Gallen bis Feldbach am Zürichsee innerhalb des Südrandes der mittelländischen Molasse durchgehend festgestellt werden (U. BÜCHI & G. WELTI 1950). Ferner gelang es N. PAVONI (1956) diesen Horizont und seine nördlichen Äquivalente im Gebiet des Zürichsees, im Sihltal und bei Urdorf nachzuweisen. Neulich konnte dieser Horizont von Prof. H. SUTER und mir auch rechts der Limmat (Gubrist, Altberg usw.) festgestellt werden.

Im Gebiet der Tössmündung fehlt der «Appenzellergranit» bzw. seine nördlichen Äquivalente. Die Grenze zwischen der Basiszone und dem mittleren Komplex der OSM wurde daher an der Basis der untersten mächtigen Sandsteinbank gelegt, welche die Sandsteinschüttung des mittleren Komplexes einleitet. Diese Grenze wird somit nicht immer mit dem «Appenzellergranitniveau» übereinstimmen, ein Fehler von $\pm 20-30$ m ist ohne weiteres möglich; sicher persistiert an einigen Lokalitäten die Mergelfacies der Basiszone in den mittleren Komplex der OSM hinauf, da die Sandschüttung nicht überall gleichzeitig einsetzte.

2. Abgrenzung gegen die Konglomeratstufe (Oberes Tortonien, Sarmatien, evtl. Pliozän)

Die Abgrenzung gegen das hangende, obere Tortonien ist einfacher, da der Einsatz der Oehningerzone fast überall gleichzeitig erfolgte und zudem im Südteil das Auftreten grüner Mergel ausserordentlich charakteristisch ist (siehe Seite 82).

3. Lithologie und Fossilführung

Im Südteil des Untersuchungsgebietes wird der mittlere Komplex der OSM durch einen Wechsel von Nagelfluhbänken mit Mergel-Sandstein-Serien charak-

terisiert. Der Nagelfluhanteil nimmt gegen N allmählich ab und an deren Stelle treten Sandsteine, die häufig reich an Muskowit sind. Die Mergel-Sandstein-Serien weisen im S vorwiegend violette und rote Farbtöne auf, während im N gelbe und graue Tönungen vorherrschen.

Auf den Anteil der verschiedenen Gesteinstypen, sowie auf die Farbänderungen von S nach N, werde ich im paläogeographischen Teil eintreten.

Bei den Fossilvorkommen können wir prinzipiell zwischen limnischen und terrestrischen Fundstellen unterscheiden. Weitaus der grösste Teil der limnischen Fossilfundstellen liegt innerhalb grauen Serien oder kohligen Kalken. Die Fossilien sind meist schlecht erhalten, so dass eine nähere Artbestimmung nur selten möglich ist. Als Beispiel für Fossilfundstellen innerhalb grauen, z. T. kohligen Serien seien hier die folgenden Lokalitäten erwähnt:

Rosenthal-Ettenhausen, Koord. 704,97/242, 25;

Wiesental bei Hinwil, Koord. 705,575/241,675;

Buch bei Holzweid (NW Hinwil), Koord. 706,18/241,2;

Buch bei Stiegenrain (N Sonnenbühl), Koord. 691,99/261,33.

Kohlige Kalke mit limnischen Fossilien finden sich am:

Wallenbächli, Koord. 704,56/244,29;

rechter Seitenbach des Wildbaches bei Hinwil, Koord. 706,7/240,4;

Mühletobel W Kyburg, Koord. 697,4/251,19;

Ankenfelsen WNW Kollbrunn, Koord. 699,75/257,575;

Aspbach, $\frac{1}{2}$ km SW Lufingen, Koord. 686,55/260,15.

Der kohlige Kalk des Ankenfelsen liess sich als Lesesteine auch am Eschenberg bei Winterthur an verschiedenen Lokalitäten feststellen. Ebenfalls nur als Lesestein konnte am Itelbach und beim Bach bei Erbgüetli S Lufingen ein solcher Kalk nachgewiesen werden.

Bei den terrestrischen Fossilfundstellen handelt es sich meist um heliciden-, seltener clausilienführende kohlige oder graue Mergel.

Aus der Zusammenstellung der Fossilvorkommen, die beim Autor jederzeit eingesehen werden können, geht hervor, dass ähnlich wie in anderen Teilen des Hörnli-fächers (U. P. BÜCHI 1950) der Grossteil der Fossilvorkommen an graue Serien gebunden ist, die meist in mehr oder weniger flachen Tümpeln gebildet wurden. Bei den kohligen, helicidenführenden Mergeln handelt es sich in der Regel um fossile Humusböden.

C. OEHNINGERZONE UND KONGLOMERATSTUFE

(oberes Tortonien und Sarmatien)

1. Oehningerzone

Zwischen den Nagelfluhserien des mittleren Komplexes und der vorwiegend von Nagelfluhen aufgebauten Konglomeratstufe schaltet sich im S-Teil des Untersuchungsgebietes eine ausgesprochene Mergelzone ein, in welcher grüne Gesteine ausserordentlich häufig sind. Der Nagelfluhanteil in der Mergelzone ist relativ bescheiden. Diese charakteristische Mergelzone liess sich im Untersuchungsgebiet von der Jona bis in die Gegend von Madetswil ohne weiteres durchverfolgen. Nörd-

lich Madetswil und besonders im Gebiet von Kyburg–Kemptthal–Winterthur waren die Korrelationen schwieriger, da sowohl im oberen Teil des mittleren Komplexes wie auch an der Basis der Konglomeratstufe die Vermergelung früher begann, beziehungsweise die Schüttung später einsetzte.

Auf Tafel I sind die lithologischen Verhältnisse im Bereich der Oehningerzone dargestellt, wobei die Profile generell von S nach N miteinander korreliert wurden. Der Einsatz der Schüttung der Konglomeratstufe wurde auf ein einheitliches Niveau gebracht, das der stratigraphischen Grenze nicht exakt entsprechen kann, da die erste Schüttung der Konglomeratstufe durch Erosionsvorgänge mehr oder weniger tief in die Oehningerzone hinuntergreift. Die Schwankungen zwischen lithologischer und stratigraphischer Grenze dürften jedoch im Bereich von maximal plus oder minus 5–10 m liegen.

Die Mächtigkeit der Oehningerzone ist recht konstant, ca. 40 m im Mittel, wobei von S nach N nur eine geringe Mächtigkeitsreduktion festgestellt werden kann. Auch in anderen Gebieten der Hörnischüttung, z. B. am Seerücken und zwischen Reppisch und Reuss, besitzt die Oehningerzone eine Mächtigkeit von ca. 40 m im Mittel. Diese Mächtigkeitskonstanz beruht auf den Sedimentationsverhältnissen während der Ablagerung der Oehningerzone. Im Gegensatz zu den tieferen und höheren Stufen der OSM herrschten allgemein ruhige Sedimentationsbedingungen vor; die Schuttfuhr aus den Alpen war gering, und die Senkungsvorgänge im Molassetrog führten nur zu unwesentlichen Reliefunterschieden. Es fehlten somit jene Bedingungen, die zu entsprechenden grossen Mächtigkeitschwankungen hätten führen können.

S Madetswil wird die Oehningerzone durch das Auftreten grüner Mergel, Mergelsandsteine und Mergelkalke charakterisiert, deren Anteil am Gesamtprofil bis 50 und mehr Prozent erreichen kann. An einigen Stellen erfolgt der Einsatz der grünen Mergelfacies etwas früher, im oberen Teil des mittleren Komplexes der OSM, so im Gebiet der Töss unterhalb Kollbrunn, wo am Bach bei Mühlau Koord. 698,8/258,15 einige Dezimeter helicidenführender grüner Mergel anstehen, ferner am Bruggetbach E Madetswil (Tafel I).

Während grüne Serien im Liegenden der Oehningerzone selten sind, kann häufig ein Persistieren der Oehningerfacies in die Konglomeratstufe hinauf beobachtet werden, z. B. im Schwandelbach, Kolterbach, Wallenbach, Wildbach bei Laubberg, Bergbach bei Rümikon und im Bach bei Madetswil (Tafel I).

Ähnliche grüne Mergel sind mir aus dem Gebiet des Toggenburgs von der Strasse zur Hultegg bei Koord. 719,3/248,1 bekannt, und es wäre eine lohnende Aufgabe, diese Mergelzone zwischen Tösstal und Toggenburg weiter zu verfolgen, um das Verhalten der zwischen Glatt und Töss erkannten tektonischen Strukturen gegen E abzuklären. Im N-Teil meines Dissertationsgebietes (U. P. BÜCHI 1950) tritt im Gebiet von Unterrindal–Oberrindal–Flawil ebenfalls eine grüne Mergelzone auf, deren Bedeutung damals noch nicht erkannt werden konnte, die jedoch sicher die Oehningerzone repräsentiert.

In der Mergelgrube der Ziegelei Istighofen bei Mettlen ist eine grüne Mergelzone anstehend, deren Mächtigkeit 4 m beträgt. Durch verschiedene Bohrungen, die für die Ziegelei im Auftrag der Firma Schmidheiny & Co. Heerbrugg abgeteuft wurden, konnte das Durchziehen der grünen Mergelzone ein Stück weit gegen W

abgeklärt werden. Dabei zeigte es sich, dass sowohl über wie unter der grünen Serie der Grube innerhalb der gelb-grau- und gelb-grau-violett-gefleckten Mergel-Sandstein-Serien weitere grüne Zonen auftreten.

Generelles Profil im Gebiet der Mergelgrube Mettlen (oben nach unten):

Nagelfluh-Sandsteinzone	mindestens 10,00 m
Mergelzone, grün, gegen S durch Nagelfluh und Sandstein ersetzt.	2,50 m
Mergel-Sandstein-Serie, vorwiegend gelb	2,00–4,50 m
Mergelzone, grün (zum Beispiel Grube Mettlen)	9,50–6,00 m
Mergel-Sandstein-Serie, vorwiegend gelb.	1,50–8,50 m
Mergelzone, grün	12,50–6,00 m
Mergel-Sandstein-Serie, vorwiegend gelb.	5,00–5,50 m
Mergelzone, grün	ca. 1,50 m

Diese Mergelzone von Mettlen mit einer mittleren Mächtigkeit von 35 m besitzt einen sehr hohen Anteil an grünen Serien (im Mittel 60%) und liegt unmittelbar unter der Konglomeratstufe. Sie lässt sich deshalb ohne weiteres mit den grünen Serien des Tösstales korrelieren.

Somit ist das Auftreten der grünen Serien in der Oehningerzone nicht allein auf das südliche Tösstalgebiet beschränkt, sondern besitzt im Hörnlichuttfächer regionale Bedeutung und ist für Korrelationszwecke vorzüglich geeignet.

An der Basis der Oehningerzone konnte am Segelbach und am Ankenfelsen bei Kollbrunn eine typische Ophiolithnagelfluh festgestellt werden, deren Geröllanteil an Diabasen und Gabbros ca. 15% beträgt.

Eine stratigraphisch höher liegende Ophiolithnagelfluh ist im Bach bei Finsterau anstehend. Dieser Ophiolithhorizont mit einem Geröllanteil an Diabasen und Gabbros von ca. 15–20% ist mit der Ophiolithnagelfluh des Nollens und des Seerückens (F. HOFMANN 1951, 1955) zu korrelieren, die ebenfalls an der Basis der Konglomeratstufe liegen.

N. PAVONI (1956) erwähnt aus dem Zürichseeraum am Sihlzipf eine ophiolithreiche Nagelfluh, die er mit dem Ophiolithhorizont des Nollen parallelisiert. Die Ophiolithnagelfluh vom Albispass (U. P. BÜCHI und G. WELTI 1950; N. PAVONI 1956; Lokalität irrtümlicherweise mit Buchenegg bezeichnet) soll stratigraphisch nach PAVONI ca. 160 m höher zu liegen kommen. Meines Erachtens kann der Beweis für die Gleichaltrigkeit der limnischen Niveaus rechts und links des Zürichsees nicht erbracht werden, da die Verhältnisse im Reppischtal für die Korrelation des kohligen Kalkes an der Sihl mit dem limnischen Niveau unter dem vulkanischen Horizont sprechen, während der Kalk auf dem rechten Zürichseeufer über den vulkanischen Bentonit-Horizont zu liegen kommt. Damit aber ist eine Parallelisation der Ophiolithnagelfluh vom Albispass mit jener im tiefsten Teil der Konglomeratstufe im Gegensatz zur Ansicht von PAVONI möglich. Auf diese Korrelationsfrage werde ich in anderem Zusammenhang zurückkommen (siehe S. 84).

Im obersten Teil der Oehningerzone liess sich an verschiedenen Stellen ein limnisches Niveau nachweisen, das für Korrelationszwecke eine gewisse Bedeutung besitzt.

Am Lochbach bei Bauma ist ca. 5 m unter der Basis der tiefsten Nagelfluhbank der Konglomeratschüttung ein Kohlenmergel anstehend, der neben Heliciden

limnische Fossilien (Planorben) und Säugerreste führt. Dieser Horizont konnte auch am Weissenbach bei Bauma festgestellt werden, wo neben den genannten Fossilien auch *Lymnæa* auftreten. Wenig darüber liegt ein weiteres limnisches Niveau, das mehrere kleine Kohlenflöze führt.

Ein limnisches Kalkniveau mit Planorben konnte ich als Lesesteine in den verschiedenen Seitenbächen des Wöschbaches (Nebenbach der Kempt) unmittelbar im Liegenden der hier sandig entwickelten Konglomeratstufe nachweisen.

Auch aus anderen Teilen des Hörnischuttfächers sind limnische Bildungen im obersten Teil der Oehningerzone bekannt, so ein kohliges Kalk aus dem Gebiet der Reppisch im Seitenbach bei Ob. Reppischtal 18 m über dem vulkanischen Montmorillonithorizont und im Hinteren Steigbächli bei Birmensdorf 11 m über dem vulkanischen Niveau (U. P. BÜCHI 1956). Den gleichen kohligen Kalk konnte ich auch am Aeugsterberg Koord. 679,1/236,68 auf Kote 740 feststellen. Das limnische Niveau auf dem rechten Zürichseeufer (Küsnachtertobel, Wehrenbach, Burgwies, N. PAVONI 1956) liegt ebenfalls in der gleichen stratigraphischen Zone, wenige Meter über dem vulkanischen Horizont.

Diese weite Verbreitung limnischer Bildungen im obersten Teil der Oehningerzone ist nicht erstaunlich, kann doch im Untersuchungsgebiet durchwegs eine Abnahme der grobklastischen Schüttungen von unten nach oben festgestellt werden, was auf eine zunehmende Drosselung der Schuttabfuhr aus dem werdenden Alpengebirge in den ostschweizerischen Teil des Molassetroges hinweist und die Bildung von Tümpeln und kleinen Seen ausserordentlich begünstigte.

Auch in den tieferen Teilen der Oehningerzone treten gelegentlich limnische Bildungen auf, so ein limnisches Kohlenflöz, das von grauen Mergeln begleitet wird, im Tobel bei Dettenried, und ein limnischer, sandiger, kreidiger Kalk am Wöschbach (Nebenbach der Kempt) und im Hubackertobel. Dieses limnische Niveau entspricht dem kohligen Kalk im Bachtobel von Gunzenbühl (U. P. BÜCHI 1956) und dem Kohlenflöz bei Sellenbüren.

Im Gebiet von Seeholz am Türlensee konnte ich die Fortsetzung des limnischen Niveaus an der Basis der Oehningerzone (Gunzenbühl) zwischen Q. 700–710 m auffinden. Da jedoch die Molasse am S-Rand der grossen Türlerseeackung noch etwas verrutscht ist, dürfte das Anstehende ca. 10–20 m höher liegen. 2 km weiter östlich liegt im Streichen dieses Aufschlusses die Ophiolithnagelfluh des Albispasses auf Q. 810 m, d. h. stratigraphisch ca. 80–90 m höher als das limnische Niveau im mittleren Komplex der OSM. Damit liegt die Ophiolithnagelfluh ähnlich wie im Tösstal, Nollen und am Seerücken im tiefsten Teil der Konglomeratstufe.

Im Tösstal konnte ca. 20–25 m unterhalb der Basis der Oehningerzone im mittleren Komplex der OSM ein weiteres limnisches Niveau nachgewiesen werden, das ähnlich wie dasjenige im obersten Teil der Oehningerzone eine ausserordentlich weite regionale Verbreitung besitzt.

Bei Bauarbeiten an der Strasse von Rikon nach Neschwil wurde eine grünlich-graue Mergelserie angeschnitten, die einen kreidigen Kalk mit Planorbenresten einschliesst. Im gleichen Niveau liegt der limnische Horizont vom Ankenfelsen bei Kollbrunn (kohlige Kalke und Kohle), der im letzten Jahrhundert auf Kohle abgebaut wurde. Der gleiche kohlige Kalk ist im Mühltobel bei der Kyburg anstehend und konnte auch am Eschenberg an verschiedenen Stellen als Lesesteine

deutlich nachgewiesen werden. Die erwähnten kohligen Kalke am Aspbach, Iteibach und Bach bei Erbgüetli im Gebiet von Lufingen, sowie das Kohlenflöz im Bach bei Stiegenrain 800 m N Sonnenbühl, sind in das gleiche Niveau zu stellen.

Ausserhalb des Untersuchungsgebietes besitzt das limnische Niveau im mittleren Komplex der OSM eine weite regionale Bedeutung und trennt diesen Komplex in einen unteren und oberen Teil, wobei in letzterem häufig schon die Vermergelung beginnt und eine scheinbar grössere Mächtigkeit der Oehningerzone vortäuscht.

Zwischen Limmat und Reuss liess sich dieses limnische Niveau an verschiedenen Stellen nachweisen, so am linken Seitenbach der Reppisch bei Ob. Reppischtal Q. 475 und im Hedingertobel Q. 530 (U. P. BÜCHI 1956). In der direkten Fortsetzung dieses kohligen Kalkes liegt das Kohlenflöz Riedhof im Aeugstertal (Kohlenbergwerk), das von kohligen Kalken begleitet wird (A. von Moos, 1946/47).

Das limnische Niveau des Sihltales ist somit mit dem limnischen Horizont von Riedhof zu korrelieren und entspricht nicht demjenigen auf dem rechten Zürichseeufer, das über dem vulkanischen Montmorillonithorizont liegt und in die Oehningerzone zu stellen ist.

Auch am Seerücken befindet sich ca. 25 m unter Kopf des mittleren Komplexes der OSM (F. HOFMANN, 1955) ein limnisches Kalkniveau, das sich ohne weiteres mit den analogen Bildungen im Tösstal, Zürichseegebiet und Reppisch korrelieren lässt.

Aus dem Gebiet der OSM des Hörnlischuttfächers sind somit bis jetzt drei Zonen bekannt geworden, in welchen eine Häufung limnischer Bildungen mit kohligen Kalken und Kohlenflözen beobachtet werden kann:

1. Basiszone der OSM: limnische Kalke an der Töss im Gebiet von Pfungen-Embrach-Rorbas; Gebiet zwischen Limmat und Reuss. Kohlenflöz Käpfnach und Raat bei Weiach. Kohliger Kalk bei Tägerswil E Rapperswil.

2. Oberer Teil des mittleren Komplexes der OSM: Kohlige Kalke im Untersuchungsgebiet, am Seerücken, limnisches Niveau an der Reppisch (Kohlenflöz Riedhof), im Sihltal und am Mutschellen.

3. Oberer Teil der Oehningerzone (über dem vulkanischen Niveau): Untersuchungsgebiet, Reppischtal, rechtes Zürichseeufer.

Ob die später (Seite 87) beschriebenen limnischen Horizonte in der Konglomeratstufe einen ähnlichen Leitwert besitzen, kann z. Z. noch nicht entschieden werden, da noch zu wenig Beobachtungen vorliegen.

Die Notwendigkeit einer eingehenden Beschreibung der Oehningerzone, sowie ihre Korrelation mit den andern Teilen des Hörnlifächers, ergab sich aus der Tatsache, dass ihr neben dem «Appenzellergranit» eine ausserordentliche Bedeutung als Leitzone zukommt, besonders in jenen Gebieten, wo der «Appenzellergranit» nicht aufgeschlossen ist oder schon primär fehlt.

2. Konglomeratstufe und ihre lokale Dreiteilung

Im S-Teil des Untersuchungsgebietes wird die Konglomeratstufe durch eine Folge mächtiger Nagelfluhbänke mit wenig mächtigen Mergel- oder Sandsteinzwischenlagen charakterisiert.

Im tiefsten Teil ist in den meisten Profilen eine deutliche Dreiteilung zu erkennen (siehe Tafel I):

a) Erste Hauptschüttungsphase der Konglomeratstufe: Die Basisbank der Konglomeratstufe erreicht häufig Mächtigkeiten von über 20 m und ist bis ins Gebiet der Töss bei der Kyburg als Konglomeratbank entwickelt. Weiter im Norden tritt an ihre Stelle ein meist Muskowit-reicher Knauersandstein. Über der Basisbank folgen weniger mächtige Nagelfluhen mit Mergelzwischenlagen.

b) Mergelige Zwischenstufe: Diese Zwischenstufe kommt bereits in den südlichsten Profilen zum Ausdruck, im Wechsel wenig mächtiger Nagelfluhbänke mit Mergel-Sandsteinserien. Einlagerungen grauer und grünlicher, oft fossilführender Serien sind relativ häufig. Eine Sonderstellung nimmt das Profil am Schwandelbach (Tafel I) ein, indem dort die Basisbank der Konglomeratstufe nur 1 ½ m mächtig ist und darüber bis zum Einsatz der zweiten Hauptschüttungsphase Konglomerate ganz fehlen; dafür sind grüne Serien häufig. Die Facies der grünen Serien in der Oehningerzone kann somit bis an die Basis der zweiten Hauptschüttungsphase in die Konglomeratstufe hinauf persistieren. Das Gebiet des Schwandelbaches selbst lag im toten Winkel zwischen zwei Schüttungsarmen des Ur-Rheinsystems, während am Bach bei Finsterau, wo die mergelige Zwischenstufe ganz fehlt, ein solcher Schüttungsast angeschnitten wurde. Bezeichnenderweise ist dort die Basisbank der Konglomeratstufe als Ophiolithnagelfluh ausgebildet.

c) Zweite Hauptschüttungsphase der Konglomeratstufe: Mit dem Einsatz der zweiten Phase beginnt die Hauptgeröllzufuhr ins Molassebecken, die bis zur Hörnligubel-Mergelzone (H. TANNER 1944) nicht wesentlich an Intensität verliert. Die Hörnligubelzone (30–50 m mächtig) selbst kommt im Untersuchungsgebiet höher als die höchste Gipfelfur zu liegen.

Gegen Norden kann allgemein ein Auskeilen der Konglomerate in Knauersandsteine festgestellt werden, deren Sedimentationscharakter jedoch ganz demjenigen der Nagelfluhschüttungen entspricht: plötzlicher Einsatz der Schüttung über mergeligen Serien, Stromrinnen-artige Eintiefung in die liegenden Serien, Kegelwülste an der Basis (mit Sand gefüllte Wülste oder Zapfen, entstanden durch Auskolkung durch das fließende Wasser), aufgearbeitetes Mergelmateriale aus dem Liegenden (Mergelschollen, Mergelgallenlagen), Anreicherung von Nesterkohle (fossiles Schwemmholz) an der Basis, Zusammenschwemmung von Landschnecken und Reste von Säugern und Schildkröten usw.

Genetisch handelt es sich bei den Knauersandsteinen um den gleichen Sedimentationstyp wie die Nagelfluhstromrinnen im nichtmarinen Teil der Hörnligubel-Schüttung, und die Bezeichnung Rinnensande, wie sie von N. PAVONI gebraucht wird, ist meines Erachtens sehr gut, da damit schon eine Unterscheidung zu den gelb-grau-violett- und gelb-grau-gefleckten Mergel-Sandstein-Serien (Überflutungssedimente) gegeben ist. Die typischen Glimmersande des Seerückens sind ein etwas anderer Sedimentationstyp (F. HOFMANN 1955) und gelangten in einer breiten, meist wassergefüllten, trogartigen Senke zwischen Albsteinschwelle und Tafeljura zur Ablagerung, während die Knauersandsteine in Flussrinnen sedimentiert wurden, die eine mehr oder weniger beschränkte Breite besaßen.

Innerhalb der mergeligen Zwischenzone treten lokal kohlige Kalke auf. Im Bachtobel bei Finsterau konnte der Kalk selbst nicht anstehend gefunden werden. Die im Bachbett massenhaft auftretenden Kalkbrocken entstammen jedoch den mächtigen Felswänden, die das Tobel flankieren, aber nicht begehbar sind. Aus der gleichen mächtigen Nagelfluhserie konnten auch im Lenzertobel am Fusse der Felswand identische Kalke gesammelt werden. Im obersten Teil des Walliker-

tobels ist in der gleichen Zone ein 80 cm mächtiger, hellgrau-beiger, kreidiger Kalk anstehend, der sicher aus einer Seekreide hervorgegangen ist.

Auch aus anderen Gebieten sind innerhalb der Konglomeratstufe kohlige Kalke bekanntgeworden, so z. B. W der Reppisch (NW Birmensdorf). Es handelt sich hier um drei limnische Kalkniveaus, die ca. 35, 55 bzw. 160–180 m höher als die Basissandsteinschüttung der Konglomeratstufe zu liegen kommen (U. P. BÜCHI, 1956). Der tiefste Kalkhorizont könnte ungefähr im gleichen stratigraphischen Niveau liegen, wie jener des Untersuchungsgebietes. Ob diese limnischen Zonen in der Konglomeratstufe nur lokale Bedeutung oder aber eine grosse regionale Verbreitung besitzen, kann heute noch nicht entschieden werden, da noch zu wenig Beobachtungen aus den höheren Teilen der OSM zwischen Reuss und Bodensee vorliegen.

Von den bisher bekannt gewordenen Fossilfundstellen aus der Oehningerzone und der Konglomeratstufe liegen über 70% in grauen oder grünen Serien. Die kohligen Mergel mit Heliciden (fossile Humusböden) innerhalb gelb-grau-gefleckten Serien sind hauptsächlich auf das Gebiet nördlich Madetswil beschränkt, während die Fossilfundstellen in grauen und grünen Serien vorwiegend im südlicheren Teil des Untersuchungsgebietes auftreten, entsprechend der Verbreitung der gelb-grau-gefleckten bzw. grauen oder grünen Gesteine.

IV. Zur Paläogeographie der OSM zwischen Glatt und Töss

Die oberaquitane, miozäne und unter-pliozäne Ur-Rheinschüttung (Hörnli-fächer) weist in bezug auf die Konglomeratverteilung einen asymmetrischen Bau auf, indem die Nagelfluhsitzen östlich der zentralen Schüttungsachse (Toggenburg-Hörnligebiet) weiter nach N und NE reichten als W davon. Zwei Senkungsfelder machten sich immer wieder geltend, ein östliches im Bodenseegebiet, das andere im W im Zürichseeraum. Das E Senkungsfeld war aktiver als jenes im W, was zu einer stärkeren Kanalisierung der Geröllschübe gegen NE und E führte.

Das Untersuchungsgebiet bildet einen Ausschnitt aus dem Hörnli-fächer, und zwar westlich der genannten Schüttungsachse im Toggenburg-Hörnligebiet. Von der mehr oder weniger SSE–NNW gerichteten Schüttungsachse zweigten in verschiedenen Entfernungen von der Austrittsstelle des Ur-Rheins aus den Alpen in das Molassebecken fächerartige, sekundäre Schüttungszentren gegen W und E ab. Da das Untersuchungsgebiet parallel der zentralen Schüttungsachse verläuft, ist zu erwarten, dass dabei solche sekundäre Zentren schief geschnitten wurden.

Obwohl im Untersuchungsgebiet nur ein kleiner Teil des mächtigen Hörnli-schuttfächers zur Darstellung gelangt, wurde versucht, in paläogeographischer Hinsicht durch eine statistische Auswertung der Feldaufnahmen konkrete Werte zu erhalten, die uns Auskunft über die relativen Schüttungsintensitäten geben und zudem, bei gleicher Arbeitsmethode, sich mit anderen Teilen des Hörnli-fächers oder mit anderen Schüttungen des Molassebeckens vergleichen lassen.

Aus diesem Grund lasse ich eine kurze Übersicht über die Untersuchungsmethoden folgen:

Das Aufnahmegebiet zwischen Töss und Glatt wurde in einzelne Zonen gegliedert, wobei die Grenzen in der Regel topographischen Linien folgen, die mehr

oder weniger senkrecht zur Hauptschüttungsachse stehen. Es sind dies vor allem die risseiszeitlichen Transfluenzeinsattelungen zwischen Glatt- und Tösstal bei Bäretswil–Bauma, Pfäffikon–Hittnau–Saland, Russikon–Madetswil, Weisslingen

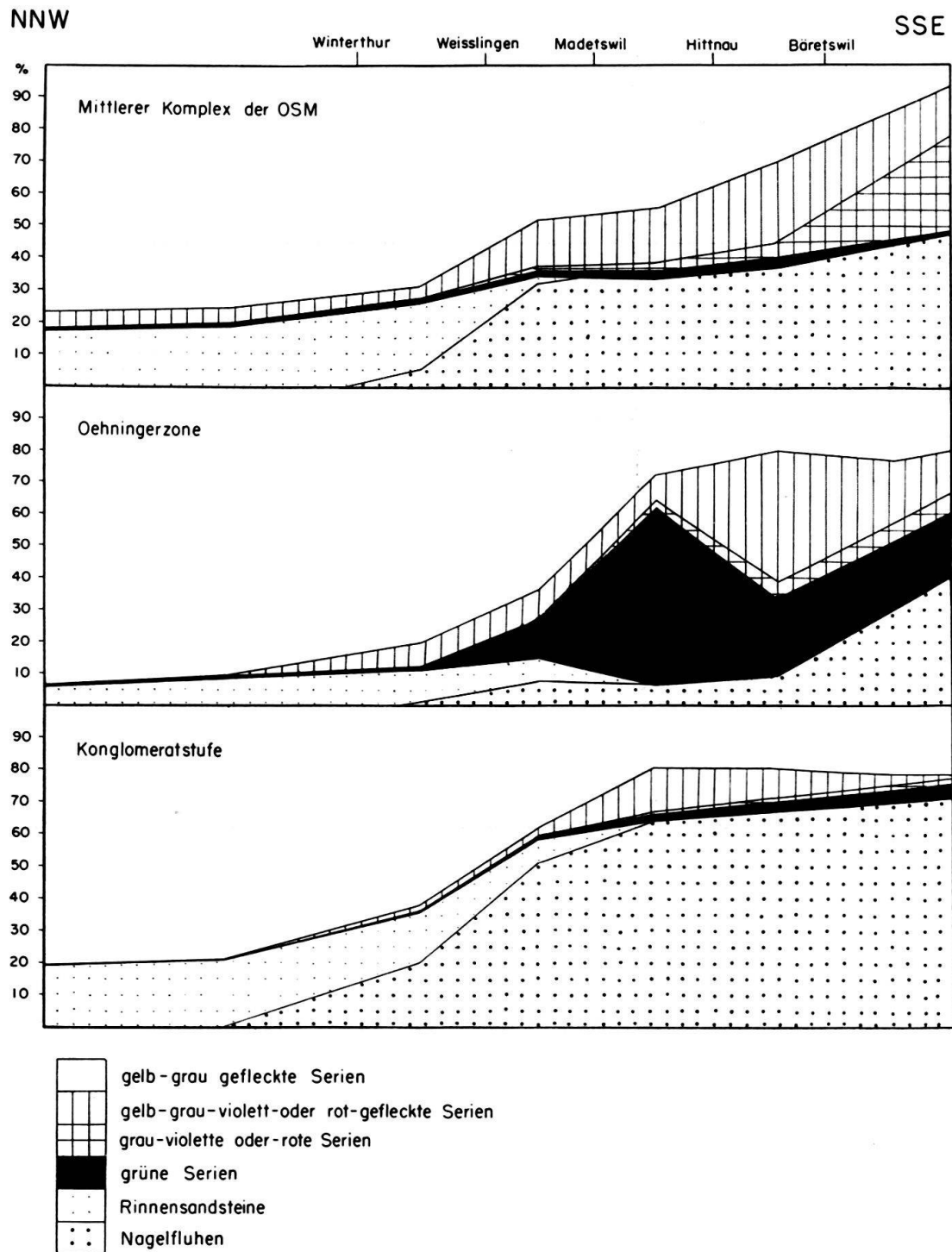


Tabelle 2: Anteil der verschiedenen Gesteinstypen am Gesamtprofil.

Im S wurde als Grenze die Jona und im N die Linie Winterthur–Brütten gewählt. Bei der Einteilung eines Untersuchungsgebietes in einzelne Zonen ist darauf zu achten, dass einmal flächenmässig keine zu grossen Unterschiede bestehen und

zudem die Zonen gross genug gewählt werden, um Zufallsschwankungen auszumerken.

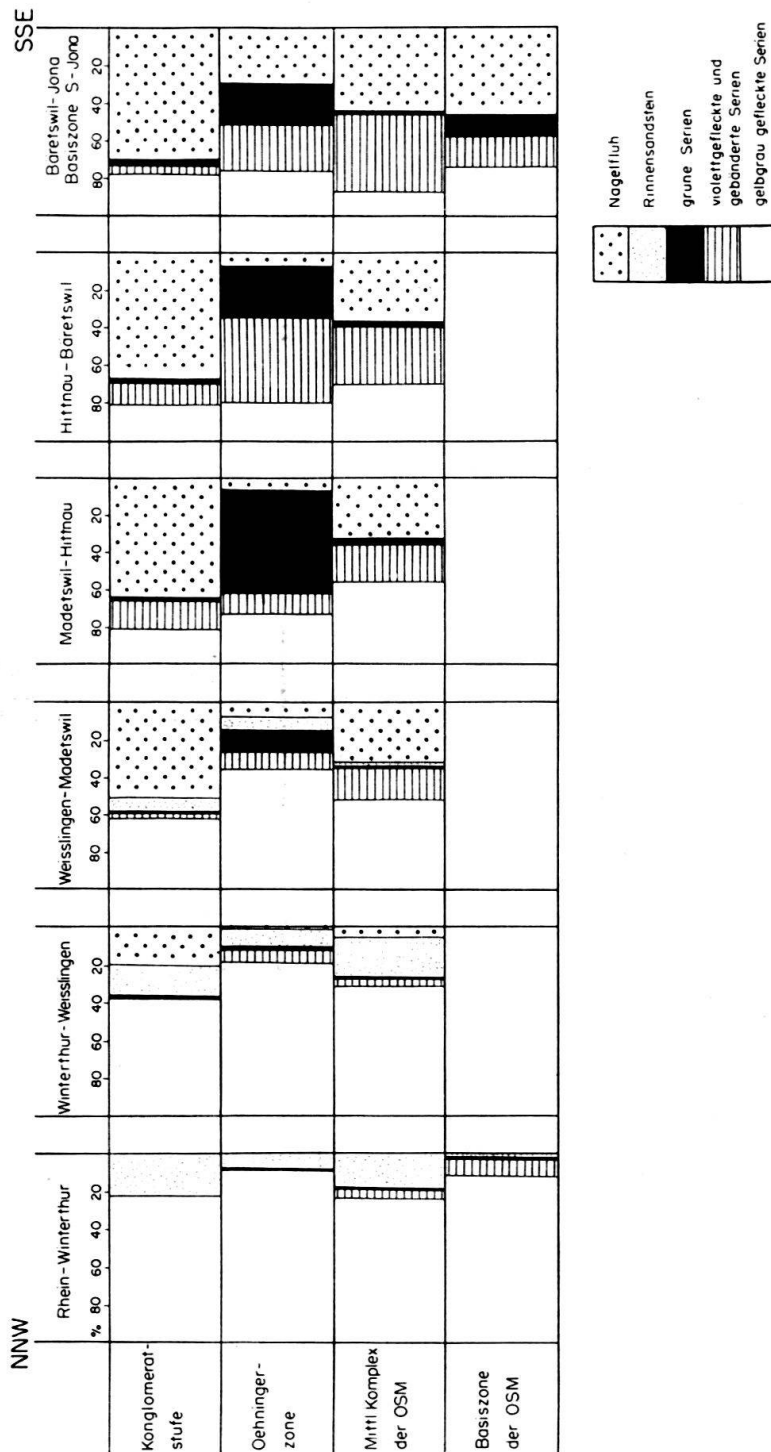


Tabelle 3: Anteil der verschiedenen Gesteinstypen am Gesamtprofil.

Neben der rein topographischen Einteilung ist die Molasse in einzelne stratigraphische Schichtpakete zu gliedern die mächtig genug sind, um gute Durchschnittswerte zu ergeben. In unserem Falle wurden vier Schichtpakete ausgeschieden: Basiszone der OSM, mittlerer Komplex der OSM, Oehningerzone und untere 150 m der Konglomeratstufe. Die höheren Teile der Konglomeratstufe

mit in die Untersuchungen einzubeziehen erscheint nicht angebracht, da sie nur im südlichsten Teil des Aufnahmegebietes auftreten.

Von den einzelnen Schichtpaketen innerhalb einer Zone wurden nun rein statistisch für das vorhandene Molassevolumen Werte errechnet, die sich von einer stratigraphischen Stufe zur andern, wie auch von Zone zu Zone vergleichen lassen. Von einer grossen Zahl von Darstellungsversuchen haben sich die nachstehenden Tabellen als zweckmässig erwiesen, da daraus die paläogeographischen Fakten ohne weiteres zu erkennen sind:

Tabelle 2 Anteil der verschiedenen Gesteinsarten am Gesamtprofil: Veränderung der Gesteinsanteile innerhalb der einzelnen Stufen von SSE nach NNW.

Tabelle 3 Anteil der verschiedenen Gesteinstypen am Gesamtprofil: Veränderung der Gesteinsanteile von Stufe zu Stufe und von SSE nach NNW.

Tabelle 4 Häufigkeit der Nagelfluhbank-Mächtigkeiten in den einzelnen Stufen der OSM.

Tabelle 5 Mittlere Mächtigkeit der Nagelfluhbänke der einzelnen Stufen der OSM in Abhängigkeit der Entfernung vom Schüttungszentrum.

Tabelle 6 Anteil der Nagelfluhbankmächtigkeiten am Gesamtanteil der Konglomerate (nach stratigraphischen Stufen und in Abhängigkeit der Entfernung vom Schüttungszentrum).

Tabelle 7 Abhängigkeit der mittleren Nagelfluhbank-Mächtigkeit vom Konglomeratanteil am Gesamtprofil.

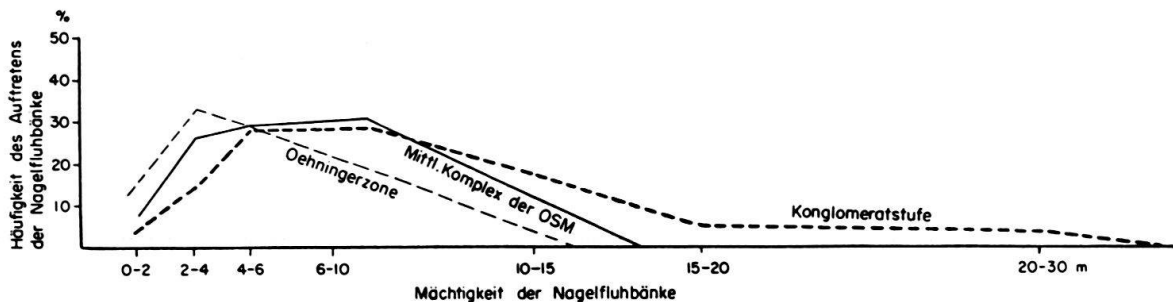


Tabelle 4: Häufigkeit der Nagelfluhbankmächtigkeiten in den einzelnen Stufen.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der statistischen Erfassung der Konglomeratschüttungen zugewendet, da meines Erachtens hier Resultate gewonnen werden können, die uns Auskunft über die Schwankungen der Schüttungsintensitäten innerhalb eines Schuttfächers geben. Sollten später ähnliche Werte aus anderen Schüttungen vorliegen, sind direkte Vergleiche über die Intensität der Schutt- abfuhr aus dem werdenden Alpenkörper in die Molassesenke möglich, die vielleicht Rückschlüsse auf die Wassermengen der Ur-Ströme sowie die relativen Hebungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Abschnitten der Alpen (bzw. individuelle Senkungsvorgänge im Molassetrog) erlauben.

A. BASISZONE DER OSM

Infolge des tektonischen Baues der mittelländischen Molasse ist im Untersuchungsgebiet die Basiszone der OSM nur südlich der Jona und im Gebiet der Tössmündung in den Rhein aufgeschlossen. Die Anteilwerte der einzelnen Ge-

steinstypen am Gesamtprofil wurden für die südliche Aufschlusszone bereits beschrieben (U. P. BÜCHI und G. WELTI 1951, G. WELTI 1950, Manuskript). Es erübrigt sich daher darauf einzutreten, und ich möchte diesbezüglich auf Tabelle 3 verweisen. Der Nagelfluhanteil sowie die mittlere Nagelfluhbankmächtigkeit von 8,75 m erscheint recht hoch, lässt sich aber aus der bedeutend südlicheren Lage der Aufschlusszone gegenüber der südlichsten Zone meines Untersuchungsgebietes (Bäretswil–Jona) erklären. Allgemein jedoch ist die Schüttungsintensität in der Basiszone der OSM schwächer als in den höheren Stufen, mit Ausnahme der Oehningerzone (U. BÜCHI 1950, F. HOFMANN 1951), was auch aus dem geringen Anteil von Rinnensanden in den randlichen Schuttfächerpartien (Tabelle 3) hervorgeht.

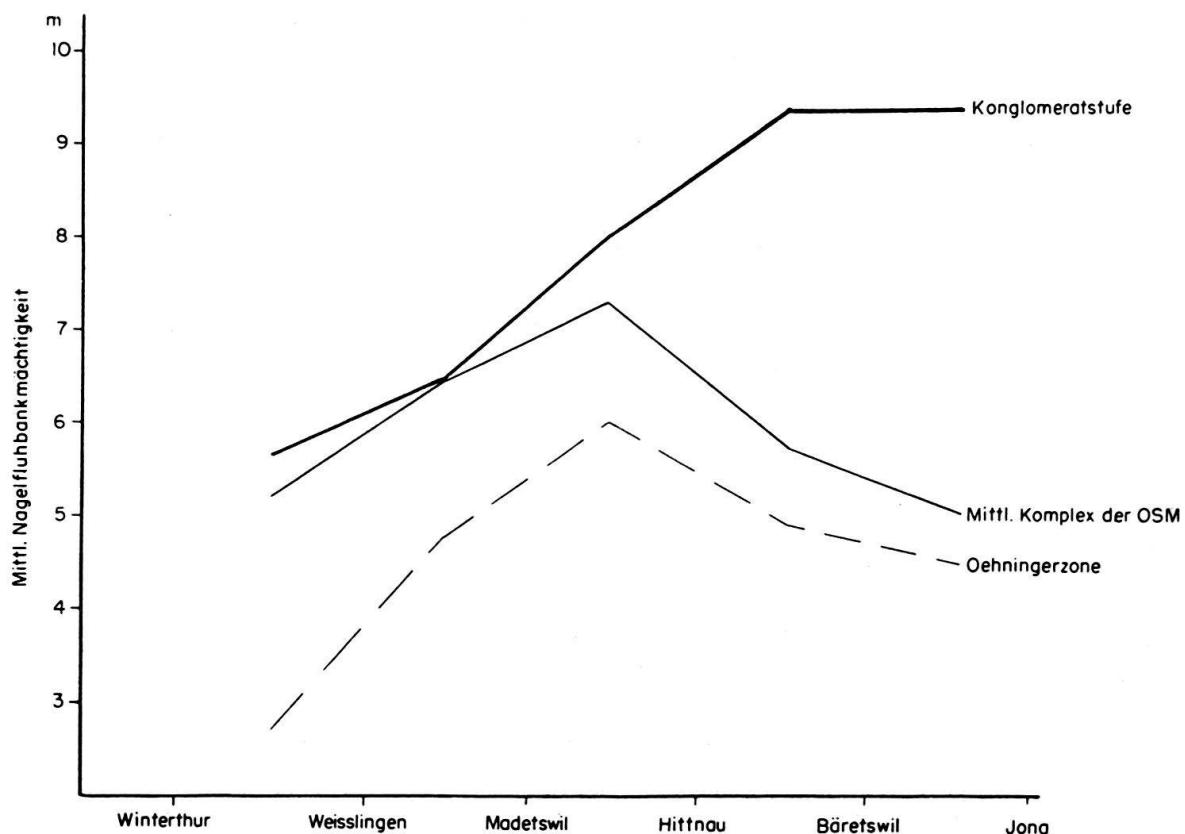


Tabelle 5: Mittlere Mächtigkeit der Nagelfluhbankmächtigkeiten in Abhängigkeit von der Entfernung vom Schuttfächerzentrum.

B. MITTLERER KOMPLEX DER OSM

Im S-Teil des Untersuchungsgebietes wird der mittlere Komplex der OSM durch einen Wechsel von Nagelfluhstromrinnen mit gelb-grau und gelb-grau-violetten Serien charakterisiert. Der Nagelfluhanteil beträgt ca. 40% (Tabelle 2) und nimmt gegen N kontinuierlich bis auf ca. 30% (S Weisslingen) ab, um dann schlagartig bis auf die Linie Winterthur–Brütten auf 0% abzusinken. Die Zone zwischen Weisslingen und Winterthur ist zudem das Gebiet, wo die Geröllschübe sich mit den Rinnensanden verzahnen. Parallel mit der Abnahme des Nagelfluhanteils sinkt auch der Anteil der violetten Färbungen, mit einem plötzlichen Ab-sinken im gleichen Gebiet, in welchem die Nagelfluhschüttungen verschwinden.

In der Konglomeratstufe nimmt bei Nagelfluhanteilen über 70% der Anteil der violetten und roten Serien ebenfalls ab. Daraus ergibt sich die Tatsache, dass violette und rote Färbungen der Überflutungssedimente in direktem Zusammenhang mit der Schüttungsintensität der Nagelfluhen stehen müssen. Solche Färbungen treten hauptsächlich in jenen Zonen auf, in welchen der Nagelfluhanteil zwischen 30 und 70% liegt (mit Ausnahme der Oehningerzone). Die Rot- und Violettfärbungen der

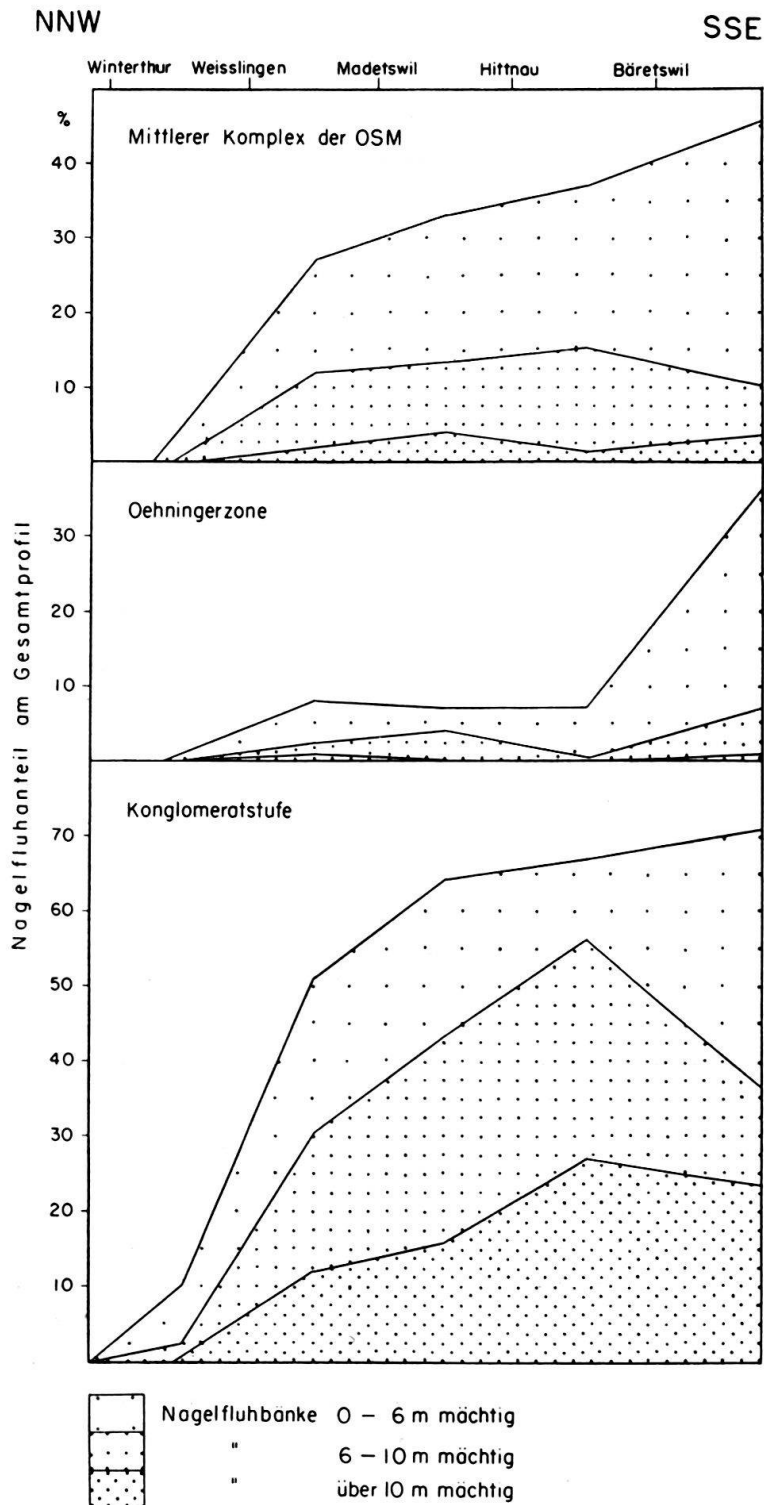


Tabelle 6: Anteil der Nagelfluhbankmächtigkeiten am Konglomeratanteil.

psammitischen und pelitischen Serien muss auf Verwitterungsvorgängen (Terra rossa, dreiwertige Eisenverbindungen, vorwiegend Hämatit) während der Sedimentation des Schuttfächers beruhen. Vermutlich führten die terrestrischen Verwitterungsvorgänge in jenen Zonen zu häufigerer Terra rossa-Bildung, in welchen die Intervalle zwischen den einzelnen Geröllschüben gross waren und es zudem nur bei ausgesprochenen Hochwassern zu flächenhaften Überflutungen kam. Diese Über-

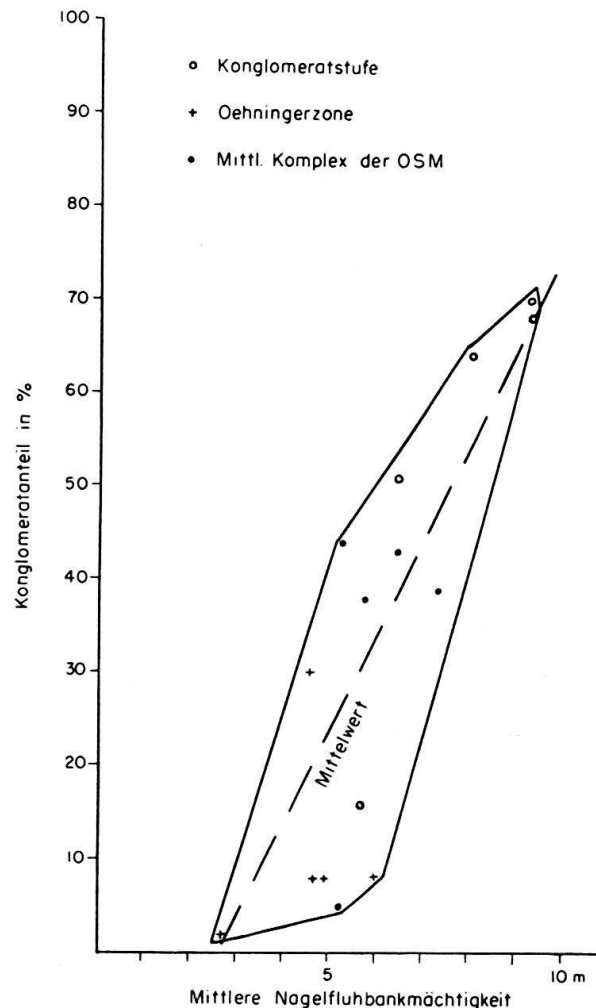


Tabelle 7: Abhängigkeit der mittleren Nagelfluhbankmächtigkeit vom Konglomeratanteil.

flutungssedimente waren somit über längere Zeit jeweils den Einflüssen eines ariden Klimas ausgesetzt, das die Bildung dreiwertiger Eisenminerale ermöglichte. In jenen Teilen des Schuttfächers hingegen, in welchen die Schüttungen in raschem Wechsel sich folgten, waren die Zeitintervalle zwischen zwei Geröllschüben zu klein, als dass die terrestrische aride Verwitterung zu nennenswerten Rotfärbungen hätte führen können. In den randlichen Schuttfächerteilen wurde durch die kontinuierliche Zufuhr von feinsten Schwebstoffen und durch die häufige Wasserbedeckung die Bildung von Roterden weitgehend gehemmt, und es kam lediglich zur Sedimentation gelb-grauer Serien.

C. OEHNINGERZONE

Der Nagelfluhanteil in der Oehningerzone ist allgemein sehr tief, und im Gegensatz zu den anderen Stufen der OSM ist S Weisslingen der Anteil grüner, seltener grauer Serien so hoch, dass sie als Leitgestein der Oehningerzone mindestens im Gebiet des oberen Tösstales zu bezeichnen sind. Die höchsten Anteilwerte finden wir zwischen Madetswil und Hittnau mit über 50%. Auf was diese Grünfärbung der pelitischen und psammitischen Sedimente der Oehningerzone zurückzuführen ist, kann noch nicht entschieden werden. Mineralien (z. B. Ophiolithmaterial, Montmorillonit), die zu dieser Färbung hätten führen können, liessen sich in den Proben, die in freundlicher Weise von Dr. F. Hofmann untersucht wurden, nur in unbedeutender Menge nachweisen. Auch die relativ geringe Schüttung von Konglomeraten zur Zeit der Ablagerung der Oehningerzone kann nicht die direkte Ursache für diese Häufung grüner Serien sein, da auch in anderen Zonen mit schwacher Schüttungsintensität grüne Sedimente auftreten müssten.

Die Ursachen für die Grünfärbung müssen klimatisch-facieller Art sein, die die Bildung zweiwertiger Eisenverbindungen (reduzierende Vorgänge) begünstigten. Häufig treten in den grünen Mergelserien neben rein terrestrischen auch limnische, fossilführende Lagen auf, welche zusammen mit häufig auftretender Feinstschichtung (Jahresschichtung?) der Mergel für eine Entstehung der grünen Serien in einem mehr oder weniger stehenden untiefen Gewässer sprechen, jedoch für die Grünfärbung keine ausreichende Erklärung geben.

Möglicherweise beteiligten sich an den Reduktionsvorgängen organische Substanzen, die dem Wasser den grössten Teil des Sauerstoffes entzogen, wodurch die eisenführenden Mineralien, die von den Flüssen als Schwebstoffe zugeführt wurden, nicht zu dreiwertigen Eisenverbindungen verwittern konnten. Da diese grünen Mergel nicht allein auf das Untersuchungsgebiet beschränkt sind (siehe Seite 82) müssen zur Zeit der Ablagerung der Oehningerzone klimatische, morphologisch-biologische und tektonische Faktoren auf die Sedimentationsvorgänge eingewirkt haben, deren gemeinsame Wirkung einmalig war und denen zudem regionale Bedeutung zukam. Welcher Art diese Faktoren waren, kann heute noch nicht entschieden werden. Es wäre aber von Interesse zu prüfen, ob in anderen Schuttfächern (z. B. Napf) eine ähnliche Zone mit grünen Serien existiert.

D. KONGLOMERATSTUFE

Die Konglomeratstufe zeichnet sich durch die höchsten Nagelfluhanteilwerte aus. Zudem reichten die Spitzen der Geröllschübe am weitesten nach N. In den pelitischen und psammitischen Gesteinen spielen rote, violette und grüne Farbtöne eine untergeordnete Rolle. Einzig im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes kann lokal ein Persistieren der grünen Serien in den untern Teil der Konglomeratstufe hinauf beobachtet werden, was darauf hinweist, dass mit Beginn der Hauptschüttungsphase der OSM jene Faktoren, die zur Grünfärbung der nicht konglomeratischen Serien geführt haben, noch eine Zeitlang weiter wirksam waren.

V. Die Entwicklung der Sedimentationsverhältnisse im stratigraphischen Profil der OSM

In sämtlichen Stufen der OSM kann eine Abnahme des Anteils der Nagelfluhen von S nach N festgestellt werden. Bis in das Gebiet zwischen Madetswil und Weisslingen nimmt der Anteil mehr oder weniger kontinuierlich ab, um dann bis Winterthur rasch auf 0 Prozent abzusinken. Es ist nicht anzunehmen, dass sich die Transportkraft der Flüsse auf diese kurze Distanz so stark reduzierte, vielmehr müssen morphologische Faktoren für das plötzliche Aufhören der Konglomeratschüttungen verantwortlich gewesen sein. Vermutlich befinden wir uns im Raum von Winterthur in einer Zone des Molassebeckens, in welcher zur Zeit der OSM der Beckenboden in Form eines Knickes gegen N (Schwarzwaldmassiv s. l.) anstieg, womit eine Drosselung der Geröllschüttungen stattfand. Diese Knickungslinie ist zweifellos tektonischer Art. Während der gesamten Ablagerung der OSM fanden immer wieder Hebungen N bzw. Senkungen S dieser Linie statt, was neben der Drosselung der Geröllschüttungen zu einer sprungartigen Mächtigkeitsreduktion der OSM (siehe Profil Tafel II) führte. Auch in andern Gebieten (z. B. in der OMM von St. Gallen, U. P. BÜCHI 1956) liessen sich in der Molasse solche synsedimentäre Bewegungen nachweisen. In der westlichen Fortsetzung dieser Knickungslinie liegt die Lägernantiklinale, im E die Bruchzone im unteren Thurtal, was auf eine Reaktivierung dieser parallel der Beckenachse verlaufenden Störungslinie in nachmolassischer Zeit hinweist.

Parallel mit der Abnahme des Nagelfluhanteils reduzieren sich auch die Anteilwerte der grünen und grauen, sowie der rot- oder violett-gelb-grau-gefleckten Serien zugunsten der gelb-grau-gefleckten Sedimente, die als Randfacies des Schuttfächers zu bezeichnen sind.

Im Gebiet zwischen Madetswil und Weisslingen kann ein leichter Anstieg des Nagelfluh- und Rinnensandsteinanteils im mittleren Komplex und in der Oehningerzone festgestellt werden (Tabelle 2). Noch deutlicher gelangt dieser Anstieg der Schüttungsintensität gegen Norden in Tabelle 3 zum Ausdruck.

In diesem Gebiet muss zur Zeit der Ablagerung der tieferen Teile der OSM eine sekundäre Senkungsfurche existiert haben, die zur Kanalisierung eines seitlichen NW gerichteten Schüttungsastes führte, der im Untersuchungsgebiet schief geschnitten wurde. Südlich dieser Senke lag eine Schwellenzone im Gebiet zwischen Hittnau und Madetswil, was nicht allein im tieferen Anteil der Nagelfluhschüttungen (Tabellen 2 und 3) zum Ausdruck kommt, sondern auch im plötzlichen Anstieg der mittleren Nagelfluhmächtigkeit (Tabelle 5) und dem relativ hohen Anteil mächtiger Nagelfluhbänke (Tabelle 6). Die Schwellenzone zeichnet sich somit durch wenige, jedoch mächtige Konglomeratbänke aus, indem nur grössere Hochwasser mit starker Schuttführung die Schwelle zu überwinden vermochten.

Zur Zeit der Ablagerung der Konglomeratstufe trat diese Schwelle nicht mehr in Erscheinung.

Im stratigraphischen Profil erkennt man einen Anstieg der Anteilwerte der Konglomerate und Rinnensandsteine (Tabelle 3) von der Basiszone bis in den mittleren Komplex der OSM, unter Berücksichtigung der südlicheren Lage der Basiszone im S des Untersuchungsgebietes. In der Oehningerzone weichen die

Anteilwerte der Schüttungsgesteine stark zurück, um in der Konglomeratstufe ein Maximum zu erreichen.

Diese Schwankungen der Anteilwerte der Schüttungsgesteine kommt auch in den Nagelfluhbankmächtigkeiten deutlich zum Ausdruck (Tabelle 4), indem die Konglomeratstufe den grössten Anteil mächtiger Konglomeratbänke aufweist. Im mittleren Komplex der OSM hingegen liegt die Hauptmasse der Bänke zwischen 6 und 15 m Mächtigkeit, während solche mit Mächtigkeiten von 20 und mehr Metern ganz fehlen. Entsprechend dem tiefsten Anteil an Schüttungsgesteinen in der Oehningerzone sind auch die Nagelfluhmächtigkeiten klein, d. h. der Grosseil liegt zwischen 2 und 10 m.

Errechnen wir die mittlere Bankmächtigkeit für die einzelnen stratigraphischen Stufen, so ergeben sich die folgenden Werte, die wiederum deutlich die individuellen Schüttungsintensitäten hervorheben: Mittlerer Komplex 5,72 m, Oehningerzone 4,70 m, Konglomeratstufe 7,74 m.

Tabellen 5 und 6 geben die Veränderungen der mittleren Bankmächtigkeiten von S nach N innerhalb den einzelnen Stufen wieder. Wir erkennen daraus, dass im mittleren Komplex der OSM und in der Oehningerzone auf beiden Tabellen die Kurven mehr oder weniger konform verlaufen, während das Kurvenbild in der Konglomeratstufe völlig anders ist, was deutlich auf die Einwirkung gleicher morphologischer und paläogeographischer Faktoren auf das Schüttungsbild während der Ablagerung des mittleren Komplexes und der Oehningerzone hinweist. Die höchsten mittleren Bankmächtigkeiten in diesen beiden Stufen sind auf das Gebiet zwischen Hittsau und Madetswil lokalisiert; die dortige Schwelle wurde somit, wie bereits früher erwähnt, nur von starken Geröllschüben überwunden, während schwächere Schüttungen beidseits der Schwelle vorbei kanalisiert wurden. In der Konglomeratstufe hingegen finden wir die grössten Bankmächtigkeiten ganz im S.

Schon die oben erwähnten Beobachtungen in bezug auf die Konglomeratschüttungen sprechen deutlich für eine enge Beziehung zwischen Anteil der Nagelfluhen am Gesamtprofil und Bankmächtigkeiten, und es stellte sich die Frage, ob sich ein Faktor ermitteln lässt, der irgendwie charakteristisch für die Schüttungsintensität ist. Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, dass die mittlere Bankmächtigkeit, trotz lokaler starker Streuung, linear mit der Erhöhung des Konglomeratanteils am Gesamtprofil ansteigt, und zwar ca. 1 m (1,013 m) Bankmächtigkeitszunahme auf 10% Zunahme des Nagelfluhanteils am Gesamtprofil.

Meines Erachtens bildet dieser Faktor: 1 m Bankmächtigkeit/10 % Konglomeratanteil linearer Anstieg ein Charakteristikum für die Schüttungsintensität im Untersuchungsgebiet, und es wäre zu prüfen, ob dieser Faktor auch in den andern Teilen des Hörnlfächers derselbe ist, oder ob individuelle Verschiebungen in der Grössenordnung oder Abweichungen von der linearen Art des Faktors stattfinden. Ich bin überzeugt, dass die Ermittlung dieses Faktors innerhalb eines Schuttfächers es gestatten wird, unmittelbare Vergleiche der relativen Schüttungsintensität innerhalb der Teile eines Schuttfächers sowie von Schuttfächer zu Schuttfächer zu ziehen und damit Rückschlüsse auf die paläogeographischen Einflüsse im Einzugsgebiet der Molasseströme und im Becken (Reliefunterschiede, Wasserführung der Urströme, lokale Rinnen und Senken im Becken,

grössere stehende Gewässer usw.) zu treffen. Die Erwähnung der Möglichkeiten, die sich aus der exakten Bestimmung von Schüttungsfaktoren ergeben, möge als Anregung und Arbeitshypothese für spätere Forschungen gelten.

VI. Tektonik

(s. tektonische Karte Fig. 1 und geologische Profile Tafel II)

Dank dem Leitniveau der Oehningerzone war eine detaillierte tektonische Auswertung der Feldresultate möglich. Die tektonische Karte sowie die Profile wurden bis an den S-Rand der mittelländischen Molasse dargestellt, wobei südlich des Bachtels generell die Resultate der Arbeiten von G. WELTI (1950) übernommen wurden.

Im Untersuchungsgebiet lassen sich mindestens vier tektonische Phasen auseinanderhalten, die ein vorpleistozänes Alter besitzen:

1. Anlage von Grossfalten und Grossmulden: In dieser tektonischen Epoche wurde die Schnebelhorn-Bachtelsynklinale, die Rothen-Käpfnachantiklinale, die Pfäffikon-Synklinale und Antiklinale, sowie die Kyburg-Synklinale angelegt. Es sind dies Strukturen, die sich über die Glattalsenke in die Molasse des Zürichsee-Limmattaes verfolgen lassen.

2. Aufgliederung des Beckens in Hoch- und Tiefschollen: Tösstalhorst-Glattalgraben-Pfannenstielerhorst.

3. Individuelle Verfaltung der einzelnen Schollen: Im Untersuchungsgebiet: Kempton-Synklinale, Hittnau-Antiklinale, Humbel-Synklinale, Gündisau-Antiklinale. Alle diese Strukturen fehlen im Zürichseegebiet, was eindeutig auf eine Störungszone längs des Glattalles hinweist, die älter sein muss als die Anlage dieser scholleneigenen Faltungsvorgänge.

4. Lokale Bruchtektonik in der Tösstalscholle: Flexur im S, Bruch im N von Bäretswil; Graben von Hittnau; Graben von Madetswil; Bruchzone von Kemptthal. Diese Bruchtektonik besitzt ein mindestens Prä-Riss-Alter, da sie den Weg für die risseiszeitlichen Transfluenzen vom Glatt- ins Tösstal vorzeichneten (Hochterrassenschotter von Bäretswil, Hittnau, Madetswil).

An diese vorpleistozänen tektonischen Phasen schloss sich eine, wenn auch schwache, pleistozäne bis post-pleistozäne Phase an. In der Hittnauer-Transfluenz kann eine schwache Rückläufigkeit der Hochterrassenschotter beobachtet werden, die schon von A. WEBER (1928) beschrieben wird und die vermutlich auf tektonische Reaktivierung des Hittnauer-Grabens zurückzuführen ist. Im Bachbett unterhalb Hadlikon bei Dürnten ist längs kleinen Brüchen Nagelfluh gegenüber Grundmoräne um einige wenige Meter versetzt. Da sich die Brüche in der Grundmoräne fortsetzen, kann es sich nicht um Erosionsformen handeln. Die Anlagen dieser Brüche besitzen ein Würm- bis Postwürm-Alter.

Während die einzelnen Antiklinalen und Synklinalen im Felde leicht nachzuweisen sind (Leithorizonte und messbares Schichtfallen), lassen sich die Bruchzonen häufig nur indirekt ermitteln. Vor allem kann für die Bruchzonen im Glattal kein direkter Beweis erbracht werden. Auffällig sind die geraden Begrenzungslinien zwischen Molasse und Diluvium des Glattalles, an der Kempt bei Illnau und im Gebiet von Pfäffikon-Kempton. Ähnliche gerade Begrenzungslinien finden

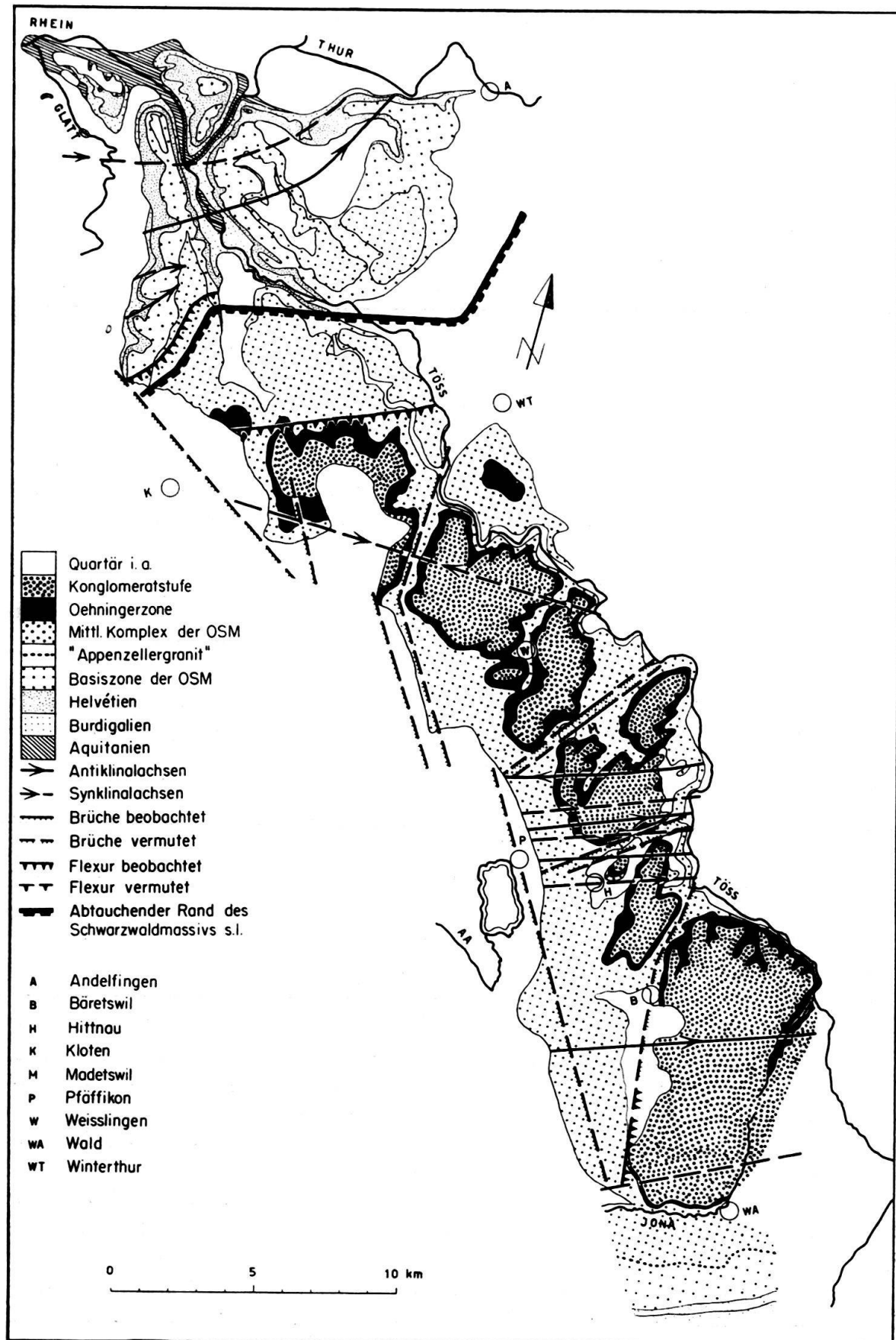


Fig. 1: Tektonische Karte

wir auch auf der W-Seite der Glattalsenke am Pfannenstielfuss. Neben diesem morphologisch in Erscheinung tretenden Grabencharakter des Glattales ist es in erster Linie die Unmöglichkeit der Korrelation der sekundären Faltungsstrukturen des Tösstales mit dem Zürichseegebiet, welche auf quer zum Molassebecken verlaufende Störungslinien hinweist.

Die Störungslinie von Bäretswil verläuft mehr oder weniger S–N und ist im S als Flexur entwickelt. Besonders schön ist diese im Bach bei Bodenholz 1 km N Oberdürnten, Q. 665, aufgeschlossen. Innerhalb gelb-grau-violett-gefleckter Serien ist ein bunter Kalk anstehend der mit 15° gegen S 85° E einfällt (Streichen N 5° E). Das Bachtelgebiet ist somit gegenüber der Molasse am Rand der Glattalsenke abgesunken. Die Richtung dieser Störungszone streicht in die risseiszeitliche Transfluenz Bäretswil–Bauma. Anhand der Oehningerzone lässt sich nachweisen, dass die Basis der Konglomeratstufe bei Kopfweid 500 m SE des Stoffel auf Q. 820 ansteht, während E der Transfluenz diese ca. 70–80 m tiefer zu liegen kommt. Vermutlich streicht diese Bruch-Flexurzone ins Tösstal unterhalb Bauma hinein und war für die Anlage des mehr oder weniger S–N verlaufenden Tösstalstückes zwischen Bauma–Turbental verantwortlich. Die Tösstalscholle ist somit in ihrem südlichen Teil in zwei Teilschollen aufgeteilt, eine Tiefscholle im E und eine Hochscholle im W.

Der Nachweis für den Hittnauer Graben kann ebenfalls nur indirekt erbracht werden, da im Graben selbst Diluvialbildungen weitgehend den Molasseuntergrund verschleiern. Neben den Analogien zu den anderen risseiszeitlichen Transfluenzen und der von A. WEBER (1928) erwähnten Rückläufigkeit der Hochterrassenschotter sind es in erster Linie morphologische Beobachtungen, die für eine grabenbruchartige Störung im Hittnauer Quertal sprechen. In den Bachtobeln bei Schönau und bei Laubberg setzt die Molasse plötzlich ein und stösst mehr oder weniger senkrecht an die Moränenbildungen im S an. Diese Grenzen zwischen Molasse und Diluvium liegen auf einer geraden Linie, die der nördlichen Grabenbegrenzung entspricht. Der südliche Grabenrand tritt auch morphologisch in Erscheinung, ist jedoch teilweise durch die diluvialen Schotterbildungen etwas verwischt.

Der Graben von Madetswil ist im Tobel des Riedbaches 600 m N Bläsimühle und am Stammbach zu beobachten. Im Riedbachtobel ist der N Grabenrand aufgeschlossen, indem dort eine mächtige Nagelfluhbank längs einer senkrechten Störungslinie an Mergel abstösst. Die Nagelfluhbank selbst ist ca. 25 m höher wieder aufgeschlossen. Der S-Rand des Grabens liess sich durch den Vergleich der Profile am Stammbach mit denjenigen im Segelbach und im Riedbachtobel nachweisen. Der Graben besitzt eine Breite von ca. 200–250 m, und ist bezüglich der Sprunghöhen asymmetrisch gebaut, indem die Scholle S des Grabens höher liegt als jene im N.

Die Störung von Kempththal ergibt sich aus den Höhenlagen der Oehningerzone, die auf eine Absenkung der W Scholle von ca. 20 m gegenüber derjenigen im E hinweisen.

Von besonderem Interesse ist die Tektonik N der Kyburger-Synklinale, da in diesem Gebiet die E Fortsetzung der Lägernantiklinale durchziehen muss. Nach L. BENDEL (1923) und P. GRETENER (1954) soll die Fortsetzung der Lägernanti-

klinale nach NE in die Irchelantiklinale abbiegen. Der von GRETENER erwähnte Muschelsandsteinaufschluss im Güh 2,5 km S Bülach weist ein Schichtfallen von 20–25° gegen SSW auf und soll auf ein solches Abbiegen hinweisen. Da jedoch 300 m weiter E bei Winkel die Molasse praktisch horizontal liegt und zudem im Steinbruch bei Güh weder das Liegende noch das Hangende des Muschelsandsteins aufgeschlossen ist, vermute ich, dass es sich bei diesem Schichtfallen lediglich um Deltaschichtung im Muschelsandstein handelt, wie sie mir auch vom Steinbruch bei Killwangen, S Lenzburg und anderen Lokalitäten bekannt ist (siehe hierzu auch U. BÜCHI 1957).

F. HOFMANN (1955) hingegen vermutet, dass die Lägernstörung gegen E in den Thurtalgraben bei Frauenfeld hineinstreicht.

Meine Untersuchungen im untersten Teil des Tösslaufes ergaben nun, dass beide Ansichten richtig sind, sofern man von einer Fortsetzung der Lägernstörung gegen E überhaupt noch sprechen will.

Das Streichen der Kyburg-Synklinale schliesst einen Zusammenhang mit der Zürichseesynklinale aus, wo hingegen ein Zusammenhang mit der Synklinale zwischen Lägernfalte und Neuenhofantiklinale über die Glattalsenke hinweg besteht. Im Gebiet von Kempththal kann eine deutliche Achsendepression beobachtet werden.

Als erste tektonische Störung folgt N der Kyburg-Synklinale eine Flexur ca. 1 km N Brütten. Im Bachtobel von Stürzikon 1½ km WNW Brütten kann in verschiedenen Horizonten zwischen Q. 500 und 520 ein Schichtfallen von 10–12° gegen S gemessen werden. Es dürfte sich hier um eine südlichste Virgation der Lägernstörung handeln, die in die Thurtalstörung von F. HOFMANN hineinzieht.

Als nächste tektonische Störungslinie folgt eine Flexur NW und W Embrach. Am Röslibach 1 km S Winkel liegt die Obergrenze der Oberen Meeresmolasse ca. auf Q. 470, während ca. 500 m SE auf Q. 450 bereits Mergel der Oberen Süsswassermolasse anstehen. Das Einfallen der Oberen Meeresmolasse, das zwischen Winkel und Röslibach unter 1° liegt, erhöht sich nun plötzlich auf mindestens 4–5°. Aus den Aufschlüssen bei Rorbas ergibt sich zudem, dass die Isohypsen auf Kopf der Oberen Meeresmolasse generell NNE–SSW streichen, entgegen der allgemeinen Streichrichtung weiter im S (ENE–WSW), und dass für dieses Abdrehen der Streichrichtung die Flexur S Winkel verantwortlich ist. Die Felduntersuchungen haben dies bestätigt, indem im Tobel des Stampfenbachs 1½ km NNW Embrach die Flexur wieder nachgewiesen werden konnte. Bei Rorbas fallen die Schichten generell mit 4° gegen S ein. Am Stampfenbach erhöht sich nun das Schichtfallen plötzlich bis auf 10–15° und gleichzeitig dreht die Fallrichtung gegen SE ab; weiter im S westlich Embrach sinkt dann das Schichtfallen wiederum rasch auf 4°, um dann bis ins Gebiet von Lufingen allmählich auf 2° hinunterzugehen.

Die Flexur muss kurz E des Stampfenbaches aus der NNE–SSW-Richtung in eine WSW–ENE-Richtung abdrehen und über Neftenbach bogenartig in das Gebiet E Andelfingen hineinstreichen.

Nördlich der Flexur von Embrach folgen eine schwache Antiklinale und Synklinale im Gebiet zwischen Winkel und Bülach, die an der Töss selbst nicht mehr nachgewiesen werden können. Daran schliessen sich die Irchelantiklinale und die Synklinale an der Tössmündung an. Alle diese Strukturen verlaufen mehr oder

weniger konform der Flexurlinie und zeigen am E-Rand der Glattalsenke ein Einschwenken in die Lägerrichtung.

Die Lägernstörung spaltet sich somit in verschiedene Strukturen auf:

1. Flexur N Brütten, die in die Thurgrabenstörung hineinzieht.
2. Flexur von Embrach, die bei Pfungen–Neftenbach sich aufspaltet in einen Ast, der E Andelfingen die Thur erreicht und vermutlich E des Kohlfirses und des Randen in die Verwerfung zwischen Randen und Hegausenke hineinzieht, während der südliche Ast in den Thurtalgraben hinstreicht.
3. Antiklinalen und Synklinalen zwischen obiger Flexur und dem Rhein.

Zwei Tatsachen sprechen dafür, dass die Flexur von Embrach als Hauptstörungslinie anzusprechen ist, und zudem ihre Anlage bereits in molassischer, wenn nicht vormolassischer Zeit stattfand. N der Kyburg–Wettingersynklinale, die eindeutig südlich der Lägernstörung und deren Virgationen im E liegt, ist die Embracher-Flexur die stärkste tektonische Störung. Zudem zeigen die Schichten der OSM nördlich der Flexur eine rasche Mächtigkeitsreduktion, was auf synsedimentäre Bewegungen längs dieser Linie zur Zeit der Ablagerung der Molasse hinweist, indem die Nordgebiete allgemein stärker gegenüber denjenigen im S gehoben waren.

Diese Flexur entspricht somit der Grenze zwischen Molassetrog s. str. und Schwarzwaldmassiv s. l. und die Molasseschichten N der Flexur und Lägern sind als molassischer Sedimentmantel des Massivs zu deuten. Das Molassebecken s. str. zeigt somit E der Glatt eine wesentliche Verbreiterung gegen E, indem der Massivrand treppenartig gegen N bis ins Gebiet des Hegaus zurückweicht.

Dieses Zurückweichen des Massivs wirkte auch massgebend auf die Lokaltektonek der Tösstalscholle, indem die östlichen Teile bei ihrem Zusammenschub gegen N später auf den Widerstand des Schwarzwaldmassivs stiessen als die Westteile. Dabei kam es zu Ausgleichsbewegungen (fiederspaltentartig) innerhalb der Übergangszonen vom schmäleren zum weiteren Becken, wofür die sekundären Bruchzonen bei Bäretswil, Hittnau, Madetswil, Kemptthal sprechen.

VII. Beobachtungen aus der Oberen Meeresmolasse im Gebiet zwischen Töss und Thurmündung

Die Obere Meeresmolasse im Hochrheingebiet zwischen Töss und Thur wurde nur auf einigen kursorischen Exkursionen untersucht. Trotzdem sind bereits einige Beobachtungen gemacht worden, die in stratigraphischer und paläogeographischer Hinsicht von Interesse sind und als Ausgangspunkt für eine umfassende Neubearbeitung der Oberen Meeresmolasse des Hochrheingebietes dienen mögen.

A. BURDIGALIEN

Das Burdigalien im Gebiet der Tössmündung wird fast ausschliesslich von Sandsteinen aufgebaut, die lokal kleine Fossilhorizonte führen können (meist Cardien). Im Gebiet von Freienstein und am Lozenbach bei Flaach liegt im oberen Drittel des Burdigalien ein fossilreicher Sandstein, der deutliche Anklänge an Muschelsandstein zeigt und als Fortsetzung des Muschelsandsteins von Güh bei Bachenbülach zu bezeichnen ist und stratigraphisch im gleichen Niveau wie der-

jenige von Würenlos zu liegen kommt. Am Lozenbach führt der Horizont *Pecten* sp., *Cardium* sp. und *Meretrix* sp. (siehe hiezu U. BÜCHI 1957).

Der Kontakt von Burdigalien und Aquitanien ist nur an wenigen Stellen aufgeschlossen, so z.B. an der Tössmündung gegenüber Tössegg. Dort bildet der burdigale Sandstein Taschen in die bunten, meist mergeligen oder mergelig-kalkigen Serien des Aquitanien. Die Form der Taschen erinnert oft an Kriechgänge von im Schlamm wühlenden Tieren. Vermutlich bestand zwischen Transgression des Meeres und der Sandschüttung lokal ein kleiner Hiatus. An einer andern Stelle am Bach bei Schlossbuck wird die Basis des Burdigalien von einer 20 cm dicken Sandsteinbank gebildet, die Gerölle, grüne Mergelgallen, *Pectiniden*, *Cardien*, Haifischzähne, Knochenfragmente und Schwemmholz führt. Bei den Geröllen handelt es sich z. T. um rötliche Granite und Kalke alpiner Provenienz.

Damit ergibt sich für das Burdigalien von unten nach oben folgende Gliederung:

1. Burdigales Basiskonglomerat (nur lokal entwickelt) einige dm.
2. Untere burdigale Sandsteinzone ca. 35 m im N, 70 m im S.
3. Muschelsandstein 1–10 m. Vermutlich mehr oder weniger W–E verlaufende Rinne.
4. Obere burdigale Sandsteinzone ca. 15 m im N, 30 m im S.

Eine ähnliche Gliederung des Burdigalien am N-Rand der Molassesenke ist auch vom Lägern-Limmatgebiet und vom Jurasüdfuss im Kt. Aargau bekannt (U. P. BÜCHI 1957).

B. HELVÉTIEN

Stratigraphisch lassen sich im Untersuchungsgebiet zwei Zonen unterscheiden, die eine wesentlich unterschiedliche Gliederung aufweisen:

1. Gebiet zwischen Glatt und Töss:

Generelles Profil.

- a) Nagelfluh, an der Grenze Burdigalien/Helvétien (Quarzitnagelfluh): einige dm bis m mächtig.
- b) Sandsteinzone, oft mit lagig angeordneten Knauern, Kreuzschichtung, Horizonte reich an Pflanzenhäcksel. Geröllschnüre (meist Quarzite) bis 30 m.

Sowohl die tiefste Nagelfluh wie auch die höheren Geröllschnüre führen neben Quarziten Gerölle eindeutig alpiner Herkunft (rote Granite, Flyschkalke usw.). Fossilfunde sind ausserordentlich selten, meist handelt es sich um vereinzelt auftretende *Ostreen* (dickschalige Exemplare).

2. Gebiet zwischen Andelfingen und Flaach:

Generelles Profil (von unten nach oben):

- a) Nagelfluhzone (Quarzitkonglomerate im Wechsel mit Sandsteinen) bis 5 m
- b) Sandsteinzone mit Geröllen ca. 4 m
- c) Kalknagelfluh (gelbe Gerölle jurassischer Provenienz) nur am Lozenbach ca. 0,8 m
- d) Sandsteinzone, geröllführend ca. 10 m
- e) Nagelfluhzone: Quarzitnagelfluhbänke (bis 2 m mächtig) oft reich an *Ostreen* =
Ostreanagelfluh, lokal z. B. am Worrenberg Einlagerung von $\frac{1}{2}$ m gelbem Kalk,
im Wechsel mit geröllführenden Sanden bis 8 m
- f) Sandsteinzone, geröllführend bis 15 m

Das Sedimentationsbild ist völlig anders als an der Töss und im Gebiet von Bülach und erinnert an die Verhältnisse in der Graupensandrinne (Benken). Zudem lässt sich zeitweise eine Materialzufuhr aus dem Tafeljura erkennen. Dieses Gebiet lag innerhalb der von F. HOFMANN (1955) beschriebenen Graupensandrinne, während das Helvétien an der Töss auf einem flachen Rücken zwischen Graupensandrinne und dem südlicheren Molassetrog abgelagert wurde.

Bei Andelfingen-Flaach lässt sich eine Zweiteilung des Helvétien feststellen: Quarzitnagelfluh und Sandsteinzone unten und Austernnagelfluh und Sandsteinzone oben. Möglicherweise repräsentieren diese zwei Stufen das Untere bzw. das Obere Helvétien (s. hierzu auch E. VON BRAUN 1953 und U. BÜCHI 1956).

Es stellt sich nun die Frage, welche dieser beiden Stufen im Helvétien an der Töss und bei Bülach vorliegt. Im Gebiet der Limmat (G. SENFTLEBEN 1923) ist die Gliederung des Helvétien ausserordentlich ähnlich wie an der Töss-Bülach: Quarzitnagelfluh bis 20 m unten, geröllführende Sande oben. Weiter im W bei Villmergen liegt folgendes generelles Profil vor (U. P. BÜCHI 1957):

oberes Helvétien	Sandsteinzone mit einzelnen Geröllnestern, Ostreen	bis ca. 20 m
	Nagelfluhzone (Quarzitnagelfluh, maximaler Gerölldurchmesser der Quarzite bis über 50 cm)	bis ca. 25 m
unteres Helvétien	Schiefermergel mit Sandsteineinlagerungen	bis ca. 8 m
	Sandsteinzone, Geröllschnüre selten, einzelne Schiefermergelbändchen .	bis ca. 40 m
	Basisnagelfluh des Helvétien (Quarzitnagelfluh)	bis 4 m

Die Hauptgeröllschüttung beginnt hier eindeutig mit dem Einsatz des oberen Helvétien. Im Gebiet von Ammerswil-Egliswil kann nun ein Auskeilen des unteren Helvétien festgestellt werden, indem lokale Schwellenzonen erst durch die starke Oberhelvétien-Geröllschüttung eingeebnet und überwunden wurden. Da nun im Limmat- und Tössgebiet die Quarzitnagelfluh an der Basis des Helvétien beträchtliche Mächtigkeiten aufweist, liegt die Vermutung nahe, dass auch auf der Schwelle zwischen Graupensandrinne und tieferem Molassetrog nur das Obere Helvétien abgelagert wurde. Die mächtige Quarzitnagelfluh an der Limmat darf sicher nicht mit der Graupensandrinne in Zusammenhang gebracht werden, vielmehr liegt eine W Provenienz der Quarzite aus dem Napfschuttfächer auf der Hand. Da jedoch W der Reuss nur die Schüttung des oberen Helvétien eine mächtige Geröllabfuhr mit sich brachte, ist ohne weiteres eine Korrelation des Helvétien zwischen Limmat und Töss (südlich der Graupensandrinne) mit dem oberen Helvétien W der Reuss möglich. Zwischen Burdigalien und der Quarzitnagelfluh besteht somit ein bedeutender Hiatus, der das untere Helvétien umfasst.

Diese Gedanken zur Oberen Meeresmolasse an der Tössmündung, die lediglich ein Annex an meine Arbeit über die OSM zwischen Töss und Glatt sind, mögen als Anregung und Arbeitshypothese für spätere Forschungen gelten.

LITERATURVERZEICHNIS

- BENDEL, L. (1923): *Geologie und Hydrologie des Irchels*. Diss. ETH Zürich.
- BENZ, E. (1922): *Geologische Bildung unseres Oberlandes mit besonderer Berücksichtigung der Gemeinde Hinwil*.
- V. BRAUN, E. (1953): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau*. *Eclogae geol. Helv.* 46, 2.
- BÜCHI, U. P. (1950): *Zur Geologie, Stratigraphie und Paläogeographie des Südrandes der mittelländischen Molasse zwischen Rheintal und Toggenburg* (Diss. Univ. Zürich).
- (1956): *Zur Geologie der Oberen Meeresmolasse von St. Gallen*. *Eclogae geol. Helv.* 48, 2.
 - (1957): *Zur Gliederung des Burdigalien im Kanton Aargau*. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.* 23.
- BÜCHI, U. P., & HOFMANN, F. (1945): *Über das Vorkommen kohlig-kieseliger Schichten und verkieselter Baumstämme in der oberen marinen Molasse von St. Gallen*. *Eclogae geol. Helv.* 38, 1.
- (1945): *Die obere marine Molasse zwischen Sitter–Urnäsch und dem Rheintal*. *Eclogae geol. Helv.* 38, 1.
- BÜCHI, U. P., & WELTI, G. (1950): *Zur Entstehung der Degersheimer Kalknagelfluh im Tortonien der Ostschweiz*. *Eclogae geol. Helv.* 43, 1.
- (1951): *Zur Geologie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Goldinger-Tobel und Toggenburg*. *Eclogae geol. Helv.* 44, 1.
- FRÜH, J. (1907): *Zur Bildung des Tösstales*. *Eclogae geol. Helv.* 9, 3.
- GRETENER, P. (1954): *Schweremessungen nordwestlich von Zürich und ihre geologische Interpretation*. *Eclogae geol. Helv.* 47, 1.
- GUTZWILLER, A. (1877): *Molasse und jüngere Ablagerungen enthalten auf Blatt IX des eidg. Atlas*. *Beitr. geol. Karte Schweiz*, 14. Lfg., 1. Abt.
- HOFMANN, F. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik des st.-gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie*. *Ber. Tätigk. (Jb.) st.-gall. naturw. Ges.* 74.
- (1955): *Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken*. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.* 22, 62.
 - (1955): *Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz*. *Eclogae geol. Helv.* 48, 1.
 - (1956): *Sedimentpetrographische und tonmineralogische Untersuchungen an Bentoniten der Schweiz und Südwestdeutschland*. *Eclogae geol. Helv.* 49, 1.
 - *Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet nördlich des Rheins in der Gegend von Ramsen (Schaffhausen)*. *Eclogae geol. Helv.* 49, 1.
 - (1956): *Die obere Süsswassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau*. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.* 23, 64.
- LEMCKE, K., v. ENGELHARDT, W., & FÜCHTBAUER, H.: (1953): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes*. *Beih. Geol. Jb.* 11/VIII.
- LETSCH, E. (1899): *Die schweizerischen Molassekohlen östlich der Reuss*. *Beitr. geol. Karte Schweiz [Geotechn. S.]*, Lfg. I.
- v. MOOS, A. (1946): *Die Kohlebohrungen von Sihlbrugg (Kt. Zürich) und die Molassestrukturen in Zürich*. *Eclogae geol. Helv.* 39, 2.
- (1947): *Die zürcherischen Molassekohlen und ihre Ausbeutung 1941–1946*. *Vjschr. naturf. Ges. Zürich* 92.
- PAVONI, N. (1956): *Zürcher Molasse und Obere Süsswassermolasse der Ostschweiz, ein stratigraphischer Vergleich*. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.* 22, 63.
- (1956): *Das Niveau des «Appenzellergranites» (Degersheimer Kalknagelfluh) und seine Ausdehnung in der Zürcher Molasse*. *Verh. schweiz. naturf. Ges. Pruntrut* 1955.
 - (1956): *Molassetektonik, Terrassen und Schotter zwischen Glattal, oberem Zürichsee und Sihltal*. *Eclogae geol. Helv.* 48, 2.
- SUTER, H. (1939): *Geologie von Zürich einschliesslich seines Exkursionsgebietes*. *Naturk. Ver. d. Lehrervereins Zürich u. die Geol. Ges. Zürich*.
- TANNER, H. (1944): *Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli*. *Mitt. thurg. naturf. Ges.* 33.

- WEBER, J. (1901): *Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersees*. Mitt. naturw. Ges. Winterthur. H. III.
- (1904): *Über die Gebilde des Eiszeitalters in den Umgebungen von Winterthur*. Verh. schweiz. naturf. Ges.
 - (1906/8): *Geologische Untersuchungen der Umgebung von Winterthur. I und II*. Mitt. naturw. Ges. in Winterthur. H. VI u. VII.
 - (1924): *Die Wasserverhältnisse von Winterthur und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung des Grundwassers*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachmännern.
- WEBER, A. (1928): *Die Glacialgeologie des Tösstales und ihre Beziehungen zur Diluvialgeschichte der Nordostschweiz*. Diss. ETH Zürich.
- WELTI, G. (1950): *Zur Geologie, Stratigraphie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse am oberen Zürichsee*. Diss. Manuskript.
- ZINGG, TH. (1934): *Erläuterungen zu Atlasblatt 7 des geologischen Atlas der Schweiz 1: 25000*.
-

