

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft  
**Herausgeber:** Thurgauische Naturforschende Gesellschaft  
**Band:** 33 (1944)

**Artikel:** Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli  
**Autor:** Tanner, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-593971>

#### 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:** 14.12.2025

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

**Beitrag  
zur Geologie der Molasse  
zwischen Ricken und Hörnli**

**von Hans Tanner**

1.741  
125552

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Topographischer Überblick und Umgrenzung des Arbeitsgebietes . . . . .	7
Geologischer Überblick und Problemstellung. . . . .	8
Die frühere Bearbeitung der Molasse zwischen Ricken und Hörnli . . . . .	10
<i>Stratigraphie-Lithologie</i> . . . . .	12
Die untere Süßwassermolasse (Aquitaniens) USM . . . . .	12
Beschreibung der Gesteine . . . . .	13
Die USM im Aabach und Ranzachtobelprofil . . . . .	14
Die USM in der Umgebung von Wattwil . . . . .	15
Abgrenzung der USM gegen die OMM . . . . .	16
Die USM zwischen Aabachtobel und Wattwil im Rahmen ihrer westlichen und östlichen Fortsetzung . . . . .	18
Die obere Meeresmolasse (Burdigalien-Helvétien) OMM . . . . .	19
Die Gesteine der OMM . . . . .	19
Die OMM zwischen Zürichsee und Goldingertobel . . . . .	20
Die OMM zwischen Goldingertobel und Toggenburg . . . . .	26
Die obere Süßwassermolasse (Tortonien-Sarmatien [?] OSM) . . . . .	30
Die Gesteine der OSM . . . . .	30
Die OSM zwischen Ricken und Hörnli . . . . .	33
Die OSM zwischen Hörnli und Fischingen . . . . .	36
<i>Tektonik</i> . . . . .	37
Die Zone der „nördlichen Antiklinale“ . . . . .	37
Die tektonischen Verhältnisse im Tößbergland . . . . .	39
Brüche in der Molasse zwischen Ricken und Hörnli . . . . .	40
<i>Untersuchungen an Nagelfluhgerölle</i> . . . . .	41
Quantitative Untersuchungen . . . . .	41
Qualitative Nagelfluh-Untersuchungen . . . . .	61
Frühere Beobachtungen in der Nagelfluh zwischen Ricken und Hörnli . .	70
Der Ablauf der Nagelfluhschüttung in meinem Untersuchungsgebiet . . .	70
Die Herkunft der Nagelfluhgerölle . . . . .	71
Untersuchungen über Form und Rundung der Nagelfluhgerölle . . . .	74
<i>Schwermineraluntersuchungen an Molassesandsteinen</i> . . . . .	83
Allgemeiner Teil . . . . .	83
Spezieller Teil . . . . .	84
<i>Zusammenfassung der wichtigsten Resultate</i> . . . . .	100
<i>Literaturverzeichnis</i> . . . . .	103

## Topographischer Überblick und Umgrenzung des Arbeitsgebietes

Mein Arbeitsgebiet liegt zwischen Ricken und Hörnli, unterem Toggenburg und oberem Tößtal. Mit dem Untertoggenburg und dem st. gallischen Goldingergebiet, dem zürcherischen Tößbergland und dem südlichsten Zipfel des Hinterthurgaus zwischen Fischingen und Hörnli reicht es in das Gebiet dreier Kantone. Die höchste Erhebung wird im 1335 m hohen Tweralpspitz erreicht; weitere markante Höhen, alles bekannte Aussichtspunkte, sind die Kreuzegg 1317 m, das Schnebelhorn 1295 m und das Hörnli 1137 m.

Das waldige Nagelfluhgebiet wird von zahlreichen Bächen, in meist tief eingeschnittenen Tobeln, entwässert. So entspringen an der Tweralp die zur Thur fließenden Ricken- und Feldbach (Wattwiler Steintal) und der bei Schmerikon sich in den oberen Zürichsee ergießende Aa- oder Goldingerbach, am Tößstock die beiden Hauptquellarme der Töß, am Schnebelhorn der Dietfurter- und Gonzenbach, die beide zur Thur fließen, und am Hügelzug östlich des Hörnli, am Regelsberg, die Murg.

Die Umgrenzung des Arbeitsgebietes läuft im Süden von Wattwil dem Rickenbach entlang südlich bis zum Dorf Ricken, dann folgt sie der Rickenstraße bis zur Brücke über die Ranzach westlich Gebertingen, um dann durch Ranzach- und Aabachtobel markiert zu werden. Die Westgrenze folgt dem Tobel des Goldingerbaches bis Neuhaus und verläuft dann über Bürg-Gibel - Schwarzenberg - Welschenberg - Tößstock - Ohrüti - Steg - Lipper-schwendi - Gfell - Sternenberg - Steinen nach Sitzberg. Die Nordgrenze wird durch den Nordrand des Kartenblattes 214 (Sternenberg) auf der Strecke Kantongrenze bei Sitzberg bis Murgtal bei Tannegg gebildet. Die Ostgrenze schließlich folgt von diesem Punkt an erst der Murg und nachher der Wasserscheide zwischen Tößtal und Toggenburg bis zur Kreuzegg. Ihre Fortsetzung wird fixiert durch die Punkte Schwämmli - Schaufelberg - Lichtensteig - Wattwil.

Um den Anschluß an die in neuerer Zeit untersuchten Nachbargebiete im Osten und Westen herzustellen, überschritt ich diese Grenzen etwas und untersuchte, allerdings mehr kurvorisch, auch noch das Gebiet zwischen Lichtensteig - Brunnadern - St. Peterzell und Hemberg und zwischen Luppen - Jona - Kloster Wurmsbach - Eschenbach.

Als topographische Unterlage wurden folgende Blätter der Siegfriedkarte benutzt: 214 Sternenberg, 216 Fischenthal, 217 Lichtensteig, 220 Brunnadern, 230 Wald, 231 Wattwil, 232 Schmerikon, 233 Uznach, 234 Kappel.

Sämtliche Ortsbezeichnungen beziehen sich auf die Angaben der Siegfriedkarte. Wo solche fehlten, wurden soweit als möglich ortsübliche Namen verwendet.

## Geologischer Überblick und Problemstellung

Die Molasse des Ricken liegt zur Hauptsache im Gebiet des Hörnlichschuttkegels, des größten miozänen Nagelfluhfächers der Schweiz. Er reicht nach Osten bis in die Gegend des Bodensees, nach Westen bis an die Baarburg und in die Umgebung von Zürich und nordwärts bis zum Schienerberg am Untersee. Seine Schüttung setzte gegen Ende der untern Süßwassermolasse, des Aquitan, ein, um erst in der obern Süßwassermolasse, im Torton-Sarmat, ihren Abschluß zu erreichen. Marine Ablagerungen der obern Meeresmolasse (Burdigal-Helvet) wurden bisher nur in den Randgebieten des Schuttkegels, in den klassischen Profilen von St. Gallen und in vereinzelten Fundstellen am obern Zürichsee, in Rapperswil-Jona nachgewiesen. *Ludwig* (Lit. 72) und *Renz* (Lit. 82) gelang es, in der Umgebung von St. Gallen eine Wechsel-lagerung von marinen und limnischen Ablagerungen der obern Meeres-molasse festzustellen. Die marine Fazies tritt gegen das Innere des Schuttkegels immer mehr zurück. Die am weitesten westlich liegenden Aufschlüsse befinden sich in der Gegend von Herisau. Von Herisau bis Rapperswil-Jona wurden bisher keine weiteren marine Fossilien führende Aufschlüsse gefunden. Während frühere Autoren, wie etwa *Gutzwiller* auf seiner geologischen Karte (Lit. 108) 1875, ein eigentliches Auskeilen der obern Meeres-molasse in der Gegend von Herisau und am Zürichsee annahmen und im zwischenliegenden Gebiet die Schichten der untern Süßwassermolasse an diejenigen der obern Süßwassermolasse stoßen ließen, hat *Ludwig* auf Atlas-blatt 4 (Lit. 109) 1930 als erster limnische Aequivalente der obern Meeres-molasse westlich der Sitter bis zum Necker ausgeschieden.

Vom westlichen Randgebiet, der Gegend um Rapperswil, liegt ebenfalls eine neue Molassekartierung von *Zingg* aus dem Jahre 1934 vor. Dieser Autor folgte aber in der Grenzziehung ganz der alten Auffassung von *Gutzwiller* und ließ wiederum untere und obere Süßwassermolasse zusammenstoßen. *Rutsch* und *Hürzeler* (Lit. 87) haben kurz darauf die alten marinen Fundstellen am Kirchhügel Jona und auf der Ufenau neu entdeckt und damit die Ansicht von *Zingg* wieder revidiert.

Ich sah deshalb meine erste Aufgabe darin, zu untersuchen, ob sich zwischen Zürichsee und Toggenburg noch weitere marine Ablagerungen nachweisen ließen, und anhand von Fossilfunden und lithologischen Ver-

gleichen eine Abgrenzung der oberen Meeresmolasse sowohl gegen das Liegende wie gegen das Hangende auch in diesem Gebiete zu versuchen.

Im Hangenden dieser Zone folgen die Ablagerungen der oberen Süßwassermolasse, die sich zur Hauptsache aus Nagelfluh aufbauen. Die Abtwiler- oder Degersheimer Kalknagelfluh, der sogenannte Appenzeller Granit, bildet inmitten der mehr oder weniger gleichartigen Nagelfluhbänke einen wichtigen Leithorizont, der sich von Abtwil bei St. Gallen bis Feldbach am Zürichsee ziemlich lückenlos durchzieht. Im übrigen erlangte diese ganze, nach *Renz* (Lit. 89) zirka 1500 Meter mächtige Nagelfluhmasse bisher jeder weiteren Gliederung. Diese Lücke auszufüllen und möglicherweise eine Aufteilung der oberen Süßwassermolasse in das ältere Torton und das jüngere Sarmat vorzunehmen, betrachtete ich als weitere Aufgabe.

Tektonisch ist mein Arbeitsgebiet recht einfach gebaut. Nach bisheriger Ansicht umfaßt es die allmählich flacher werdenden Schichten des Nordflügels der nördlichsten Antiklinale der „subalpinen“ und die daran anschließenden Zonen der flachliegenden mittelländischen Molasse. Morphologisch kommt der Unterschied zwischen dem Südostteil des Untersuchungsgebietes mit seinen nordwestfallenden Nagelfluhplatten, die eigentliche „Pultberge“ formen, und dem Nordwestteil mit den flachliegenden Nagelfluhterrassen recht schön zum Ausdruck. Im Gebiete der flachliegenden Molasse wurden durch *Alb. Heim* und andere am Schnebelhorn und am Bachtel schwache Verbiegungen festgestellt. Diese Verbiegung im Vorland der eigentlichen Molassedislokation deutete *Alb. Heim* (Lit. 50, S. 189 ff.) als „alpine Randabsenkung der Molasse“ als Folge einer isostatischen vertikalen Absenkung des gesamten Alpenkörpers. Anderseits sind aus dem Gebiet der mittelländischen Molasse aus der Umgegend von Bern schon seit längerer Zeit flachwellige Verbiegungen bekannt, die als Ausläufer der Molassedislokation aufgefaßt werden. Es fragte sich nun, ob auch zwischen Töß- und Thurtal neben der „Randflexur“ weitere Verbiegungen festgestellt werden können und ob, wie das auch schon von *Herbordt* (Lit. 54), *Zingg* (Lit. 106), *Staub* (Lit. 93) und *Renz* (Lit. 81) für das anschließende Zürichseegebiet versucht wurde, diese Randabsenkung nicht in eine normale tektonische Störung umgedeutet werden könne.

Neben der Bearbeitung dieser stratigraphischen und tektonischen Fragen sah ich meine Hauptaufgabe in der Untersuchung der Nagelfluhgerölle.

Die Bedeutung der Untersuchung der Molasseschuttfächer wurde schon von Leopold von *Buch* zu Anfang des 19. Jahrhunderts erkannt (Lit. 95), welcher die These aufstellte, „daß von einer vollständigen Monographie der Molasse die ganze Theorie des Alpengebirges abhängen könne“. In der Tat müssen sich gebirgsbildende Vorgänge im Rückland in der Zusammensetzung und im Aufbau der in den Vortiefen abgelagerten Sedimente widerspiegeln. Die Erforschung der Molasse kann also wichtige Rückschlüsse auf das Alter

orogenen Phasen erlauben, für die wir unter Umständen in den Alpen keine Anhaltspunkte finden. Durch die Heimatbestimmung von Nagelfluhgeröllen können wir mithelfen, den Ablauf des Vorschubes der verschiedenen Decken zu rekonstruieren. Messungen von Form, Rundung und Größe der Komponenten lassen Folgerungen über die Länge des Transportweges und die Art des Transportmittels zu. Eine eingehende Bearbeitung der Molasse-nagelfluh wird also sicherlich auch zur Lösung alpentektonischer Probleme beitragen. In den letzten Jahren haben in der ostschweizerischen Molasse besonders *Ludwig*, *Renz*, *Kleiber* und *Habicht* wichtige Arbeit geleistet. Bisher hatte man sich aber in der Hauptsache darauf beschränkt, ein möglichst umfassendes Geröllartenverzeichnis anzulegen, und die Berücksichtigung von Form, Rundung und Größe der Gerölle weitgehend vernachlässigt. In dieser Arbeit soll deshalb versucht werden, diese Lücke etwas zu schließen.

## **Die frühere Bearbeitung der Molasse zwischen Ricken und Hörnli**

Die Gegend zwischen Ricken und Hörnli spielt in der Geschichte der schweizerischen Molasseforschung keine große Rolle. Sie ist nicht „klassisches Land“ wie die Umgebung von Luzern oder St.Gallen, wo sich seit den Anfangszeiten der wissenschaftlichen Geologie immer wieder neue Forscher an die Bearbeitung der Profile machten. Die schlechte Verkehrslage des Gebietes, die großen einförmigen Nagelfluhmassen und das Fehlen schöner durchgehender Profile, sowie seine große Fossilarmut werden die Ursache dieser Vernachlässigung sein.

Die ersten Hinweise auf mein Arbeitsgebiet stammen aus dem 18. Jahrhundert. So erwähnt *J. J. Scheuchzer* in seiner „Beschreibung der Lufft/Geschichten/Steinen/Metallen und anderen Mineralien des Schweizerlandes“, 1718 (Lit. 88) einen „vielfarbichten Marmor bey Fischingen“ und „silber- und schwefelfarber Glimmer in grauem Gestein aus dem Goldinger-Thal“.

Gelegentliche Funde dieser „silber- und schwefelfarbenen“ Glimmerplättchen dürften wohl Mitursache gewesen sein, daß in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Tößbergland und im Goldingertal, angeblich durch umherziehende „Venediger“, intensiv nach Gold gesucht und verschiedene „Goldlöcher“ geegraben wurden. Am bekanntesten sind wohl das Goldloch am Dägelsberg und das sogenannte „Isaraloch“ an der Kreuzegg. Einige andere wurden durch Rutschungen und kleinere Bergstürze wieder verschüttet. Rutschungen, Bergstürze, Einbrüche von Nagelfluhplatten beunruhigten die Bewohner des Goldingertales überhaupt recht häufig. So verdankt die Trümmerlandschaft „In den Brüchen“ auf der Kreuzegg ihre Entstehung dem Einbrechen einer Nagelfluhplatte. Über dieses Ereignis be-

richtet Hans Felix Grebel am 22. Juli 1757 (Lit. 12) recht anschaulich an den Rat der Stadt Zürich:

„Jakob Knecht aus dem Aathal, welcher eine Alp Überzütt, so ungefähr eine halbe Stunde von dem quaestorlichen Berg, Kreuzegg genannt, gelegen, besitzet, berichtet, daß er selbsten, Dienstag, den 28. Brachmonat, morgens um 2 Uhr, ein unerhörtes, etwann 3 Tage lang angehaltenes und einem beständigen Donnerwetter gleichendes Rasseln gehört, den Spuren sogleich nachgeeilet und auf benannter Alp dem Sturz gewaltiger Felsen und Bäume an diesem Kreuzeggberg zu und sie also fallen und sinken gesehen, wodurch auch benachbart anstoßende Güter, so an dem Fuße des Berges hiervor überführt, angefüllt und unbrauchbar gemacht worden und dieser Grat nun auf diesem Berg, allwo die Landscheidung von dem Toggenburg und Grafschaft Uznach gewesen, seie auf und die andere Seiten gegen dem Toggenburg und dem Goldener-Tal abgesunken und mehr als zwei Kirchtürm tief gefallen, so daß dieser Weg weder befahren, noch sonst gebraucht werden könne...“

Im Jahre 1816 ging im hinteren Teil des Goldingertales, losgebrochen am „Atzmännig“, ein Bergschlipf nieder, dessen Schuttmassen den Bach stauten und verschiedene Häuser zerstörten. *Ebel* schrieb darüber in seiner „Anleitung auf die nützlichste Art die Schweiz zu bereisen“ (Lit. 23) 1840, daß die Kirche und mehrere Häuser verschüttet wurden und neun Menschen den Tod gefunden hätten. Diese Meldung scheint auf einem Irrtum zu beruhen; denn Dorf und Kirche Goldingen liegen einige Kilometer von der Unglücksstätte entfernt.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann *Arnold Escher von der Linth* seine geologischen Entdeckungsfahrten, die ihn in der ganzen Schweiz herumführten, auch auf mein Arbeitsgebiet auszudehnen. Er sammelte ein ungeheures Beobachtungsmaterial, das er aber nur in den wenigsten Fällen zu Publikationen verwertete, sondern in Tagebüchern (Lit. 28) niederlegte, die er bereitwilligst den Geologen seiner Zeit zur Verfügung stellte. So kommt es, daß wir von *Escher* selbst nur recht wenig unter seinem eigenen Namen Gedrucktes in der heutigen Literatur finden (über mein Arbeitsgebiet nur Lit. 29). Dafür befruchteten seine Tagebuchnotizen die Arbeiten von *Kaufmann* (Lit. 55), *Heer* (Lit. 48), *Gutzwiller* (Lit. 44) und anderen. Ich werde auf seine Beobachtungen bei Besprechung meiner eigenen Resultate oft einzutreten haben.

Die erste und bis heute einzige zusammenfassende Publikation über die Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli wurde im Jahre 1877 in den „Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz“ (Lit. 44) von *Gutzwiller* als Text zu Blatt IX des eidgenössischen Atlas herausgegeben. Diese geologische Karte ist bis heute die einzige Kartierung meines Arbeitsgebietes geblieben. Wenn sie auch naturgemäß verschiedene Mängel aufweist, so muß doch gesagt werden, daß sie für die damalige Zeit eine glänzende Arbeit darstellt. *Gutzwiller* unterschied in der Ostschweiz vier Nagelfluhzonen, wobei er die Molasse nördlich des Ricken zur vierten rechnete. Er teilte die ganze

Schichtreihe ein in Ablagerungen der untern Süßwassermolasse, der Meeresmolasse und der obern Süßwassermolasse. Marine Sedimente kannte er aus der Gegend von Herisau/St.Gallen und Rapperswil/Bäch. Er nahm deshalb an, daß die Meeresmolasse an den genannten Orten auskeile und in den Zwischengebieten obere und untere Süßwassermolasse zusammenstoße. *Tektonisch* unterschied er in der ostschweizerischen Molasse drei Antiklinalzonen, wobei die nördlichste Antiklinale durch obern Zürichsee und Regelstein strich, eine Ansicht, die heute noch gilt. Aus meinem Arbeitsgebiet beschrieb er keine weiteren tektonischen Beobachtungen als den allmählichen Übergang aus der aufgerichteten nordfallenden Molasse am Ricken in die flachliegende am Hörnli-Schnebelhorn. *Albert Heim* hat dann später schwaches Südfallen am Schnebelhorn festgestellt und diese Beobachtung zur Stützung seiner „Einsenkungshypothese“ verwendet (Lit. 50).

In späterer Zeit war die Nagelfluh des Tößberglandes öfters Gegenstand kleinerer oder größerer Publikationen. So widmete ihr *Früh* in seinem grundlegenden Werk „Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz“ (Lit. 34) 1887 ein Kapitel. *Escher-Heß* (Über einige Vorkommnisse der oligocänen und miocänen Molasse der Schweiz, Lit. 30) 1907, in neuerer Zeit *Cadisch* (Lit. 19), veröffentlichten Arbeiten aus diesem Gebiet. Auf alle diese Veröffentlichungen werde ich in einem späteren Kapitel eintreten (S. 41). Über die neuen Arbeiten aus den Nachbargebieten im Westen und im Osten habe ich bereits (S. 8) berichtet. Erwähnen möchte ich nur noch die Dissertation von *Habicht* (Lit. 46) aus dem Nachbargebiet im Süden, die demnächst erscheinen wird. Auf die Resultate dieser Arbeit werde ich, soweit sie mir zur Verfügung stehen, im späteren Texte eintreten.

## Stratigraphie-Lithologie

Am Aufbau meines Untersuchungsgebietes sind folgende Molassestufen beteiligt:

Miocän	{	Tortonien-Sarmatien (?)	Obere Süßwassermolasse OSM, limnisch
		Burdigalien-Hélvétien	Obere Meeresmolasse OMM, marin und limnisch
Oligocän Aquitanien			Untere Süßwassermolasse USM limnisch

### Die untere Süßwassermolasse (Aquitaniens USM)

Die Ablagerungen der USM nehmen den Südrand meines Arbeitsgebietes ein. Sie fallen ungefähr auf der Linie Erlen S Wagen, Bauwil SW St.Gallen-

kappel - Ricken - Hummelwald steil nordnordwestlich unter die Schichten der OMM ein.

Schöne Aufschlüsse findet man, außer in den Steinbrüchen im Hügelzug am Nord-Rand des oberen Zürichsees, nur in den tief eingeschnittenen Tobeln des Aabaches, der Ranzach und des Rickenbachs und ihrer Seitenbäche, da in den zwischenliegenden Gebieten die Molasse fast gänzlich von Quartäralablagerungen bedeckt ist.

### Beschreibung der Gesteine

Die Schichten der USM werden fast ausschließlich durch Sandsteine und Mergel aufgebaut. Nagelfluh findet sich nur ganz untergeordnet und nie in eigentlichen Bänken, sondern nur in lockern Geröllschnüren. Diese sporadischen Nagelfluhvorkommen sind extrem bunt. Eine Geröllzählung im Bannwald S Eschenbach ergab folgendes Resultat:

Rote Granite . . . . .	45 %
Helle Granite . . . . .	30 %
Gneise . . . . .	5 %
Quarzite . . . . .	5 %
Radiolarite + Hornsteine . . . . .	10 %
Andere Sedimente . . . . .	5 %
Total Kristallin . . . . .	80 %
Total Sedimente . . . . .	20 %

Größte Gerölle bis faustgroß (rote Granite). Diese Nagelfluh unterscheidet sich vollständig von derjenigen des Hörnlischuttfächers in der hangenden OMM. Nach Zusammensetzung und Ausbildung (lockere Geröllschnüre) gehört sie zur aquitanen Hohe Rone-Nagelfluh, deren östlichste Ausstrahlungen *Habicht* und andere (Lit. 46) aus der Gegend von Uetliburg beschreiben.

Die häufig auftretende Ausbildung der Sandsteine als sogenannte „granitische Sandsteine“ hat der ostschweizerischen USM auch den Namen granitische Molasse eingetragen.

Der granitische Sandstein ist aber nicht nur auf die USM beschränkt; ich habe auch Vorkommen in limnischen Bezirken der OMM und in der OSM festgestellt. Ich werde deshalb im folgenden den Begriff „granitische Molasse“ nur als petrographische Bezeichnung für einen Quarz-Feldspatführenden Arkosesandstein, nicht aber als stratigraphische Stufenbenennung im Sinne *Baumbergers* (Lit. 8, S. 166) gebrauchen.

Auf eine nähere petrographisch-mikroskopische Charakterisierung des schon von vielen Autoren beschriebenen granitischen Sandsteins wird hier, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, verzichtet. Ebenso werde ich es auch im Falle der anderen Molassesandsteine meines Untersuchungsgebietes unter Hinweis auf die Literatur halten (Lit. 80). (Über Schwere-

mineraluntersuchungen an Molassesandsteinen siehe Seite 83 dieser Arbeit.) Ich möchte hier nur folgende eigene Beobachtungen erwähnen:

Der granitische Sandstein bildet Bänke von 0,5 bis einigen Metern Mächtigkeit. An ihrer Basis ruhen diese Bänke immer mit scharfem Kontakt auf den liegenden Mergeln. Stellenweise habe ich, in Übereinstimmung mit *Renz* (Lit. 82, S. 57) wulstförmiges Vorspringen des granitischen Sandsteins in die Mergellagen beobachtet. Es handelt sich hier sicherlich um die gleiche Erscheinung, die wir später auch an der Basis von Nagelfluhbänken antreffen und dann eingehender besprechen werden. Im Aabachtobel setzt die Schüttung über einer Mergellage meist mit vereinzelten Geröllen ein (meist helle oder rote Granite). Oft findet man, neben diesen Geröllen, Einlagerungen von manchmal gut gerundeten, meist giftgrünen Mergelknollen von 1 bis 2 cm Durchmesser. Neben dem typischen granitischen Sandstein tritt auch eine Varietät auf, in der die roten Feldspate weitgehend durch rote Hornsteinsplitterchen ersetzt sind. *Habicht* (persönliche Mitteilung) nennt diese Abart nach *Renz* und *R. Staub* (Etzel) „pseudogranitischen Sandstein“.

Im Ranzachtobel habe ich an einigen Stellen schöne Deltaschichtung feststellen können. In einzelnen Zonen, besonders im obersten Aquitan, tritt, oft wechsellarnd mit granitischem Sandstein, ein grauer, dichter, meist helle Glimmerblättchen führender Kalksandstein auf.

Die zwischen die einzelnen Sandsteinbänke eingeschalteten Mergellagen zeigen die verschiedensten Farbnuancen. Neben vorherrschenden grauen und grünen Mergeln treffen wir grünblaue, violette und besonders im hangenden Teil des Aabachtobels rotgefleckte und rote Varietäten. Sie sind meist tonig-sandig, hie und da auch eigentliche Kalkmergel. Geschieferete Mergel spielen nur eine recht untergeordnete Rolle.

### *Die USM im Aabach- und Ranzachtobel*

Das bei Uznaberg endende Aabachtobel durchbricht die aquitane Schichtreihe meines Arbeitsgebietes in ihrer ganzen Mächtigkeit. Gehen wir dem Aabach entlang bachaufwärts, so sehen wir vom Liegenden zum Hangenden folgendes Profil aufgeschlossen:

#### 1. Zone des granitischen Sandsteins

Der Bach fließt darin von der Fabrik Uznaberg bis zur scharfen Mächtigkeitsbiegung oberhalb der Ranzachmündung (also auf einer Strecke von zirka 550 m).

Stark zerklüftete granitische Sandsteinbänke wechsellarnd mit da Liegenschmächtigen Mergellagen (grün, grau-grün, dunkelviolett, sandig-tonig, hie und da geschiebert, in den hangenden Partien auch rot gefleckt). Verhältnis Sandstein : Mergel zirka 50 : 1.

Im granitischen Sandstein Geröllschnüre und grüne Mergelknollen häufig, die ersteren besonders an der Basis der Bänke.

Auch einzelne wenige Bänke von gewöhnlichem Kalksandstein treten auf.

Hinter der Fabrik Uznaberg und beim Stauwehr Pflanzenabdrücke und Kohlenschmitzchen im Sandstein. Arnold Escher von der Linth fand 1846 eine Unio „im Tobel hinter Uznaberg“. (Lit. 28, S. 168.)

Streichen der Schichten 75°—78° E.

Fallen: Am Tobelausgang . . . . .	48°/15° W
Bei der 1. Verbauung des Baches . . . . .	55°
Bei der Einmündung des linken Seitenbächleins	38°
Beim Stauwehr . . . . .	72°
Bei der Ranzachmündung . . . . .	65°

## 2. Zone der roten Mergelzwischenlagen

Zwischen die Bänke des meist feinkörnigen granitischen Sandsteins schieben sich häufig Kalksandsteinbänke. 450—500 m mächtig

Die zwischenlagernden vorwiegend roten Mergel sind meist gut gebankt (1—2 m mächtig).

Im untern Teil Verhältnis Sandstein : Mergel zirka 3:1, im obern zirka 1:1.

Streichen 75° E

Fallen 62—65°/15° W

Hangendes: Mergelzone mit feinkörnigen Glaukonitsandsteinbänken. OMM.

Das Ranzachtobel liegt von der Mündung der Ranzach in den Aabach bis oberhalb des Hebeltobels in der „Zone des granitischen Sandsteins“. Auch hier kann man wiederum Einlagerungen von Geröllschnüren mit hauptsächlich kristallinen Gerölle und von grünen Mergelknollen beobachten.

Im Hangenden folgt oberhalb des Stegs über das Hebeltobel, wie im Aabachtobel, eine Zone, in der die Sandsteine auf Kosten der Mergel stark zurücktreten. Nur ist hier die Rotfärbung der Mergel weniger dominierend. An erster Stelle stehen hier harte blaue Kalkmergel, in denen man an verstreuten Stellen zerbrochene unbestimmbare Schneckenschalen findet. Die Mächtigkeit dieser Mergelzone erleidet gegenüber dem Aabachtobel eine leichte Reduktion. Sie beträgt hier nur noch zirka 400 Meter.

## Die USM in der Umgebung von Wattwil

Sowohl der Rickenbach, wie auch die verschiedenen Bächlein, die von Landhaus her der Thur zustreben, fließen mehr oder weniger im Streichen der Schichten. Es ist deshalb nicht möglich, ein ebenso lückenloses Profil wie im Westen aufzunehmen. Das schon im Ranzachtobel bemerkte Zurücktreten der roten Mergel kann man auch hier beobachten. An die Stelle einer „Zone mit roten Mergelzwischenlagen“ ist eine Schichtfolge von wechselseitigem granitischem Sandstein, Kalksandstein und grauen oder grünen Mergeln getreten. Die Kalksandsteine sind oft recht chloritreich. Geröll-

einlagerungen habe ich keine beobachtet. Die Sandsteine überwiegen bei weitem über die Mergel. Wir können hier also kaum mehr von einer „Mergelzone“ sprechen. Über diesem Komplex — dessen Mächtigkeit unbestimmt ist, da das Liegende nicht aufgeschlossen ist — folgt an der Rickenstraße W Wattwil die Basisnagelfluh der OMM.

### *Abgrenzung der USM gegen die OMM*

Die Abgrenzung der USM gegen die OMM ist wegen des Mangels an bestimmhbaren Leitfossilien recht schwierig vorzunehmen. *Gutzwiller* unterließ deshalb auf seiner Molassekarte eine Ausscheidung der OMM und rechnete den ganzen Komplex der OMM zur USM, obwohl er feststellte(Lit. 44, S. 86), daß in der Gegend von St.Gallen marine Schichten seitlich in Süßwasserschichten übergehen „und es deshalb naheliege, daß der fragliche Schichtkomplex in Beziehung auf sein Alter in die gleiche Stufe wie die marine Molasse von St.Gallen und Bäch zu stellen sei...“.

*Ludwig, Renz* und andere haben später nachgewiesen, daß die seitlich sich ablösenden limnischen und marinen Ablagerungen tatsächlich als gleichaltrig zu betrachten sind und auf Atlasblatt 4 hat dann *Ludwig* die Abtrennung der limnischen Komplexe der OMM von der USM im Gebiet zwischen St.Gallen und Necker auch durchgeführt. Es stellte sich deshalb für mich ebenfalls die Frage, wo in dem lithologisch meist recht gleichartigen Gebiet, das scharfe Leithorizonte vermissen läßt, eine Grenzziehung zwischen USM und OMM sich rechtfertigen lasse.

Der waldige Höhenzug am Nordufer des oberen Zürichsees bietet fast nur Aufschlüsse in granitischem Sandstein, da dieser geschätzte Baustein die Anlage von Steinbrüchen begünstigte. Die Mergelzonen sind nur in einzelnen Straßeneinschnitten etwas entblößt. So quert die Straße Eschenbach-Schmerikon im Bannwald die „Zone der roten Mergellagen“, die hier in einer Wechsellagerung von roten gefleckten Mergeln und stark absandenden granitischen Sandsteinen aufgeschlossen ist.

Der Hügelzug zwischen Kloster Wurmsbach und Uznaberg liegt also sicherlich noch gänzlich im Gebiet der USM, da sich eine Unterteilung weder aus paläontologischen — Fossilien wurden bisher keine gefunden — noch aus lithologischen Gründen rechtfertigen ließe. In den nördlich davon gelegenen Molasserundhöckern von Au, zwischen Kloster Wurmsbach und Wagen, deutet nun aber das Auftreten von Nagelfluhbänken eine Änderung der Ablagerungsbedingungen an. Die Nagelfluh von Au zeigt in der Geröllzusammensetzung bereits große Anklänge an die Hörnlinagelfluhen, so daß wir es hier kaum mehr mit einer seitlichen Ausstrahlung des aquitanen Hohe Rone Nagelfluhfächers zu tun haben, wie in den Geröllschnüren des Bannwalds und des Aabachtobel.

Aus diesen Gründen lege ich die Grenze zwischen USM und OMM an die Basis der Nagelfluhbänke von Au. Sie zieht — in der Ebene von Eschenbach durch Quartär bedeckt — gegen Osten zum Aabachtobel, das sie unmittelbar südlich Bauwil quert. Betrachten wir nun die Verhältnisse im Aabachtobel: Auf Seite 14 haben wir eine

1. Zone des granitischen Sandsteins und eine
2. Zone der roten Mergelzwischenlagen unterschieden.

Folgen wir nun dem Bach weiter tobelaufwärts, so gelangen wir in eine Mergelzone mit grauen und violetten Mergeln und Einlagerung von glaukonit- und chloritreichen Sandsteinbänken. Granitischer Sandstein fehlt vollständig.

Wir sehen also auch hier eine Faziesänderung, die zwar nicht so scharf markiert ist wie beim Nagelfluheinsatz von Au, die mir aber doch eine Grenzziehung zu rechtfertigen scheint. Ich lege deshalb die Grenze zwischen USM und OMM an die Basis dieser „Mergelzone mit Einlagerung von glaukonit- und chloritreichen Sandsteinen“. Sie quert zwischen Punkt 490.1 und Bauwil das Aabachtobel.

Im Ranzachtobel können wir eine ähnliche Faziesänderung ungefähr bei der Einmündung des Baches, der von Gebertingen her kommt, beobachten.

In der Gegend von Ricken ist eine Grenzziehung zufolge starker Quartärüberdeckung der Molasse schwierig. Aufschlüsse im Rickenbach unter der Brücke, die nach Pilgerrüti führt, scheinen zur USM zu gehören, während Fossilfunde (S. 27), die ich im Rickenbach knapp oberhalb der Einmündung des Baches aus dem Gebertingerwald machte, bereits auf OMM hinweisen.

Im Gebiet SW Wattwil setzt, wie wir auf Seite 15 gesehen haben, über einer Schichtreihe, in der granitischer Sandstein, Kalksandstein und Mergel wechsellaagern, die Nagelfluhschüttung des Hörnlifächers ein. Trotzdem Ludwig (Lit. 72) auf Grund von Molluskenfunden im östlich davon gelegenen Hombergtobel (Neckertal) die untersten Nagelfluhbänke noch zur USM rechnet, halte ich dafür, daß die Grenze USM: OMM im Gebiet westlich Wattwil an die Basis der untersten Nagelfluhbank zu legen sei. Das Einsetzen dieser — ohne größere Unterbrechungen — mehrere tausend Meter mächtigen Nagelfluhschüttung scheint mir bedeutend genug zu sein, um dies zu rechtfertigen.

Im übrigen vertreten sowohl Renz (Lit. 82, S. 27) wie auch Habicht (persönliche Mitteilung) die Ansicht, daß die oligo-miozäne Grenze im Gebiet zwischen Necker und Thur möglicherweise ebenfalls an die Basis der Nagelfluhschüttung zu legen sei. Die Untersuchungen von cand. geol. U. Büchi, die gegenwärtig in diesem Gebiet ausgeführt werden, dürften endgültige Klarheit über diese Frage bringen.

Wenn wir abschließend noch den Raum zwischen Wattwil und Ricken betrachten, so sehen wir, daß die untersten Nagelfluhbänke gegen W auskeilen. Deshalb schaltet sich gegen W ein immer mächtiger werdender Streifen geröllfreier OMM unter der nagelfluhführenden OMM ein, der im Aabachtobelprofil schließlich mehrere hundert Meter mächtig wird.

*Die USM zwischen Aabachtobel und Wattwil im Rahmen ihrer westlichen und östlichen Fortsetzung*

Eine ähnliche Vermergelung der USM gegen das Hangende wie in den Profilen des Aabach- und Ranzachtobels hat auch Kleiber (Lit. 57, S. 419) im westlichen Nachbargebiet, an der Hohen Rone, festgestellt.

Renz (Lit. 82, S. 56) unterscheidet am Ostrand des Hörnlifächers, in der Gegend des St. Galler Rheintales, eine „oberaquitane Mergelzone“ über einer „Zone des granitischen Sandsteins s. l.“. Die Mächtigkeit seiner oberaquitaten Mergelzone gibt er mit zirka 300 Meter an.

Über die Fortsetzung dieser Mergelzone gegen das Schuttkegelinnere sagt er folgendes:

„Vom oberen Brand (S St. Gallen) an gegen SW verliert sie sich; Nagelfluhbänke und granitischen Sandstein lagern sich ein. Im Urnäschprofil indessen ist die Vermergelung des obersten Aquitans noch sehr deutlich. Der Mergelzone von Thal (Rheintal) entspricht also im W das von Ludwig auf Atlasblatt 4 ausgeschiedene, nagelfluhführende Oberaquitane (das heißt soweit dieses nach den neueren Untersuchungen nicht bereits zum Burdigalien gehört).“

Wir sehen also in beiden Randgebieten des Hörnlischuttkegels ähnliche Erscheinungen:

1. Das Aquitan läßt sich sowohl am Westrand (Aabach-Ranzachtobelprofil), wie auch am Ostrand (unteres St. Galler Rheintal) in eine liegende „Zone des granitischen Sandsteins“ und eine hangende „oberaquitane Mergelzone“ gliedern.
2. Gegen das Schuttkegelinnere verliert sich die oberaquitane Mergelzone. Granitische Sandstein- (Umgebung von Wattwil) und Nagelfluhbänke (Umgebung von St. Gallen) lagern sich ein.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die Schüttung der Hörnlinaagelfluh zuerst in der östlich an mein Arbeitsgebiet anschließenden Molasse — teilweise schon im obersten Aquitan — einsetzte, um dann — während der Zeit der OMM — nach Osten und Westen fortzuschreiten.

Die Nagelfluh von Au an der Basis der OMM verdankt ihre Entstehung, wie wir später sehen werden, einem lokalen Geröllvorstoß, geschüttet durch einen seitlichen Deltaarm.

**Die obere Meeresmolasse**  
(Burdigalien-Helvétien OMM)

Burdigalien und Helvétien können in meinem Untersuchungsgebiet nicht voneinander getrennt werden, da die zu einer einwandfreien Unterscheidung notwendigen Fossilien bisher zu wenig zahlreich gefunden wurden. Die beiden Stufen werden deshalb im folgenden unter dem Begriff „obere Meeresmolasse“ = OMM zusammengefaßt und im Zusammenhang besprochen. Dagegen läßt sich ein seitlicher Übergang, wie auch eine Wechselseiterung von limnischer und mariner Ausbildung der OMM feststellen.

Die Ablagerungen der OMM folgen nördlich derjenigen der USM in einem Gebietsstreifen, in dem die Ortschaften Rapperswil/Jona, Eschenbach, Wattwil liegen. Quartärablagerungen überdecken namentlich im westlichen Teil des Gebietes und auf dem Ricken die älteren Schichten und gewähren nur einen höchst lückenhaften Einblick in die liegende Molasse. Nur im Goldingertobel — der Aabach wird oberhalb der gedeckten Brücke bei Neuhaus Goldingerbach genannt — im Ranzachtobel bis zur Brücke der Rickenstraße und teilweise auch im Wattwiler Steintal haben wir zusammenhängende Profile aufgeschlossen.

*Die Gesteine der OMM*

An die Stelle der granitischen Sandsteine der USM treten in den marinen Bezirken der OMM im Goldingertobel graugrüne, chlorit- und glaukonitreiche, stellenweise plattige Sandsteine, die den Luzernersandsteinen sehr ähnlich sehen. Das Korn ist durchwegs feiner als beim granitischen Sandstein; stellenweise läßt sich ein Übergang zu graugelben Mergelsandsteinen feststellen. Viele Varietäten sind ununterscheidbar von Sandsteinen, die zu Vergleichszwecken in der marinen OMM im Sitter-Urnäschprofil, im Goldachprofil bei St.Gallen und auf der Ufenau gesammelt wurden. Von typischen „Bächersandsteinen“ unterscheiden sich die Plattensandsteine des Goldingertobels durch die weniger regelmäßige Ausbildung der Platten. Ich habe auch nie Rippelmarks gefunden, die in den Bächersandsteinbrüchen die Plattenoberflächen fast durchwegs bedecken.

Die roten Feldspäte treten gegenüber dem granitischen Sandstein, mit Ausnahme einiger weniger Bänke, stark zurück. In diesen Bänken findet man oft Einlagerungen von grünen Mergelknollen, wie sie schon auf Seite 14 aus der USM beschrieben wurden. Die marinen Mergel aus dem Goldingertobel stimmen ebenfalls sehr gut überein mit marinen Mergeln aus den St.Galler Profilen. Wir finden blaugraue Schiefermergel, violett gefleckte, graublaue oder rötliche, oft auch etwas bituminöse Kalkmergel. Häufig sind auch glimmerreiche graue oder grüngelbliche sandige Mergel. Eingelagert in roten Kalkmergel wurde im Goldingertobel Gips gefunden.

In der limnischen Ausbildung der OMM finden wir an Stelle der glaukonitreichen Plattensandsteine graue, stellenweise gelbliche Kalksandsteine, ganz untergeordnet auch typisch granitische Sandsteine. Die Mergel sind ähnlich ausgebildet wie in der marinen Fazies; die violettfleckten Varietäten fehlen allerdings. Erwähnenswert ist ein grüner Mergelhorizont in der oberen OMM am Ausgang des Wattwiler Steintales, der viele eckige Komponenten verschiedener Gesteinsarten von maximal 1 cm Länge enthält. An verschiedenen Stellen wurde Süßwasserkalk von grauer oder rötlicher Farbe gefunden. Er bildet Bänke bis zu 30 cm Mächtigkeit.

Die Sandsteine und Mergel mariner, wie auch diejenigen limnischer Ausbildung enthalten an einzelnen Stellen Fossilien und oft Pflanzen und Kohleschmitzchen. Die Kohleführung kann stellenweise so mächtig werden, daß ein Abbau an Hand genommen wurde. Am bedeutendsten war der Abbau bei Echeltdwil an der Straße Bürg-Goldingen, wo auch in diesem Kriege mehrere hundert Tonnen Kohlen gefördert wurden. Der Abbau war nach Kohlenqualität und technischen Voraussetzungen günstig, hingegen nicht wirtschaftlich. Er wurde deshalb im Frühjahr 1943 eingestellt.\* (Angaben über die früheren Abbaue — 1842/43, 1870/71, 1917/19 — finden sich in Lit. 63, S. 215—217, Lit. 31, S. 217, und Lit. 62.) Neben diesen psammitischen und pelitischen Sedimenten nimmt in der OMM die Nagelfluh einen weiten Raum ein. Sie bildet bis 20 Meter mächtige Bänke. Besonders im Goldingertobel ist die Nagelfluh sehr kompakt; die Komponenten liegen eng aneinander, so daß man oft tiefe Eindrücke in einzelnen Gerölle beobachten kann. Das spärliche Bindemittel ist hier Kalkzement, während an der Rickenstraße ob Wattwil die auffallend kleingeröllige Basisnagelfluh eine sandige Einbettungsmasse aufweist. Die Nagelfluh der OMM ist ziemlich kleingeröllig; über faustgroße Gerölle sind selten.

Verschiedene Geröllzählungen ergaben einen Kristallinanteil von durchwegs über 10 Prozent (durchschnittlich 11 Prozent). Die Nagelfluh der OMM ist also als bunt zu bezeichnen. Weitere Angaben über Geröllbestand, Größe, Form und Rundung der Gerölle usw. werden im Kapitel „Untersuchungen an Nagelfluhgerölle“ (S. 41) gegeben.

### *Die OMM zwischen Zürichsee und Goldingertobel*

Die Zone der OMM erreicht über die beiden Zürichseeinseln Ufenau und Lützelau — von der Ufenau geben *Rutsch* und *Hürzeler* in Lit. 87, S. 349, eine umfangreiche Fossilliste — das Nordufer des Zürichsees bei Rapperswil. Die östlichsten Fossiltfunde in dieser Zone stammten bisher vom Kirchhügel von Jona, wo bereits *Arnold Escher von der Linth* „eine Mergellage mit

---

\* Für Angaben über den Kohlenbergbau bei Echeltdwil bin ich Herrn Prof. Dr. Leo Wehrli, Zürich, zu herzlichem Dank verpflichtet.

Turritella, Corbula usw.<sup>“</sup> entdeckte (Lit. 28). *Gutzwiller* (Lit. 44), *Rutsch* und *Hürzeler* (a. a. O.) haben diese Funde seither bestätigt und die Fossiliste vervollständigt. Aus den Befunden der letzteren Autoren ergibt sich, daß die Molassezone von Jona-Rapperswil-Ufenau zur normal marinen OMM gehört. Für einen einwandfreien paläontologischen Entscheid, ob die Schichten der Ufenau und von Jona ins Burdigalien oder ins Helvétien zu stellen seien, genügen die bisher gemachten Funde allerdings nicht. Die Fossilfundstelle am Kirchhügel von Jona ist heute zugemauert; die ersten Molasseaufschlüsse finden sich daher erst zirka einen Kilometer weiter östlich, bei Erlen und St. Dionys.

Aus der Ebene, die sich zwischen St. Dionys und dem Hügelzug am Nordufer des oberen Zürichsees ausbreitet, ragen mehrere markante Molasserundhöcker hervor, in denen wir neben Nagelfluh graue, gelb anwitternde plattige Sandsteine finden. Das südlichste und damit liegende Nagelfluhvorkommen tritt bei Au auf. Diese Nagelfluhbank stellt nach meiner Meinung — wie wir auf Seite 17 gesehen haben — die Grenze gegen die USM dar.

Im Rundhöcker nördlich St. Dionys streichen die Schichten  $80^{\circ}$  E und fallen mit  $41^{\circ}$  nach  $10^{\circ}$  W ein. Die Ausbildung der Sandsteine ist sehr ähnlich derjenigen der marinen Sandsteine aus dem Goldingertobel. Aus diesem Grunde glaube ich diesen ganzen nördlich der Straße Rapperswil-Eschenbach gelegenen Komplex zur marinen Ausbildung der OMM rechnen zu dürfen.

Nördlich davon findet man im Wäldchen, das sich parallel der Staatsstraße hinzieht, an verschiedenen Stellen neben Nagelfluh und Kalksandstein echten granitischen Sandstein aufgeschlossen. Plattsandsteine fehlen in den spärlichen Aufschlüssen vollständig. Die „untere marine Zone der OMM“ hat hier einem limnischen Zwischenkomplex Platz gemacht. Dieser läßt sich in vereinzelten Aufschlüssen bis zum Goldingertobel verfolgen, wo sein limnischer Charakter durch das Auftreten nicht näher bestimmbarer Süßwasserschnecken bestätigt wird. (S. 25.) Im Hangenden dieses „limnischen Zwischenkomplexes“ macht sich mit dem Auftreten von plattigen glaukonitreichen Sandsteinen ein neuer Meereseinbruch bemerkbar. In dieser „oberen marinen Zone der OMM“ habe ich bei Gibelsriet ob Eschenbach in einem Stollen in blauem, gelb anwitterndem Mergel verschiedene Fossilien gefunden, die Herr Dr. R. Rutsch in Bern freundlicherweise bestimmte.

Er machte mir über diese Fossilien folgende Angaben (briefliche Mitteilung):

„Unter dem mir gesandten Material aus der Gegend von Eschenbach (St. Gallen) lassen sich folgende Gattungen und Arten bestimmen:

*Meretrix* (*Cordiopsis*) *intercalaris* Coßmann & Peyrot (?)

*Turritella* (*Haustator*) *doublieri* Mathéron.

*Calyptraea* sp. ind. ?  
*Natica* sp. ind.

Obschon diese wenigen Formen zu einer ganz sicheren Altersbestimmung nicht genügen, ist eine Zuweisung zum Helvétien (St. Gallerschichten) ziemlich wahrscheinlich. Die kleine Fauna umfaßt nur marine Vertreter; irgendwelche Anzeichen für eine Brackwasser- oder Süßwasserfazies sind nicht vorhanden.“

Die Fossilien liegen in dem Aufschluß lagenweise geordnet in grauem Mergel. Zwischen den einzelnen Lagen folgen 20—30 cm sterile Mergel. Im ganzen Aufschluß wiederholt sich die Wechsellagerung von Fossilschichten — die Fossilien liegen in diesen Fossilschichten dicht aufeinander — und sterilen Mergeln bei einer Gesamttiefe des Aufschlusses von 3 m 10 mal. Der Mergel wird gegen das Hangende etwas sandig. Wir haben es also hier mit einer ausgesprochenen rhythmischen Sedimentation zu tun.

Aus der streichenden Fortsetzung gegen E sind mir größere Sandstein- und Mergelaufschlüsse erst wieder aus der Gegend von Echeltdwil zwischen Bürg und Goldingen bekannt. Hier suchen wir vergeblich nach weiteren marinen Ablagerungen; die „obere marine Zone der OMM“ ist seitlich in OMM limnischer Ausbildung übergegangen. An Stelle von glaukonitreichen Plattensandsteinen finden wir pseudogranitische und Kalksandsteine und rote Kalkmergel. Aus dem etwas tiefer gelegenen Bergwerk Echeltdwil hat mir Herr Dr. W. Wenz in Frankfurt am Main in verdankenswerter Weise folgende Fossilien bestimmt:

*Tropidomphalus* (*Pseudochloritis*) *zelli* (Klein)  
*Cepaea* *rhenana* (Maillard)  
*Cepaea* sp.

Dazu führte er aus (briefliche Mitteilung): „Soweit eine Bestimmung bei *Tropidomphalus* möglich ist, stimmt das Stück ganz mit dieser Form überein, die ich bisher nur aus dem Torton kenne. *Cepaea rhenana* kommt bereits im Helvet vor. Es könnte sich also vielleicht schon um Untertorton handeln.“

Da diese Fundstelle aber im Liegenden der Fundstelle von Gibelsriet liegt, der nach Rutsch Helvétienalter zukommt, stelle ich sie ins limnische Oberhelvétien. Die Basis der OSM muß aus diesen Gründen im unmittelbaren Hangenden der Gibelsrieter Fundstelle liegen. In der Tat tritt zirka 30 m im Hangenden im Eggwald eine Nagelfluhbank auf, deren grobe Geröllführung derart auffällig ist, daß es sich rechtfertigt, sie als Basis-konglomerat der OSM zu betrachten. Gutzwiller hat auf seiner Karte (Lit. 108) diese Bank ebenfalls zur Abgrenzung seiner USM und OSM benutzt. Wenn wir diese Grenznagelfluhzone OMM:OSM gegen W verfolgen, so kreuzen wir die Straße Eschenbach - Ermenschwil beim Kählenstich, wo die Grenznagelfluh als dreigeteilte Bank ausgebildet ist, und gelangen dann in die Hügelzone zwischen Tägernauer- und Eschenbachertal. Gegen E zieht

die Grenze über Letzi - Saalen - S Oberegg zur vordern Mühle im Goldingertobel.

Betrachten wir nun die Verhältnisse im Aabachtobel und Goldingertobel, das uns einen zusammenhängenden Einblick durch die gesamte OMM gewährt.

Wie wir auf S. 17 gesehen haben, setzt die OMM im Aabachtobel S Bauwil mit einer „Mergelzone mit eingelagerten feinkörnigen Sandsteinbänken“ ein. In dieser Zone wechseltlagern feinkörnige glaukonit- und chloritreiche Sandsteine, rötlich und violett gefleckte oder blaue Mergel miteinander. Selten treten bituminöse Mergellagen auf. Die Mergel überwiegen ungefähr im Verhältnis 4:1 über die Sandsteine. Mergel und Sandsteine stimmen faziell überein mit Vergleichsstücken aus der marinen OMM bei St. Gallen. Aus diesem Grunde rechne ich diesen Komplex zur „untern marinen Zone der OMM“, den wir bereits bei Au - St. Dionys angetroffen haben.

Nagelfluhbänke treffen wir allerdings im Aabachtobel keine mehr. Die Nagelfluhvorkommen von Au und St. Dionys keilen gegen E aus. Sie verdanken ihre Entstehung einem lokalen Schüttungsvorstoß durch einen seitlichen Deltaarm. Dieser führte, wie das östliche Auskeilen vieler Nagelfluhbänke zwischen Eschenbacher- und Tägernauertälchen beweist, während der ganzen Dauer der OMM ein selbständiges Dasein.

Die „Mergelzone mit eingelagerten feinkörnigen Sandsteinbänken“ weist 300—310 m Mächtigkeit auf. Die Schichten streichen mit  $75^\circ$  E und fallen mit durchschnittlich  $60^\circ/15^\circ$  W. Sie wird überlagert von der „Zone der Plattsandsteine“, in welcher chlorit- und glaukonitreiche Plattsandsteine mit graugelben sandigen oder blauen kalkigen, oft mit „Kohlehäutchen“ durchzogenen Mergeln wechseltlagern. Das Verhältnis Sandstein: Mergel ist ungefähr wie 4:1. In den Sandsteinen treten hie und da kleine Mergelknollen auf. Das Fallen der Schichten beträgt, bei unverändertem Streichen,  $50—55^\circ/15^\circ$  W. Die Seitenbächlein fließen fast durchwegs in Isoklinaltälchen, eingetieft in den Mergelschichten. Im Hangenden dieser 90—100 m mächtigen Zone setzt nun die Nagelfluhschüttung auch im Goldingertobel ein.

Unmittelbar im Liegenden dieser Basisnagelfluhbank wurden — erstmals 1931 durch J. Neher aus dem Zürcher geologischen Institut — in rotem Kalkmergel schmächtige Linsen von Fasergips gefunden. Von diesem Vorkommen berichtet schon Arnold Escher von der Linth in seinen Tagebüchern: „Nahe von Ennetbach soll sich im Tobel mehrere Fuß stark Gyps befinden.“ (Lit. 28)

Die Basisnagelfluh ist zweigeteilt durch ein schmächtiges Sandsteinband. Sie ist zirka 15 m mächtig. Die Geröllschüttung setzt unmittelbar ein. Nirgends sind in der liegenden Sandsteinbank Einzelgerölle als

Vorläufer zu finden. Eingeschwemmt in die Bank finden wir ein großes Schwemmkokohennest.

Über der Basisnagelfluh finden wir eine Wechselfolge von 10 Nagelfluhbänken wechselnder Mächtigkeit — 1 bis 20 m — und grauen Schiefermergeln. Die immer noch plattigen, glaukonitischen Sandsteine treten stark zurück. Die Schichtflächen der blaugrauen Schiefermergel sind oft — wie auch schon J. Neher (persönliche Mitteilung) festgestellt hat — ganz bedeckt mit Pflanzenabdrücken. Es konnten folgende Pflanzen bestimmt werden:

*Cinnamomum lanceolatum*  
*Saba maior*  
*Weiden, Laurusblätter und Beeren.*

Es gelang auch, schlecht erhaltene, nicht näher bestimmmbare Turritellen, Muscheln und unbestimmmbare zerbrochene Schalen zu finden und so die marine Ausbildung dieser Zone auch paläontologisch zu belegen. Die Mächtigkeit dieser marinen Nagelfluhzone beträgt zirka 250 m. Das Fallen, gemessen am Einfluß des Goldingerbaches in den kleinen Stausee (auf der Siegfriedkarte nicht eingezeichnet) beträgt  $32^\circ/12^\circ$  W. Im Streichen ist eine leichte Änderung nach  $78^\circ$  E zu konstatieren. Auffällig ist, wie die Nagelfluhbänke gegen W an Mächtigkeit verlieren, stellenweise sogar auf kürzeste Distanz auskeilen. So kann man an verschiedenen Stellen sehen, wie Bänke, die auf dem E-Ufer noch eine Mächtigkeit von 4—5 m haben, auf dem 20 m entfernten W-Ufer bereits vollständig verschwunden sind.

Der gewundene Verlauf des Goldingertobels ermöglicht, diese Nagelfluhzone fast in ihrer ganzen Mächtigkeit noch zweimal zu durchgehen. (Auf Blatt Schmerikon der Siegfriedkarte ist der Verlauf des Goldingertobels stark verzeichnet. Der Bachlauf ist viel stärker gewunden, als aus der Karte gelesen werden kann. Zur Profilaufnahme wurden deshalb Flugaufnahmen der Eidgenössischen Vermessungsdirektion verwendet.) Dabei bestätigt sich das Auskeilen der Nagelfluh gegen W aufs schönste. In den beiden Wiederholungen des Profils hat die Nagelfluh einen wesentlichen Anteil am Aufbau der Schichten. Wir können das Auskeilen in denjenigen Partien, in denen der Bach im Streichen fließt, direkt beobachten, indem viele Nagelfluhbänke gegen W sich durch Zwischenlagerung von Sandsteinbänken aufteilen und dadurch stark an Mächtigkeit verlieren. Dank der Repetition des Profils können auch sehr schön seitliche Übergänge von marinen Ablagerungen in limnische Sedimente verfolgt werden. Die Plattensandsteinbänke verschwinden gegen E. An einzelnen Stellen treten Süßwasserkalkbänke auf (zum Beispiel oberhalb der Stelle, wo der Weg Gerendingen - Ennetbach das Tobel kreuzt), die sich über größere Strecken verfolgen lassen. Im „Hundschopfítobel“, zwischen Riedern und Holz, wurden in blauem, leicht bituminösen Kalkmergel schlecht erhaltene Süßwasserschnecken gefunden.

Im Hangenden dieser „marinen Nagelfluhzone“ folgt eine Zone limnischer Ausbildung, in welcher wiederum Nagelfluh und Mergel wechseln. Diese entspricht dem „limnischen Zwischenkomplex“, der, wie wir auf S. 21 gesehen haben, die untere und obere marine Zone der OMM W Eschenbach trennt. Oberhalb der Mündung des Baches, der von Schwärze her kommt, habe ich in grauem sandigem Mergel eine Menge nicht näher bestimmbarer Süßwasserschnecken gefunden. Am Weg Neuhaus - Schwärze zeigt sich der limnische Charakter dieser Zone durch das Auftreten von Süßwasserkalk.

Unabtrennbar folgt über diesem limnischen Zwischenkomplex die durch Fossilien (siehe S. 22) als oberes Helvétien belegte kohleführende Molasse von Echeltdwil. Die Kohleführung dieses Molassesstreifens zeigt sich auch im Profil des Goldingertobels, zwischen Kalkofen und Krähbühl an. Wir finden hier, neben vielen Pflanzenabdrücken in grauen Kalksandsteinen, zahlreiche Kohlenflötchen von meist nur einigen Zentimetern Mächtigkeit. Weiter bachaufwärts folgt oberhalb der Mündung des Baches von der Käserei Goldingen her eine aufschlußlose Zone. An den spärlichen Aufschlüssen ob Echeltdwil und im genannten Bach läßt sich eine Vermergelung konstatieren. Aufschlüsse — die diese Vermergelung bestätigen — finden wir im Goldingertobel erst wieder unmittelbar im Liegenden der Basisnagelfluh der OSM bei Vorder-Mühle. Die gesamte limnische OMM weist im Goldingertobel eine Mächtigkeit von 450—460 m auf. Die Gesamtmächtigkeit der OMM im Goldingertobelprofil beträgt demnach:

4. Limnische Nagelfluhzone . . . . .	450—460 m
3. Marine Nagelfluhzone . . . . .	250 m
2. Zone der Plattensandsteine . . . .	90—100 m
1. Mergelzone mit eingelagerten feinkörnigen Sandsteinbänken . . . .	300—310 m
	1090—1120 m

Renz (Lit. 81, S. 105) gibt für die OMM bei St. Gallen eine Gesamtmächtigkeit von 800 m, bei Luzern von 1400 m an. Diese stetige Mächtigkeitsabnahme von W nach E läßt den Schluß zu, daß der Molassetrog zur Zeit der OMM im W stärker ausgeprägt war als im E.

Fassen wir das über die OMM zwischen Zürichsee und Goldingertobel gesagte kurz zusammen, so sehen wir, daß sich die OMM in

3. obere marine Zone der OMM,
2. limnischer Zwischenkomplex,
1. untere marine Zone der OMM

gliedern läßt.

Die „untere marine Zone“ läßt sich unmittelbar über der USM im ganzen Gebiet ausscheiden. Sie wurde nur nach lithologischen Gesichtspunkten von

der USM abgetrennt; paläontologische Belege fehlen bis jetzt östlich des Zürichsees. Westlich des Zürichsees ist sie durch die Fauna von Bäch (Lit. 87) als marines Burdigalien bestimmt.

Der „limnische Zwischenkomplex“, der zwischen Zürichsee und Eschenbach untere und obere marine Zone trennt, nimmt im Goldingertobelprofil infolge des seitlichen Übergehens der „oberen marinen Zone“ in limnische Ablagerungen den Raum der gesamten OMM über der „unteren marinen Zone“ ein. Das Alter dieser Zone ist durch Fossilfunde in Jona, Gibelriet, Echeltdwil als Helvétien festgelegt. Diese Fossilfunde, sowie zusätzliche aus verschiedenen Lokalitäten im Goldingertobel, stützen auch die auf lithologischer Grundlage gezogene Unterscheidung zwischen mariner und limnischer OMM.

Die Grenze gegen die OSM bildet im ganzen Gebiet eine Nagelfluhzone, die sich, besonders in der Umgebung von Eschenbach, durch sehr grobkörnige Geröllführung auszeichnet.

### *Die OMM zwischen Goldingertobel und Toggenburg*

Eine ähnliche Gliederung der OMM, wie wir sie im Goldingertobel gesehen haben, findet sich auch im Ranzachtobel: Über der oberaquitanen Mergelzone folgt oberhalb der Mündung des Gebertingerbaches ein 380 bis 400 Meter mächtiger Komplex, in dem chlorit- und glaukonitreiche plattige Sandsteine wechsellagern mit rötlichen gefleckten und dunkeln violetten Mergeln. Diese Zone entspricht, sowohl nach Ausbildung der Gesteine wie auch nach Mächtigkeit, der geröllfreien marinen OMM aus dem Goldingertobel. Eine Grenzziehung zwischen der liegenden „Mergelzone mit Einlagerung von Sandsteinen“ und der hangenden „Zone der Plattensandsteine“ ist hier allerdings so unsicher, daß ich diesen Komplex in seiner Gesamtheit als „geröllfreie marine OMM“ bezeichnen möchte.

Oberhalb der Rickenstraße setzt dann die Nagelfluhschüttung und — nach der Ausbildung der Mergel und der wenigen Sandsteine zu schließen — die limnische Ausbildung der OMM ein.

Der Hügelzug Höhegg-Tönnerlegg ist sehr arm an Molasseaufschlüssen. Am E-Ausgang des Dorfes Gebertingen tritt am Weg nach Vorder Schümburg feinkörniger glaukonitreicher plattiger Sandstein zutage. Dieser Aufschluß liegt in der „marinen Zone“ der OMM.

Die nächsten Molasseaufschlüsse größeren Ausmaßes finden wir erst im Bett des Rickenbaches oberhalb des Dorfes Ricken. Der Rickenbach fließt oberhalb des auf Seite 17 beschriebenen Aufschlusses bis oberhalb der Einmündung des Baches, der von Tönnerlegg her kommt, durch Schutt. Weiter bachaufwärts finden wir folgendes Profil (von unten nach oben):

1. Plättige graue Sandsteine, wie im Aabachtobel, wechsellarnd mit feinkörnigen granitischen Sandsteinen.

2. Mergelzone. Meist gebankte graue Kalkmergel, untergeordnet auch rotgefleckte Arten. Zirka 20 m mächtig.
3. Feinkörnige Nagelfluh mit Einlagen von feinkörnigem grauem Sandstein. Zirka 8 m mächtig.
4. Mergelzone. Graue sandige Mergel, gegen das Hangende Einlagerung von schlecht erhaltenen Turritellen und Muscheln. 2 m mächtig.
5. Geröllband. 0,2 m mächtig.
6. Süßwasserkalkbank. Der Süßwasserkalk ist recht oolithisch. Mit Turritellen und Muscheln. Zirka 0,2 m mächtig. Am Ufer sehr schlecht aufgeschlossen, dagegen im Bachbett unter Wasser sehr gut sichtbar.
7. Geröllband zirka 0,3 m mächtig.
8. Graue Sandsteinzone. Im Hangenden fließt der Bach durch Grundmoräne.
9. Plattensandsteine, nicht unterscheidbar von demjenigen im Goldingertobel, wechsellarnd mit grauen Kalkmergeln.
10. Nagelfluhbank, sehr feingeröllig, 2 m mächtig.
11. Graue Sandsteinzone mit Kohleschmitzchen und Blattabdrücken.  
Grundmoräne und Alluvium.
12. Wechsellarung von grauen sandigen und rötlichen kalkigen Mergeln.
13. Nagelfluhbank, feingeröllig, 1,5 m mächtig.

Fallen 30°/20° W. Streichen 70° E.

Wir befinden uns also hier in einer Zone, in der limnische, brackische und marine Sedimente wechsellartern. Das ist bei den komplexen Verhältnissen, die in einem Nagelfluhschuttfächer herrschen, der ins Molassemeer vorgeschoben wurde, nicht weiter verwunderlich. Dieser lithologische Befund wird auch durch die paläontologischen Belege gestützt.

Herr Dr. Rutsch, dem ich die gefundenen Fossilien zur Bestimmung einschickte, bemerkte dazu (briefliche Mitteilung):

„Es sind vorhanden:

*Pelecypode* indet. Die erhaltenen Merkmale lassen nicht entscheiden, ob eine marine oder eine Süßwasserform (Unionide) vorliegt.

*Melania?* sp. ind. Brackisch-Süßwasser, besonders in Flüssen.

*Turritella* sp. indet.? Marin. Bestimmung fraglich.“

Eine weitere Ausbeutung dieser Fossilfundstelle erwies sich leider als unmöglich, da alle anderen noch einigermaßen brauchbaren Stücke unter dem Wasserspiegel im Bachbett liegen. Vielleicht wird es später einmal, während einer ausgesprochenen Niederwasserperiode, möglich sein, einwandfrei bestimmmbare Fossilien zu bergen. Die Aufschlüsse im oberen Teil des Rickenbaches — dieser fließt zwar über große Strecken in Grundmoräne und Alluvium — rechne ich aus lithologischen Gründen zur limnischen OMM.

Im Hummelwald ist es mit Aufschlüssen in der OMM wiederum schlecht bestellt. Nur im Bächlein, das von der Heid her gegen Blautöbeli fließt, erhalten wir einen zusammenhängenden Einblick in eine Wechselsequenz von gelblich-grauen Sandsteinen und blauen sandigen oder kalkigen Mergeln.

Vereinzelt wurden in grauen sandigen Mergeln braune Schalentrümmer gefunden. Diese Zone — die ich zur limnischen OMM rechne — ruht auf einem Nagelfluhband, das bei zirka 900 m Höhe das Töbeli quert.

Sowohl am Hügelzug Höhegg-Tönnerlegg wie auch im Hummelwald läßt sich ein Auskeilen einzelner Nagelfluhbänke gegen W konstatieren. Mit andern Worten: die geröllführende OMM wird gegen E auf Kosten der geröllfreien Zone immer mächtiger, so daß an der Rickenstraße SW Wattwil die Nagelfluhschüttung bereits zu Beginn der OMM einsetzt. In dieser untersten Nagelfluhbank treten Linsen von rötlichgelbem Sandstein auf, der im Handstück nicht von Sandsteinen der OSM zu unterscheiden ist.

*Arnold Escher von der Linth* beobachtete über dieser Nagelfluhbank Mergel, die genau wie die marinen Mergel von St. Gallen aussehen (Lit. 28, Band III b, S. 277 e). In der Tat treten im Bächlein, das von Sedel her gegen Wattwil fließt, untergeordnet plattige Sandsteine auf, die im Handstück nicht unterscheidbar sind von marinen Plattensandsteinen aus dem Goldingertobel. Möglicherweise reichen also die östlichsten Ausläufer der marinen Molasse bis in die Gegend von Wattwil. Weiteren Einblick in die Ablagerungen der OMM gewähren uns das Hacktobel und das Wattwiler Steintal.

Im Hacktobel fehlen die Plattensandsteine. Der Bach quert, oft auf längere Strecken durch Moräne fließend, eine Wechselfolge von Nagelfluhbänken, Mergelzonen mit rötlichen kalkigen, blauen oder dumpfgrauen sandigen Mergeln und Süßwasserkalklagen. Stellenweise treten stark bituminöse Mergelbänder auf. Fossilien habe ich keine gefunden. Die ganze Schichtfolge macht durchaus den Eindruck, daß wir es hier mit limnischer OMM zu tun haben. Im Wattwiler Steintal sind unterhalb des ersten Wehrs in rauchgrauem sandigem Mergel schlecht erhaltene Pflanzen aufgeschlossen.

Darüber folgt bis zum Fuße der markanten Wand gegenüber Schloßwies eine Wechsellagerung von drei Nagelfluhbänken mit Mergeln, stellenweise recht „granitisch“ anmutenden Kalksandsteinen und Süßwasserkalklagen. In dem genannten markanten Steilabsturz finden wir in der auch auf der Siegfriedkarte eingezzeichneten Runse folgendes Profil (von oben nach unten):

19. 8 m Nagelfluh
18. 5 m Mergelzone gelblich
17. 10 m Nagelfluh
16. 3—4 m Mergelzone. Wechselfolge von rötlichen und gelblichen Mergeln
15. 15 m Nagelfluh
14. 3 m Mergel grau, gebankt
13. 5 m Nagelfluh
12. 3 m Sandstein gelb-rötlich
11. 20 m Nagelfluh ziemlich grobgeröllig

10. 0,5 m grüner Mergel mit Einlagerung von meist schwarzen, eckigen Komponenten, die sich nicht berühren (besonders gegen das Hangende)  
blauer sandiger Mergel
9. 0,05 m stark bituminöser Mergel
8. 1,5 m blauer sandiger Mergel, gegen das Hangende mit Kohleschmitzchen
7. 3 m gelb-rötlich gefleckter Mergel  
Schutt
6. 15 m Nagelfluh mit Sandsteineinlagen
5. 3 m Wechselfolge von gelblich-grauem Kalksandstein und blauem und grauem sandigem Mergel
4. 1 m Nagelfluh  
Schutt
3. 12 m Nagelfluh
2. 3 m roter sandiger Mergel, übergehend in blauen sandigen Mergel mit violetten Zwischenlagen
1. 5 m Nagelfluh

Fallen 25°/15° W. Streichen 75° E.

Dieses Profil vermittelt den Übergang von der limnischen OMM zur OSM. Ich lege die Grenze — in ungefährer Übereinstimmung mit Gutzwillers Karte — an die Basis der Nagelfluhbank 11. Interessant ist die damit als oberste OMM gedeutete Mergelzone 10. In grünem Mergel eingebettet liegen eckige Komponenten, die sich in der Regel nicht berühren. Ihre Größe beträgt maximal 1 cm. Die Einlagerungen spiegeln den Geröllbestand einer Nagelfluhbank „en miniature“ wieder. Man findet helle und rote Granite, Amphibolite (?), Radiolarite, schwarze Hornsteine, Quarzite und diverse — meist dunkle — Kalke. Mengenmäßig überwiegen die Quarzite. Die sehr schlechte Rundung der Geröllchen lässt auf einen sehr kurzen Transportweg schließen. Die Komponenten wurden sicherlich aus einer Nagelfluhbank im unmittelbaren Rückland aufgearbeitet. Die aufgearbeiteten Gerölle wurden möglicherweise durch Brandungswellen wild durcheinandergeworfen und zerschlagen und schließlich in den grünen Mergelschlick fallen gelassen. Für eine Herkunft dieser Geröllchen aus dem unmittelbaren Rückland spricht auch die Übereinstimmung im Geröllbestand der Nagelfluh der liegenden OMM mit demjenigen der Mergelzone 10. Eine Zählung in der Nagelfluh der OMM ergab einen Quarzitgehalt von 25 %, so daß wir, um das Überwiegen der Quarzite in der grünen Mergelzone zu erklären, nicht einmal auf eine starke Anreicherung dieser sehr transportresistenten Gesteine angewiesen sind.

Die Basisnagelfluh der OSM (Nr. 11 im Profil) quert das Steintal unter Quartär. Sie ist wieder aufgeschlossen bei der scharfen Kurve der Laadstraße vor Unterlaad. Dann zieht die Grenze, teilweise durch Moränen bedeckt, über Heid-Walde-Widen zur Vordern Mühle im Goldingertobel.

## Die obere Süßwassermolasse

(Tortonien-Sarmatien [?] OSM)

Die Ablagerungen der OSM nehmen den größten Teil meines Untersuchungsgebietes ein, da nördlich der auf der vorhergehenden Seite beschriebenen Basisnagelfluh der OSM bis zum Nordrand meines Arbeitsgebietes keine älteren Schichten mehr aufgeschlossen sind.

### *Die Gesteine der OSM*

Weitaus den größten Anteil am Aufbau der OSM nimmt die Nagelfluh ein. So finden wir beispielsweise in einem über 300 m mächtigen Profil am Schindelberg zusammengerechnet nur 20 m Mergel und Sandstein. Nagelfluhbänke von bis zu 50 m Mächtigkeit, nur von schmächtigen Sandsteinlinsen unterbrochen, können oft beobachtet werden. Gegen N tritt allerdings eine Auflockerung der Geröllschüttung ein. Die Mächtigkeit der Konglomeratzonen wird geringer; einzelne Bänke keilen aus und gehen in Sandstein über; aber auch am Hörnli treten noch bis zu 30 m mächtige Nagelfluhbänke auf. Auch die maximalen Geröllgrößen nehmen, wie nicht anders zu erwarten ist, gegen N ab. In der Basisnagelfluh der OSM ob Eschenbach messen die größten Gerölle — hier wie an den andern angegebenen Orten sind es Flyschsandkalke — über 50 cm, am Schindelberg 45 cm, bei Allenwinden am Hörnli noch 20 cm.

Häufig können an der Basis der Nagelfluhbänke wulstförmige Vorsprünge in die liegenden Mergel- oder Sandsteinschichten beobachtet werden. Diese Wülste können entweder mehr oder weniger einheitliche Streichrichtung aufweisen, oder aber sie verzweigen sich regellos nach verschiedenen Richtungen. Stellenweise sind die „Gräte“ der Wülste äußerst scharf ausgebildet. Nie habe ich ähnliche Beobachtungen an der Oberfläche einer Nagelfluhbank gemacht.

Meiner Ansicht nach sind diese Wülste als Ausfüllungen von Erosionsrinnen zu betrachten. Auf der flachen Strandplatte werden im Schlick regellose Rinnen wohl nach Art der Priele in den heutigen Wattenmeeren entstanden sein, die dann bei plötzlich einsetzender Überflutung mit Nagelfluhgeröllen zugeschüttet wurden.

Das Durchschnittsergebnis von 8 Geröllzählungen aus der untern Stufe der OSM ergibt einen Kristallingehalt von 14 %, während das Mittel aus 25 Zählungen in der mittleren und oberen OSM nur 6,5 % Kristallinanteil beträgt.

Die Nagelfluh der mittleren und oberen OSM im Hörnli-Schnebelhorngebiet ist also nicht, wie bisher angenommen wurde, polygon, sondern sie ist eine kristallinführende, stellenweise sogar ausgesprochen kristallinarne

Kalk/Dolomitnagelfluh. Für alle weiteren Angaben hinsichtlich Geröllbestand usw. verweise ich auf das Kapitel „Untersuchungen an Nagelfluhgerölle“ (S. 41). Eingehen möchte ich hier nur noch auf den merkwürdigen Horizont der Abtwiler Kalknagelfluh, des sogenannten „Appenzeller Granits“, der die OSM meines Untersuchungsgebietes durchzieht. Ausführliche Beschreibungen wurden schon von *Gutzwiller* (Lit. 44, S. 29), *Früh* (Lit. 34, S. 78), *Albert Heim* (Lit. 50, S. 48) und *de Quervain* (Lit. 80, S. 260) gegeben, so daß ich mich hier, unter Hinweis auf diese Literaturangaben, kurz fassen kann.

Die „Abtwiler Kalknagelfluh“ ist in typischer Ausbildung ein grauer oder beiger dichter Kalk, der erfüllt ist mit eckigen, schwarzen oder grauen Kalken, grauen und dunkeln Dolomiten, Quarziten, Hornsteinen und seltenen kristallinen Komponenten. Stellenweise macht dieser eigentliche „Appenzeller Granit“ auch gewöhnlicher Nagelfluh Platz. Diese ist ihrer Zusammensetzung nach meist Kalknagelfluh; auf Groß Rotstein habe ich aber in einer Zählung einen Kristallingehalt von 13,5 % gefunden, so daß hier auf einer kurzen Strecke die „Abtwiler Kalknagelfluh“ durch bunte Nagelfluh ersetzt wird. Oft kann auch beobachtet werden, daß die normal ausgebildete Nagelfluh, welche an Stelle der „Abtwiler Kalknagelfluh“ getreten ist, diesen in zerflaserten Linsen von wechselnder Mächtigkeit in sich führt.

Die Mächtigkeit des typischen „Appenzeller Granits“ schwankt stark. Im Gemeinrütiwald im Wattwiler Steintal beträgt sie stellenweise bis zu 3 m, bei Atzmännig dagegen nur 0,3—0,5 m. Auch die Art der Schichten im Hangenden und Liegenden wechselt von Lokalität zu Lokalität: Im Gemeinrütiwald liegt er auf gelbrötlichem sandigem Mergel, gegenüber Groß Rotstein auf braunem Süßwasserkalk und Sandstein, bei Atzmännig auf Nagelfluh. Über das Auftreten der „Abtwiler Kalknagelfluh“ orientiert die „Geologische Karte der Molasse zwischen Wattwil und Eschenbach“ (S. 36). Die schönsten Aufschlüsse findet man bei Schaufelberg im Tal des Rotenbach, wo auf der Schichtoberfläche eigentliche Karrenbildungen auftreten, ferner im Gemeinrüti- und Rumpfwald, im Wattwiler Steintal und bei Groß Rotstein.

Wesentlichen Anteil am Aufbau der Schichten der OSM nehmen neben der Nagelfluh die Mergel, während Sandsteine ziemlich zurücktreten.

Die Mergel treten in allen Farbennuancen von blau, rot, grün, gelb und grau auf, ohne daß einzelnen Färbungen Leitwert zukäme. Immerhin sind blau-grau/gelb-braune Farbtöne überwiegend. Die verschiedenen Mergelarten können im Aufbau einer Schicht in rascher Folge wechseln, wobei keine Regel in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Farbtöne festzustellen ist. Die Mergel sind oft fossilführend; Hauptträger sind die leicht bituminösen bläulichen, kalkigen oder schwach sandigen Varietäten. In Kalkmergeln kommt es häufig zu Knollenbildungen. Eine ähnliche Aufarbeitungszone wie

im Profil auf Seite 29 beschrieben wurde (Nr. 10), tritt auch im Hörnli-Gubel am Hörnli auf. Hier führt eine 2 m mächtige Bank von gelb-grauem sandigem Mergel eckige schwarze Kalkkomponenten. Die Sandsteine sind, mit Ausnahme der seltenen Vorkommen von granitischem Sandstein, graue, gelb-rötlich anwitternde Kalksandsteine. An zwei Stellen im Hörnligegebiet — in der Kiesgrube Rappenstein an der Straße Gfell-Allenwinden und im Tal Dingetswil-Hatterswil bei Tobel — habe ich Vorkommen von grobkörnigem blutrotem Sandstein entdeckt.

Alle Übergänge von reinem Sandstein über mergeligen Sandstein zu reinem tonigem Mergel können sowohl in horizontalem, wie auch in vertikalem Sinne festgestellt werden. Im allgemeinen bilden die Sandsteine nicht sehr mächtige Bänke, die mit Mergel oder Nagelfluhzonen wechsellagern. Als Beispiel führe ich ein Typprofil vom Rappenstein an der Straße Gfell-Allenwinden an (von oben nach unten):

21. Nagelfluh
20. 80 cm heller Kalkmergel
19. 40 cm grauer Kalksandstein
18. 60 cm heller Kalkmergel
17. 12 cm gelblicher Kalksandstein
16. 50 cm heller Kalkmergel
15. 60 cm grauer Kalksandstein
14. 30 cm gelblicher sandiger Mergel
13. 20 cm grauer Kalksandstein
12. 20 cm gelblicher sandiger Mergel
11. 60 cm grauer Kalksandstein
10. 40 cm grauer sandiger Mergel
9. 43 cm grauer Kalksandstein
8. 45 cm grauer sandiger Mergel
7. 20 cm grauer Kalkmergel, etwas sandig
6. 50 cm blauer Kalkmergel
5. 2 cm roter Kalkmergel
4. 18 cm blauer Kalkmergel
3. 9 cm roter Kalkmergel
2. 51 cm grauer Kalkmergel
1. grauer Kalksandstein

Wir haben also hier auf eine Schicht von 7 m Mächtigkeit zusammengedrängt eine neunmalige Folge von Mergeln und Sandsteinen. Dieser Zyklus setzt sich auch im Hangenden, über dem Nagelfluhbändchen 21, fort.

Ebenfalls am Rappenstein fand ich in einer taschenförmigen Vertiefung der Nagelfluh hellen, bläulich-weißen, grobkörnigen, unverkitteten Quarzsand.

Süßwasserkalke von einiger Bedeutung treten im Steinenbachtobel nördlich des Hörnli auf. Sie bilden hier bis 1,5 m mächtige Bänke, die sich in zwei Niveaux einordnen lassen. Beide Horizonte lassen sich durch die verschiedenen Seitentobel des Steinentals über eine größere Strecke verfolgen. Namen wie Kalchegg, Kalchofen usw. deuten darauf hin, daß der

Süßwasserkalk früher ausgebeutet und gebrannt wurde. Diesbezügliche Notizen finden wir in den Tagebüchern von *Arnold Escher von der Linth.* (Lit. 28.)

Molassekohlen habe ich an vielen Orten gefunden. Es handelt sich aber mit wenigen Ausnahmen um in der Ausdehnung stark beschränkte Schwemmkohlennester. *Letsch* (Lit. 63) gibt ein Verzeichnis der bedeutenderen Fundstellen, auf das ich hier verweisen möchte.

### *Die OSM zwischen Ricken und Hörnli*

Dank dem markanten Leithorizont des „Appenzeller Granits“, der sich quer durch mein Untersuchungsgebiet zieht, läßt sich eine untere Stufe der OSM von einer oberen Stufe trennen.

Die untere Stufe der OSM weist zirka 450 m Mächtigkeit auf. Sie ist eine ausgesprochene Nagelfluhzone: Zwischen den 15 bis 16 Nagelfluhbänken kommen nur sehr schmächtige Lagen von sandigen Mergeln und Sandsteinen vor. Fossilien habe ich in der „unteren Zone der OSM“ nur im Rumpfwald im Wattwiler Steintal gefunden. Es sind zerbrochene Schalen, die sich nicht näher bestimmen lassen.

Über der Abtwiler Kalknagelfluh setzt sich die starke Nagelfluhschüttung mit bis zu 50 m mächtigen Bänken fort. Die Mergel- und Sandsteinzwischenlagen sind sowohl in der Schwarzenberg - Welschenbergkette wie auch im Tößbergland so untergeordnet, daß sich mit ihrer Hilfe keine Aufgliederung der verbleibenden über 1000 m mächtigen Serie der OSM vornehmen läßt.

Im Schindelberg wie im Schnebelhornprofil ist das Verhältnis Nagelfluh zu Mergeln wie 9:1. Sandsteine treten sehr selten auf. Fossilien habe ich, wiederum mit Ausnahme einiger zerbrochener Schneckenschalen im Ribelboden unterhalb Schindelberg, im Tößbergland keine gefunden. Auch Stücke aus dem Gemeinrütihadl im Wattwiler Steintal konnten von Herrn Dr. Wenz in Frankfurt nur als „*Cepaea sp.*“ bestimmt werden. Erst am Hörnli treten infolge der Mächtigkeitsabnahme der Nagelfluhbänke bedeutendere Mergelzonen auf, so daß eine Gliederung der OSM versucht werden kann.

Dank der entblößten Westwand des Hörnli ist es möglich, ein von 800 m bis zum Gipfel (1137 m) reichendes genaues Profil aufzunehmen. Aufschlüsse in den zur Töß ziehenden Bachtobel, die das Hörnli allseitig durchschneiden, gestatten eine ziemlich lückenlose Fortsetzung des Profils bis 700 m Meereshöhe hinunter.

Im Lipperschwendibach und im Hörnental zeigt sich bei 710 m ein unterstes Nagelfluhband von wechselnder Mächtigkeit. Darüber, zwischen 730 und 760 m, folgt eine durch alle Tobel (Hörnental, Mehltofel, Waldsbergholz, Risigrund, Mahlerstöbeli) verfolgbare Bändergruppe. Im Hörnental

tal ist ein Schüttungsmaximum festzustellen, indem hier die Zone 730 bis 760 m ein ziemlich lückenloses Nagelfluhband bildet, während sie in den weiter südlich gelegenen Tobeln in einzelne Nagelfluhbänder durch Zwischenlagerung von vorwiegend blauem, leicht bituminösem Mergel mit viel Schneckenschalen aufgelockert ist.

Das nächste Nagelfluhvorkommen treffen wir bei zirka 780 m Höhe. Dazwischen liegt, wiederum in allen Tobeln sichtbar, eine fossilführende Mergelzone.

Für die höheren Schichten halten wir uns an das Profil, das in der Hörnliwestwand aufgeschlossen ist. Über der auch hier vorhandenen fossilführenden Mergelzone folgen sich bis 970 m Höhe sechs zum Teil über 30 m mächtige Nagelfluhbänder mit Zwischenlagen von meist schmächtigen Mergelbändchen.

Die gleiche Aufteilung der Nagelfluh in fünf bis sechs Bänder ist auch im Hörnental und im Mahlerstöbeli zu beobachten.

Bei 970 m Höhe wird die Hörnliwestwand durch eine zirka 30 m mächtige Mergelzone in zwei Teile getrennt. Der Anteil der Nagelfluh am untern Teil der Wand beträgt zirka 85 Prozent.

Die gleichartige Ausbildung dieser Schichten im ganzen engern Hörnligebiet und ihre ebenfalls im ganzen Gebiet gleichmäßige obere Abgrenzung durch die Mergelzone von 970 m im Hangenden gestatten es, die ganze unter 970 m liegende Serie als untere Hörnlischichten zusammenzufassen. Die Mergelzone von 970 m zeigt in der Westwand folgendes Profil (von oben nach unten):

28. 3 m sandige Mergel
27. 2,5 m Nagelfluh
26. 0,1 m rötliche Mergel
25. 0,05 m hellblau bis grünliche Kalkmergel
24. Unter Schutt 3 m rötlicher Kalkmergel, übergehend in blauen Kalkmergel
23. 3 m Nagelfluh
22. 0,2 m blauer sandiger Mergel, übergehend in blauen Kalkmergel
21. 0,2 m gelbgrauer sandiger Mergel
20. 0,1 m blauer Kalkmergel
19. 1,3 m gelbgraue sandige Mergel
18. 1 m Kalksandstein
17. 3 m Nagelfluh
16. 0,3 m Kalkmergel
15. 1 m Kalksandstein
14. 0,1 m grauer Kalkmergel
13. 2 m sandiger Mergel mit feinkörniger brekziöser Einlagerung von dunklen Kalken. Von oben nach unten nimmt die Menge der ungeordnet durcheinanderliegenden eckigen Kalksplitter zu
12. 0,1 m blauer Kalkmergel
11. 0,1 m rötlicher Kalkmergel
10. 0,1 m grauer Sandstein
9. 0,3 m rötlicher sandiger Mergel

8. 0,18 m gebankter Sandstein
7. 0,3 m sandig-kalkige Mergel
6. 0,03 m roter Kalkmergel
5. 0,14 m blaue bituminöse Mergel mit zerbrochenen Schalen
4. 1,28 m blaue bituminöse sterile Mergel
3. 1,35 m blaue Kalkmergel mit Fossilien
2. 2,6 m hellblaue Kalkmergel
1. x m bläuliche sandige Mergel

Diese auffallend nagelfluharme Zone läßt sich rund ums Hörnli nachweisen. Nach ihrer besonders schönen Ausbildung am Hörnligubel nenne ich sie **Hörnligubelzone**.

Im Hangenden der Hörnligubelzone setzt wiederum eine mächtige Nagelfluhschüttung ein. Sie wird durch dünne Sandstein- und Mergelzonen in sechs Bänder unterteilt. Diese Zwischenlagerungen, meist nur wenige Dezimeter dick, kommen morphologisch sehr schön zum Ausdruck, indem sie Anlaß zu Terrassenbildungen geben. Nur bei 1050 m Höhe ist die Nagelfluh durch eine zu gleichen Teilen aus Sandsteinen und sandigen Mergeln bestehende 8 m mächtige Zone fühlbar unterbrochen.

Die Ablagerungen dieses neuerlichen mächtigen Geröllvorstoßes nenne ich im Folgenden die „obern Hörlischichten“. Wir sehen also im Hörnliprofil eine Unterteilung der OSM in

3. obere Hörlischichten
2. Hörnligubelzone
1. untere Hörlischichten

Die Hörnligubelzone läßt sich nördlich des Fuchsloch, am Roten, noch gut nachweisen. Im Rotengubel beginnen sich von S her Nagelfluhbänke einzulagern. Sie zieht sich dann, als Terrasse morphologisch gut hervortretend, über die Hirzegg in die Abhänge des Schnebelhorns, wo sie sich verliert. Möglicherweise tritt sie in der Terrasse von Bauernboden nochmals auf.

In den untern Hörlischichten und in der Hörnligubelzone habe ich viele Fossilien gefunden. Sie sind aber meist stark deformiert, und auch die Oberflächenstruktur ist oft zerstört. Immerhin konnte Herr Dr. Wenz die folgenden Stücke bestimmen, die den limnischen Charakter und das tortone Alter der untern Hörlischichten und der Hörnligubelzone bestätigen:

- Cepaea silvana* (Klein)  
*Triptychia* (Tr.) *helvetica* Sandberger  
*Triptychia* (Tr.) sp.

Zu dieser letzteren Form bemerkte er (briefliche Mitteilung): „Eine Form, die schlanker als grandis ist, vermutlich *Tr. (Tr.) Teutonica Joos*, die mit der vorigen zusammen im Torton auftritt. Leider ist der Name nom. und., das heißt die Form ist niemals beschrieben worden und auch mein Material reicht vorläufig dazu nicht aus.“

In den „obern Hörlischichten“ habe ich am Hörnli selbst keine Fossilien gefunden, dagegen in der entsprechenden Zone am Roten. Die Fossilien waren aber derart schlecht erhalten, daß Herr Dr. Wenz eine genaue Bestimmung für unmöglich erklärte. Aus diesem Grunde kann die Altersfrage der oberen Hörlischichten vorläufig nicht auf paläontologischer Grundlage gelöst werden. Immerhin weist der neuerliche starke Geröllvorstoß darauf hin, daß wir es hier vielleicht mit posttortonischen, sarmatischen Sedimenten zu tun haben, eine Ansicht, die R. Staub übrigens schon lange vertreten hat. Bis aber durch Fossilfunde das sarmatische Alter dieser jüngsten Molasse meines Untersuchungsgebietes nachgewiesen ist, stelle ich sie ins oberste Tortonien. Die OSM zwischen Ricken und Hörnli läßt sich demnach wie folgt gliedern:

	<i>Vorkommen</i>	<i>Ausbildungsart</i>	<i>Mächtigkeit</i>
Obere Stufe der OSM	Schnebelhorngipfel Rotengipfel obere Hörlischichten	Starke Nagelfluhschüttung. Am Hörnli deutliche Neuschüttung. Zwischenlagern- de Schichten meist Sandsteine oder san- dige Mergel	200—250 m
Mittlere Stufe der OSM	Hörliguelzone	Mergelzone am Hörnli. Am Schnebelhorn im Plateau von Bauernboden schwach ausgeprägt	30—50 m
Untere Stufe der OSM	Tößbergland, Kreuzegg, Twer- alpspitz, untere Hörlischichten	Starke Nagelfluhschüttung. Zwischen- lagernde Schichten hauptsächlich Kalk- mergel. Im Wattwiler Steintal an der Basis recht grobgeröllig  Abtwiler Kalknagelfluh	750—800 m
	Vorderes Watt- wiler Steintal, Köbelsberg, Eggwald	Starke Nagelfluhschüttung, an der Basis sehr grobgeröllig. Einlagerungen von san- digen Mergeln und Sandsteinen, meist rötlich anwitternd	450—480 m

Wir erhalten so, übereinstimmend mit Renz (Lit. 81, S. 105) für die OSM eine Gesamtmächtigkeit von zirka 1500 m.

### *Die OSM zwischen Hörnli und Fischingen*

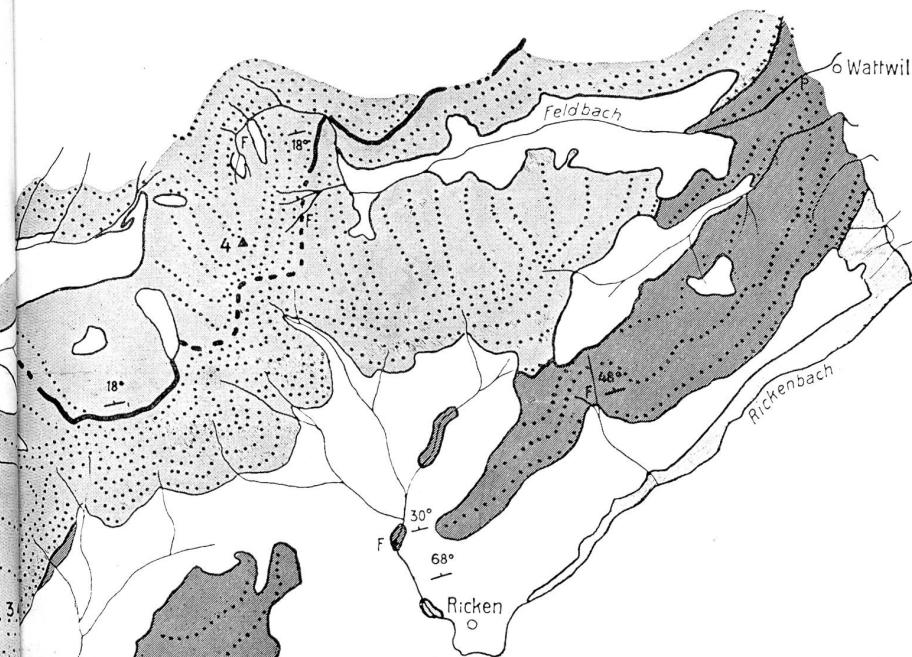
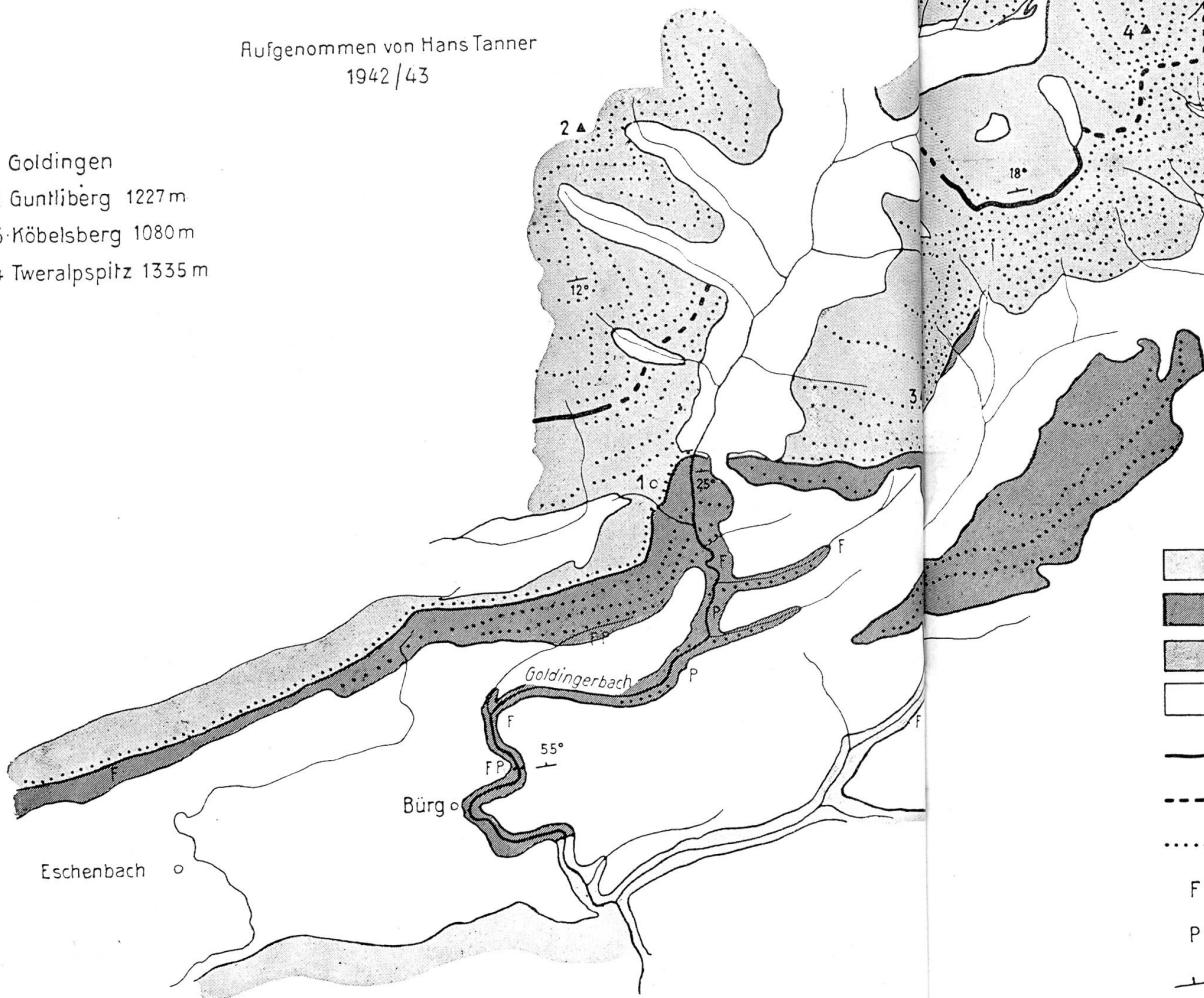
Nördlich des Hörnli beginnt der Anteil der Nagelfluh am Aufbau der Molasse — es handelt sich um die mittlere Stufe der OSM — immer stärker abzunehmen. Lokal tritt allerdings am Grat bei Bruderwald und am Burg-  
hügel der Alt toggenburg nochmals eine Zunahme der Geröllschüttung auf, die sich seitlich bis ins hinterste Steinental nachweisen läßt. Aber auch die Nagelfluhbänke dieses „Gratteilschuttkegels“ verlieren gegen N und W rasch an Bedeutung. Während in den Tobeln von Spitzegg und Hinterschwendi (südlich Au) die Nagelfluh noch durchaus dominierend ist und Bänder von über 10 m Mächtigkeit vorkommen, nehmen bei Ackerwies,

# Geolog. Karte der Molasse zwischen Wattwil und Eschenbach

1:50'000

Aufgenommen von Hans Tanner  
1942 / 43

- 1 Goldingen
- 2 Guntliberg 1227m
- 3 Köbelsberg 1080m
- 4 Tweralpspitz 1335 m



## Legende:

- Untere Süßwassermolasse. Aquitan
- Obere Meeressmolasse (limnische u.marine Anteile) Burdigal - Helvet.
- Obere Süßwassermolasse. Torton.
- Quartär
- „Appenzeller Granit“ in typ. Ausbildung
- „Appenzeller Granit“ in Nagelfluhausbildung
- Hauptnagelfluhzonen.
- F Fossilfundstellen
- P Pflanzenfundstellen
- Streichen + Fallen

## Geolog. Profil der Molasse zwischen Ricken und Hörnli

Masstab 1:50'000

NW

Ru 696m  
Grat 998m

Silberbühl 1035m

Hörnli 1137m

Huftegg  
Replisplitz 1059m

Roten 1151m

Hirzegg 1091m

Warte 1207m

Schnebelhorn 1293m

Hüttkopf 1235m

Dägelsberg 1269m

Welschenberg 1314m  
Schwarzenberg 1289m

Goldingertal

"Brüche"

Kreuzegg 1317m

Kegelboden 1317m

Tweralpspitze 1335m  
"Rippenzeller Granit"

Tönnernegg 997m

Ricken 790m

SE

H. Tanner 1944

Rotbühl und weiter gegen W Sandsteine und Mergel immer mehr deren Platz ein. Zum selben Ergebnis kommt man bei einer Zusammenstellung der Profile aus der Gegend zwischen Grat und Fischingen. Die Mächtigkeit der Nagelfluhbänder nimmt ab; oder sie keilen ganz aus. Allerdings können plötzlich lokale Mächtigkeitszunahmen an vielen Stellen beobachtet werden. (Besonders schön zeigt sich das an der Abzweigung der neuen Waldstraße nach Balmweid von der Straße Fischingen - Au.)

In diesem nördlichsten Teil meines Untersuchungsgebietes habe ich an vielen Stellen, besonders im Murgtal, Fossilien gefunden. Deren Bestimmung durch Herrn Dr. Wenz ergab die Übereinstimmung mit den bereits zitierten Stücken aus dem engeren Hörnligegebiet.

## Tektonik

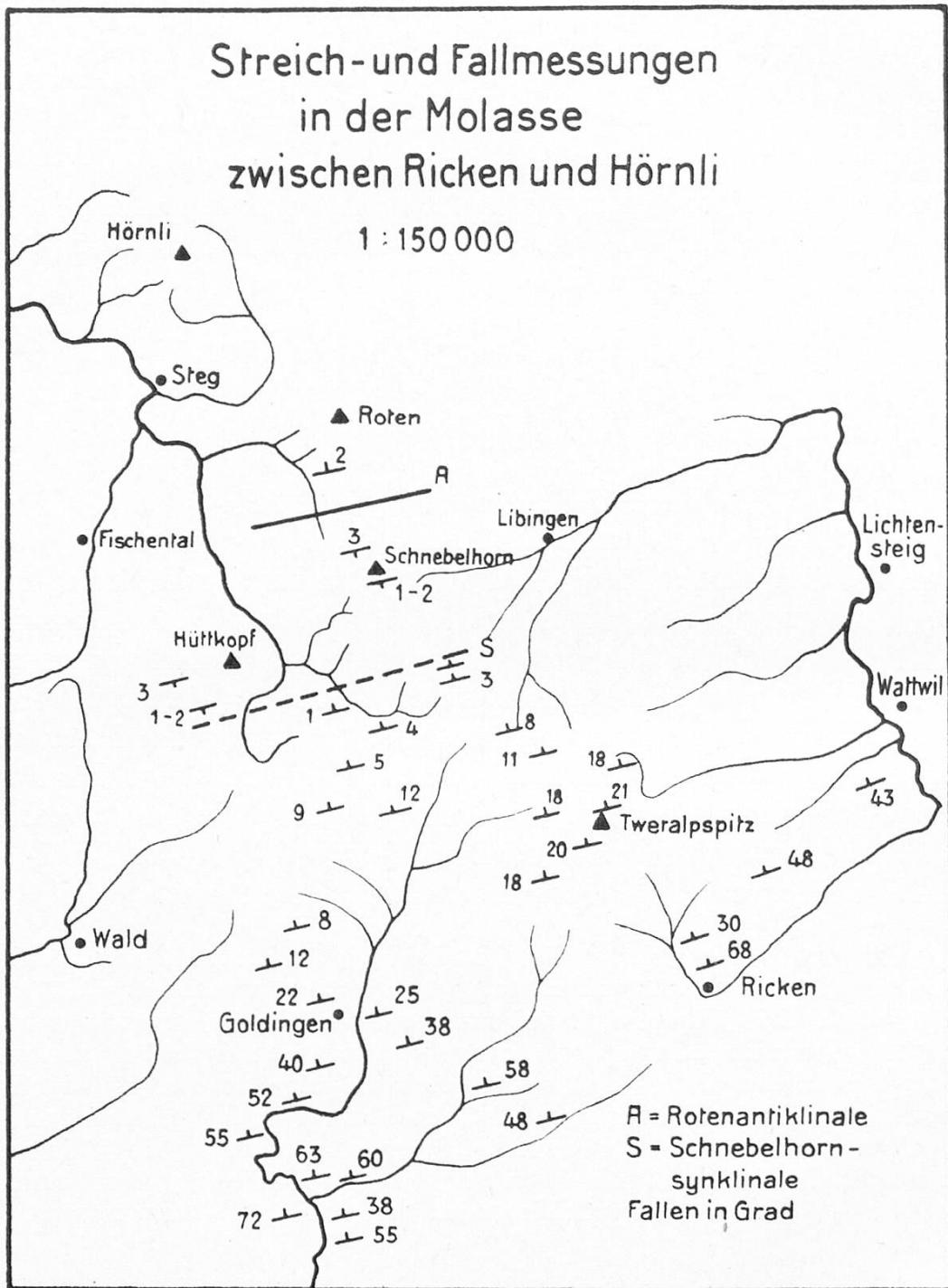
### **Die Zone der „nördlichen Antiklinale“**

Den Südrand meines Untersuchungsgebietes nimmt, wie wir im vorhergehenden Kapitel gesehen haben, die zur USM gehörende „Zone des granitischen Sandsteins“ ein. Diese bildet, wie schon lange bekannt, einen meist steil NNW fallenden Schichtkomplex, welcher von Renz (Lit. 81) und andern früheren Autoren als normaler Nordschenkel der ostschweizerischen nördlichen Antiklinalzone A<sub>1</sub> betrachtet wurde. Ausgehend von Lagerungsstörungen, die sich auch in meinem Untersuchungsgebiet im Aabachtobel bemerkbar machen, postuliert neuerdings Habicht (Lit. 46) für den S-Rand dieser Zone einen anormalen Unterschiebungskontakt.

Er führt dazu folgendes aus: „Hiebei ist der Begriff ‚Unterschiebung‘ wörtlich so verstanden, daß infolge vermehrter Pressung das Chattien unter das Aquitan hineingepräßt und dabei in eine generell steil nord-nordwest-fallende Lagerung gezwängt wurde.“ Die eigentliche „Randunterschiebung“ verläuft nach Habicht unmittelbar im S meines Arbeitsgebietes. Sie erreicht vom Neckertal her, wo bei Neckerau der Unterschiebungskontakt direkt aufgeschlossen ist, das Thurtal bei Kappel und zieht dann durch die Nordhänge des Regelsteins in die Gegend von Gommiswald-Uetliburg, um weiter westlich in die eigentlichen Kernstörungen der südlich folgenden Antiklinale Uznacherberg-Pfäffikon — der „nördlichen Hauptantiklinale“ — einzumünden.

Im Aabachtobel finden wir in der Tat, wie aus dem Kärtchen der „Streich- und Fallmessungen in der Molasse zwischen Ricken und Hörnli“ ersehen werden kann, starke Unregelmäßigkeiten im Schichtfallen. So fallen die Schichten am Tobelausgang mit 55°/15° W, um dann rasch flacher zu werden. Vor der Einmündung der Ranzach tritt aber plötzlich wieder eine starke Steilstellung ein. Eine ähnliche Erscheinung, wenn auch in weit kleinerem Maße, wiederholt sich einige hundert Meter bachaufwärts.

Diese Störungen sind — wenn die Randunterschiebung im Sinne Hacobichts zu Recht besteht — als sekundäre Unterschiebungen innerhalb der USM aufzufassen. Südliche Teile der granitischen Sandsteinzone wären da-



bei infolge der Unterschiebung des Chattien unter das Aquitan etwas nach N verschleppt und unter nördliche Partien dieser Zone gepreßt worden. Leider ist im Aabachtobel keine Stelle aufgeschlossen, wo diese Sekundärunterschiebung direkt beobachtet werden könnte; die kritische Zone liegt unter starker Schuttbedeckung.

Ob diese Randunterschiebung tatsächlich besteht, läßt sich in meinem Arbeitsgebiet nicht entscheiden. Wir müssen deshalb auch die andere Möglichkeit für die Deutung dieser Unregelmäßigkeiten in Betracht ziehen, daß wir es in der NNW fallenden Schichtserie des Aabachtobels mit dem normalen N-Schenkel der A<sub>1</sub> zu tun haben. Da aber die A<sub>1</sub> am Regelstein nach den Angaben von *Baumberger* (Lit. 10), *Renz* (Lit. 81) u. a. keine normale Antiklinale, sondern eine Antiklinalaufschiebung darstellt, wären die Störungen im Aabachtobel lediglich als lokale Verstellungen im Gefolge der Bildung dieser „Regelsteinaufschiebung“ zu deuten.

Im Streichen der Schichten kann man gegen E eine leichte Änderung feststellen. Im Aabachtobel streichen die Schichten durchschnittlich mit 75° E, während im Bett des Rickenbachs bei Ricken ein Streichwinkel von 70° E gemessen werden kann. Wir erkennen in diesen Streichdifferenzen ein leichtes Herumschwenken um das widerstandsbietende Nagelfluhzentrum des Hörnlifächers. Dieses „Umfließen“ des Hörnli-Schnebelhorngebietes wird auch von *Habicht* (Lit. 46) und *Ludwig* (Lit. 72) bestätigt.

### Die tektonischen Verhältnisse im Tößbergland

In den Bergen nördlich des Ricken, am Tweralpspitz und an der Kreuzegg, kann man ein gleichmäßiges Abnehmen des Fallens gegen N feststellen. Am Schindelberg, auf der Pooalp und auf der Schwemmi am Tößstock fallen die Schichten nur noch ganz flach — mit 1 bis 3° — nach NNW ein. Wir erreichen die „horizontale Molasse“ der früheren Autoren. Hier finden wir aber, im Gegensatz zu den Angaben von *Gutzwiller* (Lit. 44), keine vollkommene horizontale Lagerung, sondern konstatieren leichtes S-Fallen der Nagelfluhplatten. Dieses S-Fallen — genauer SSE-Fallen — beträgt an der Scheidegg 1 bis 2°, am Hüttkopf und Schnebelhorn 3°. Wir sehen also in der „horizontalen Molasse“ Gutzwillers eine deutlich ausgeprägte, etwas asymmetrisch gebaute Synklinale, die ich die „Schnebelhornsynklinale“ nennen möchte. Im Streichen dieser Synklinale läßt sich gegen E eine leicht nördliche Abbiegung feststellen, parallel dem im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Herumschwenken der tiefern Schichten am Ricken um das Widerstandszentrum des Hörnli.

Nördlich des Schnebelhorns, an der Hirzegg und am Roten tritt an die Stelle des S-Fallens ein schwaches N-Fallen, das sich aber auf der N-Seite des Fuchslochs am Hörnli nicht mehr feststellen läßt. Wir sehen also, daß sich zwischen der flachliegenden Molasse am Hörnli und der Schnebelhornsynklinale eine schwach ausgeprägte Antiklinale — ich nenne sie Rotenantiklinale — einschaltet.

*Zingg* (Lit. 106, S. 4) hat im Zürichseegebiet ebenfalls flachwellige Verbiegungen der Molasse festgestellt, die sich schön mit der Schnebelhorn-

synklinale und der Rotenantiklinale verbinden lassen. Seine Molasseantiklinale streicht von der Halbinsel Au nach Männedorf und — mit einer leichten Abbiegung nach N — über Herschmettlen in den Bachtel hinein. Die Synklinale verfolgte er von Wädenswil über Stäfa bis Wolfhausen. Denkt man sich die Antiklinale nach E fortgesetzt, gelangt man S an Fischenthal vorbei in die Rotenantiklinale, während die konstruierte Fortsetzung der Synklinale N Wald vorbeizieht, um im Sattel zwischen Scheidegg und Schwarzenberg ungefähr mit der Schnebelhornsynklinale zusammenzutreffen. Die Molasseantiklinale ist am Zürichsee allerdings stärker ausgeprägt als in meinem Untersuchungsgebiet. Das ist leicht damit zu erklären, daß sich die nagelfluhähmern Schichten im Zürichseegebiet wesentlich leichter verbiegen ließen, als die widerstandsfähigen Schichtpakete im Zentrum des Hörnlischuttkegels.

In der östlich an mein Arbeitsgebiet anschließenden Molasse wurden bis jetzt keine Aequivalente zur Schnebelhornsynklinale und Rotenantiklinale gefunden. Das schwache S-Fallen am Schnebelhorn wurde schon von *Alb. Heim* (Lit. 50, S. 189) festgestellt, von ihm aber als flexurartiges Abbiegen der Molasseschichten im Vorland der eigentlichen dislozierten Molasse infolge eines Absinkens des gesamten Alpenkörpers nach erfolgter Molassebildung gedeutet.

Das Bestehen einer alpinen Randabsenkung ist von vielen Forschern aus den verschiedensten Gründen angezweifelt worden. *R. Staub* machte sogar in Lit. 92 (S. 177) auf ein heute noch andauerndes Aufsteigen der Massivschwelle aufmerksam. Betrachten wir nun die Verhältnisse in meinem Untersuchungsgebiet, so sehen wir, daß ein flexurartiges Abbiegen der flachliegenden Molasse zu einer alpinen Randabsenkung im Gebiet zwischen Töltal und Toggenburg nicht besteht — eine Tatsache, auf die auch *Staub* in Lit. 93 (S. 240) hinwies —, sondern daß sich zwischen flachliegender Molasse und Randabsenkungszone eine flache Antiklinale einschiebt. Ähnliche Feststellungen hat auch *Rutsch* aus der Umgebung von Bern gemacht (Lit. 86). Aus diesem Grunde fasse ich die Verbiegungen in der Molasse des Tößberglandes als normale, wenn auch schwach ausgeprägte Antiklinale und Synklinale auf, die als letzte Ausläufer der Molassedislokation aufzufassen sind. (Siehe dazu auch *R. Staub*, Lit. 93.)

### **Brüche in der Molasse zwischen Ricken und Hörnli**

Eigentliche Brüche wurden meines Wissens bisher aus meinem Untersuchungsgebiet noch nirgends beschrieben, während ihr Vorkommen in tektonisch stärker beanspruchten Molasseregionen schon lange bekannt ist. Ich habe Bruchbildungen — es handelt sich sowohl um meist ungefähr senk-

recht zum Streichen stehende Querbrüche, wie auch um allerdings seltene Längsbrüche — an verschiedenen Stellen beobachtet. Die Verschiebungen — in vertikalem, wie in horizontalem Sinne — sind allerdings klein. Sie erreichen auch in den alpennächsten Gebieten (St. Dionys, Basisnagelfluh der OSM ob Eschenbach) keine größeren Beträge als 20—30 cm, während sie im Tößbergland nur noch einige Zentimeter betragen. Auf den oft sehr scharfen Bruchflächen treten meist Rutschharnische auf. In vielen Fällen werden Gerölle durch die Bruchflächen entzweigespalten und die eine Hälfte gegenüber der andern verschoben.

Im Hörnligebiet habe ich bis jetzt keine Brüche mit wenn auch noch so geringen Verschiebungsbeträgen festgestellt. Fast jede Nagelfluhbank ist zwar zerklüftet; diese Klüftungen dürften aber weniger auf tektonische Beanspruchungen als auf Diagenese zurückzuführen sein. Durch Diagenese entstandene Klüfte sind auch in meinem übrigen Arbeitsgebiet beinahe in jeder Nagelfluhbank anzutreffen.

Im Streichen dieser Klüfte lässt sich keine bevorzugte Richtung feststellen.

## **Untersuchungen an Nagelfluhgerölle**

Nagelfluhuntersuchungen haben, neben der rein statistischen Erfassung des Geröllbestandes einer Nagelfluhzone, den Zweck, Aufschluß über die Heimat der Gerölle und über Länge und Art des Transportes zu geben.

### **Quantitative Nagelfluhuntersuchungen**

#### **Methode**

Um den quantitativen Anteil der einzelnen Gesteinsklassen am Aufbau der Nagelfluh festzustellen, ist es nötig, Geröllzählungen vorzunehmen. *Früh* ist einer der ersten, welcher solche Zählungen durchführte. Er zählte und bestimmte innerhalb einer Nagelfluhwandfläche von 1 m<sup>2</sup> sämtliche Komponenten. In neuerer Zeit ist man von der Flächenzählung aus theoretischen Gründen abgekommen, da ihr, wie besonders *Liechti* (Lit. 68, S. 54) dargelegt hat, gewisse Fehler anhaftan können, und ist zur räumlichen Auszählung übergegangen.

Über die Anzahl der auszuzählenden Gerölle, die nötig ist, um ein zuverlässiges Bild des Geröllbestandes eines Aufschlusses zu erhalten, herrschen bei den verschiedenen Autoren stark voneinander abweichende Auffassungen. So zählte *Escher-Heß* (Lit. 30) in einzelnen Zählungen bis zu 2400 Gerölle, *Liechti* 700—1000, *Renz* minimal 300 Komponenten aus. Geröllzählungen werden mit verschwindenden Ausnahmen im Freien und nicht

im Laboratorium durchgeführt. Es ist deshalb nicht gleichgültig, wieviel Zeit für eine Zählung aufgewendet werden muß. Da ich bei meinen Nagelfluhuntersuchungen nicht nur, wie die oben zitierten Autoren, die petrographische Angehörigkeit der Gerölle, sondern auch Form und Rundung jeder einzelnen Komponente bestimmte, ergab sich naturgemäß ein weit größerer Zeitbedarf. Ich reduzierte deshalb die Zahl der auszuzählenden Komponenten auf 200 pro Zählung. Diese Anzahl wählte ich, nachdem ich in einer ganzen Reihe von Probezählungen die Erfahrung gemacht hatte, daß bei richtiger Auswahl der Zählstelle, mit geringen Ausnahmen, tatsächlich der ganze Geröllbestand eines Aufschlusses in der Zählung enthalten war. Der Zeitaufwand ist auch so noch recht groß, indem ich für eine Zählung und Messung, die ich ohne Partner durchführte, durchschnittlich 6—7 Stunden benötigte. Wenn man das Glück hat, einen eingearbeiteten „Protokollführer“ zur Verfügung zu haben, ermäßigt sich der Zeitbedarf auf 4—5 Stunden pro Zählung und Messung von 200 Gerölle.

Bei meinen Geröllzählungen unterschied ich, um einen Überblick über die Korngrößenverteilung der Nagelfluh zu erhalten, folgende vier Größenklassen:

- I unter 29 mm
- II 30—74 mm
- III 75—119 mm
- IV über 120 mm Durchmesser, gemessen an der längsten Achse.

Aus Zweckmäßigkeitssgründen zählte ich keine Gerölle unter 10 mm Achsenlänge, da sie eine einwandfreie Bestimmung im Felde in den wenigsten Fällen zulassen.

Seit langem unterscheidet man bunte oder polygene und Kalknagelfluh. Ich habe diese Unterscheidung beibehalten und folge der Definition von Renz (Lit. 81, S. 95). Ich betrachte also nur Nagelfluh mit 10 und mehr Prozent Kristallingehalt (ohne Quarzite) als bunt.

Wenn man sich bei der Charakterisierung der Nagelfluh nur an die Resultate von Geröllzählungen hält, können sich aus folgenden Gründen verfälschte Ergebnisse einstellen:

1. Wie schon Gutzwiller (Lit. 44) bemerkte, sind die Kristallingerölle der miozänen Nagelfluh meist so stark verwittert, daß sie beim Herauslösen aus der Wand sogleich zerfallen und so in der Zählung leicht unberücksichtigt bleiben.
2. Die Korngröße der Nagelfluh ist sehr unterschiedlich. Die kleinen und kleinsten Gerölle überwiegen numerisch bei weitem, während volumenmäßig die viel selteneren, bis kopfgroßen Gerölle dominieren. Im Resultat der Zählung kommt aber nur der prozentuale Anteil der einzelnen Gesteinssorten an der Menge der Gerölle, nicht aber an ihrem Gesamtvolume zum Ausdruck.

Um diesem Übelstand abzuhelfen, schlägt *Habicht* (persönliche Mitteilung) folgende Methode vor:

Man schätzt das Verhältnis der Volumenanteile der Gesteinsarten am Aufbau der Nagelfluhbank. Die Darstellung des Ergebnisses wird mit Hilfe einer Formel vorgenommen, in der sich die Gesteinsarten in der Reihenfolge ihres Volumanteils folgen. Eine Abstufung in dieser „Rangfolge“ wird dadurch erzielt, daß je nach der Größe des Unterschiedes, der zwischen zwei sich folgenden Geröllarten besteht, eine oder mehrere >> eingesetzt werden. Es ergibt sich also zum Beispiel folgende Formel:

Dolomit >> Flyschsandstein, graue Kalke > Quarzit, das heißt Dolomit stark überwiegend. Volummäßiger Anteil ungefähr doppelt so groß wie derjenige der folgenden Gruppe. Flyschsandstein und graue Kalke halten sich die Waage, überwiegen ihrerseits aber wieder deutlich über Quarzit.

So ist es möglich, mit wenig Zeitaufwand eine Beschreibung der Zusammensetzung der Nagelfluh zu geben. Selbstverständlich kann diese Methode nicht etwa die Geröllzählungen überflüssig machen; aber mit ihrer Hilfe wird es möglich sein, die erwähnten Mängel der Geröllzählung etwas zu beheben. Außerdem gestattet es der geringe Zeitbedarf, den diese Beschreibung benötigt, die Nagelfluh von viel mehr Stellen zu charakterisieren, als es bei der alten Auszählmethode möglich war.

Um die Geröllgrößenverteilung einer Nagelfluhbank noch besser charakterisieren zu können, habe ich schließlich noch folgendes Verfahren durchgeführt: Ich suchte eine Stelle mittlerer Zusammensetzung in der Nagelfluhbank und zählte auf 1 m<sup>2</sup> Fläche die Anzahl der Gerölle der Größenklassen III und IV. Mit Hilfe dieser von Bank zu Bank schwankenden „Präsenzzahl“ für die großen Gerölle ist es möglich, sich ein wesentlich besseres Bild über die Geröllgrößenverteilung in einer Bank zu machen.

Zum Schluß möchte ich noch zusammenfassend den Ablauf einer Geröllzählung angeben, da Vergleichungen von Resultaten von Geröllzählungen, die nach verschiedenen Methoden ausgeführt wurden, wesentlich an Wert einbüßen gegenüber Zählungen, bei denen nach gleichen Gesichtspunkten gearbeitet wurde.

1. Nach Auswahl der Zählstelle wurden stark verwitterte kristalline Komponenten so gut als möglich noch im Anstehenden bestimmt und gemessen, um einem Verlust beim Herauslösen der Probe vorzubeugen.
2. Es wurde ein Block herausgelöst und in einem Sack in seine Einzelkomponenten zerlegt.
3. Aus diesem Sack wählte ich, ohne hineinzusehen, 50 Gerölle aus, die ich ausmaß und bestimmte. Dadurch konnte vermieden werden, daß ich nach Raritäten suchte, die dann in der Zählung in zu großer Anzahl aufgetreten wären.

Die restlichen im Sack befindlichen Gerölle wurden weggeworfen. Das wiederholte ich viermal, bis die benötigten 200 Gerölle ausgezählt waren; diese stammen also aus vier verschiedenen Mustern, die aber alle von der gleichen Wandstelle losgelöst wurden.

4. Nachher durchsuchte ich den Aufschluß nach allfälligen Raritäten, die noch nicht in der Zählung enthalten waren, ohne sie aber nachträglich in die Zählung einzubeziehen.
5. Nun erfolgte die Schätzung der Volumenanteile nach Methode Habicht (S. 43) und die Bestimmung der „Präsenzzahl“ für die großen Gerölle (S. 43).
6. Schließlich wurden bei jeder Zählung noch Angaben über Verwitterung der Gerölle, Art, Farbe, Härte des Bindemittels, Eindrücke in Geröllen, allfällige Rutschharnische und Kluftbildungen gemacht.

Auf Anregung von Herrn Professor *Leupold* suchte ich nun auch noch statistisch-rechnerisch nachzuweisen, inwiefern diese empirisch als ausreichend empfundene Anzahl von 200 Komponenten methodologisch einwandfreie Resultate ergibt. Wenn eine Nagelfluhbank an einer Zählstelle statistisch zufallsmäßig durchmisch ist, dann läßt sich auch angeben, innerhalb welcher Fehlergrenzen ein aus dieser Nagelfluh genommenes Muster von  $n$  Geröllen die wahre prozentuale Zusammensetzung der Nagelfluh repräsentiert. Es kann dann auch eine relativ kleine Anzahl von ausgezählten Komponenten — wie groß diese Anzahl ist, bleibt zu überprüfen — die wahre Zusammensetzung innerhalb als zulässig angenommener Fehlergrenzen ergeben.

Zunächst habe ich die Zusammensetzung der Nagelfluh an einzelnen Zählstellen (nicht an allen) einer „Prüfung auf Homogenität“ unterworfen. Zu dieser Frage der Homogenität ist folgendes zunächst vorauszuschicken:

Es ist klar, daß wir eine sehr große Schwankung in der Zusammensetzung der Nagelfluh aus Geröllen verschiedener Gesteinsarten dann bestimmt erhalten, wenn wir zu kleine Volumina der Nagelfluh betrachten. Denn in einem kleinen Volumen der Nagelfluh, sagen wir innerhalb eines Kubikdezimeters, spielt die absolute und relative Größe der Gerölle der verschiedenen Gesteinsarten bereits eine zu große Rolle. Innerhalb eines so kleinen Volumens finden überhaupt zu wenig Gerölle Platz, als daß alle Gesteinsarten mit einigermaßen sicheren Prozentzahlen vertreten sein können. Zwischen einzelnen Nagelfluhproben der Größenordnung von Kubikdezimetern würden wir deshalb extreme Schwankungen in der prozentualen Geröllzusammenstellung konstatieren.

Anderseits ist es klar, daß, wenn wir zu große Volumina der Nagelfluh betrachten, zum Beispiel den Inhalt einer ganzen Bank auf größere vertikale oder horizontale Erstreckung, ebenfalls eine größere Schwankung in der Zusammensetzung zu erwarten ist. Hier spielen dann schon systematische Differenzen infolge zeitlicher Veränderungen in der Geröllführung der Flüsse, abhängig von Veränderungen in den Aufschlüssen des Hinterlandes, Veränderung im Stromstrich der Deltaflüsse usw., eine Rolle.

Gerade solche räumliche Verschiedenheiten in der mittleren Geröllzusammenstellung in horizontaler oder vertikaler Richtung wollen wir aber mit unseren Geröllzählungen schließlich feststellen.

Homogenität in der Zusammenstellung der Nagelfluh können wir demnach nur innerhalb eines Volumens erwarten, das einerseits zu groß ist, als daß die Größe der einzelnen Gerölle noch eine Rolle spielt und doch klein genug ist, daß nicht bereits systematische Unterschiede durch zeitliche oder räumliche Veränderungen in der Geröllführung der aufschüttenden Flüsse eine Rolle spielen.

Es wird hienach deutlich, daß wir eine bestimmte prozentuale Mischung aus Geröllen verschiedener Gesteinsarten nur dann erwarten können, wenn wir die Zusammensetzung eines bestimmten, nicht zu kleinen und nicht zu großen Volumens aus der Nagelfluh in Betracht ziehen. Wir können zum Beispiel annehmen, daß eine homogene Zusammensetzung in diesem Sinne innerhalb eines oder mehrerer Kubikmeter der Nagelfluh eines Aufschlusses verwirklicht ist. Wenn wir eine genügende Zahl von Geröllen aus einem solchen Aufschluß auszählen, so werden wir ein richtiges Bild von der prozentualen homogenen Zusammensetzung innerhalb des Aufschlusses erhalten.

Beide Voraussetzungen müssen aber empirisch zunächst einmal überprüft werden. Denn es wäre an sich durchaus denkbar, daß die verschiedenen Geröllsorten bereits innerhalb eines einzelnen Aufschlusses von einigen Kubikmetern Ausdehnung schlecht durchmischt sind, das heißt, daß schon in einem solchen Bereich die zeitlichen und räumlichen Veränderungen in der Geröllführung der Deltakanäle sich geltend machen würden. Wir haben demnach zu überprüfen:

1. ob die Gerölle verschiedener Gesteinsarten innerhalb des Bereiches eines einzelnen Aufschlusses bereits derart zufallsmäßig durchmischt sind, daß innerhalb eines solchen Aufschlusses oder einer Zählstelle von einer homogenen Zusammensetzung überhaupt gesprochen werden kann; und
2. ob in diesem Falle die Auszählung von 200—300 Geröllen, wie sie gewöhnlich bei Geröllzählungen gehandhabt wird, genügt, um von der prozentualen Zusammensetzung dieser homogenen Mischung bereits ein genügend genaues Bild zu erhalten. Zu diesem Zwecke müssen wir festzustellen suchen, mit welchen Fehlergrenzen eine solche Zählung behaftet ist.

Erst wenn die Homogenität innerhalb einer einzelnen Zählstelle vorausgesetzt werden darf und wenn bekannt ist, mit welchen Fehlergrenzen eine Auszählung von 200—300 Stück diese homogene Zusammensetzung wieder gibt, sind wir imstande, Unterschiede, welche zwischen den Zählungen von verschiedenen Zählstellen auftreten, daraufhin zu beurteilen, ob sie auf systematischen Veränderungen in der an jeder Zählstelle in sich homogenen Nagelfluh beruhen. Und solche systematische Veränderungen in lateralem oder vertikalem Sinne innerhalb des Schuttfächers oder zwischen ver-

schiedenen Schuttfächern bezwecken wir ja mit unseren Zählungen festzustellen.

Bei der Frage der Homogenität und der Fehlergrenzen, innerhalb welcher die homogene Zusammensetzung durch die Auszählung wiedergegeben wird, handelt es sich um ein statistisches Problem, das in manchen anderen praktischen Fragen der Naturwissenschaften (insbesondere Biologie) bereits das Interesse beansprucht, in unserem Falle aber noch nicht genügend Beachtung gefunden hat. Wir können uns das hier vorliegende Problem am ehesten mit Hilfe eines Urnenschemas vergegenwärtigen. Stellen wir uns eine sehr große Urne vor, gefüllt mit einer Mischung sehr zahlreicher Kugeln, sagen wir zum Beispiel 200 000 roten und 800 000 weißen Kugeln. Bei sorgfältiger Durchmischung stellt der Inhalt einer solchen Urne ein ideales statistisches Modell für ein in unserem Sinne homogenes Konglomerat dar, mit einer mittleren Zusammensetzung von 20 % roten und 80 % weißen Geröllen. Wenn wir aus einer solchen Urne Muster, sagen wir vom Umfang von je 100 Geröllen, ziehen, so werden wir in solchen Mustern auch bei unserem idealen Urnen-schema nicht jedesmal genau 20 rote Kugeln auf 80 weiße Kugeln ziehen. Die tatsächlich in einer Reihe solcher 100-Muster gezogenen Anzahlen roter Kugeln werden auch in diesem idealen Falle einer homogenen Urnen-mischung um einen Mittelwert  $\bar{x} = 20$  schwanken. Wir werden infolge der oft „effect of sampling“ genannten Erscheinung zum Beispiel in einer Anzahl von solchen Ziehungen von je hundert Kugeln Werte von  $x_1, x_2 \dots x_n$  erhalten, wie: 19, 18, 21, 18, 20, 22 usw. Die Häufigkeit, mit welcher die einzelnen Abweichungen ( $x - \bar{x}$ ) vom Mittelwert 20 in einer langen Reihe von Hundertermustern erscheinen, entspricht bei großer Anzahl solcher Ziehungen der Häufigkeitsverteilung der sogenannten Gaußschen Fehler-kurve. Falls größere Abweichungen von dieser Häufigkeitsverteilung auftreten, dann ist offenbar die zufallsmäßige Durchmischung des Kollektivs nicht gewährleistet oder die Musterziehung wurde nicht zufallsmäßig vor-genommen.

In unserem Falle ist die in der Urne primär gegebene theoretische prozentuale Beteiligung der verschiedenen Geröllarten an der Mischung von einigen Kubikmetern des Konglomerates nicht bekannt, sondern muß durch die Probeentnahme und Zählung erst ermittelt werden. Außerdem ist auch nicht bekannt, ob die Durchmischung der Gerölle dem idealen Urnenschema entspricht. Beides kann aber mit Hilfe von Versuchen festgestellt werden. Veranstalten wir auch in diesem Falle mehrere Ziehungen von je hundert Geröllen, so werden auch hier die jeweilen gezogenen Anzahlen, sagen wir der roten Gerölle, um einen Mittelwert schwanken, den wir als die beste Schät-zung für den in der ganzen Masse des Konglomerates an der Zählstelle vor-handenen Prozentsatz von roten Geröllen betrachten dürfen. Ein solcher arithmetischer Mittelwert existiert immer, selbst wenn die Durchmischung ungenügend ist.

In den Abweichungen ( $x - \bar{x}$ ) vom Mittelwert ist:

1. sowohl diejenige Schwankung enthalten, welche zufallsmäßig auch beim idealen Urnenschema auftritt, als auch
2. eine etwaige durch unvollkommene Durchmischung entstehende Schwankung.

Ob eine solche nicht rein zufallsmäßige, sondern auf unvollkommener Durchmischung, also Unhomogenität innerhalb der einzelnen Zählstelle, beruhende Schwankung neben der zufallsmäßig auftretenden vorhanden ist, kann ermittelt werden mit Hilfe der sogenannten  $\chi^2$ -Methode. Diese beruht auf mathematischen Ableitungen ursprünglich von Pearson und „Student“. Die Methode ist auf die Probleme der Sedimentanalyse noch kaum angewendet worden; es wird aber neuerdings in Krummborns und Pettijohns „Manual of sedimentary petrography“ (1938, Lit. 61) ausdrücklich auf die Wichtigkeit dieser statistischen Methode hingewiesen. Ein einziges sedimentpetrographisches Beispiel, mit dieser Methode durchgerechnet, findet man bisher publiziert (Lit. 26); es behandelt den dem unseren vollkommen analogen Fall der prozentualen Anteile der verschiedenen Mineralien an der Zusammensetzung der Schwermineralfraktion eines Sediments.

Es ist hier nicht der Ort, die mathematisch-statistischen Grundlagen der  $\chi^2$ -Methode auch nur zu skizzieren. Hinsichtlich der Berechnungsmethode sei folgendes angedeutet. Es seien I, II, III, IV vier Muster, gezogen aus demselben Geröllkollektiv. Es seien in diesen vier Mustern von, sagen wir, je 50 Gerölle die vier Geröllkategorien A, B, C, D ausgezählt worden, so daß sich das Resultat der Zählungen in folgender Tabelle darstellen läßt:

	Muster	I	II	III	IV
Gesteinsgruppe	A . . . .	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
	B . . . .	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
	C . . . .	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
	D . . . .	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
Arithmetisches Mittel	. .	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	$\bar{d}$

Dabei bedeutet  $a_1$  die Anzahl der Gerölle der Gesteinsgruppe A in Muster I usw.

Es sind dann durch die ganze Tabelle die 16 Werte von der Form  $\left( \frac{a_1 - \bar{a}}{\bar{a}} \right)$

usw. zu berechnen und zusammenzuzählen. Die Summe stellt den Wert von  $\chi^2$  dar. Auf Grund des  $\chi^2$ -Wertes und der Anzahl  $n$  der untersuchten Muster ergibt sich aus einer  $\chi^2$ -Tabelle, wie sie zum Beispiel Fisher (Lit. 32) publizierte, eine bestimmte, zwischen 0 und 1 gelegene Wahrscheinlichkeit P. Ein P-Wert von zum Beispiel 0,8 besagt, daß Abweichungen, wie sie im konkreten Beispiel die erhaltenen Zahlen  $a_1, a_2, b_1, \dots, c_1, \dots, d_1$  gegen-

über den zugehörigen Mittelwerten  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{c}$ ,  $\bar{d}$  zeigen, in mindestens 80 % der Fälle auch dann noch erreicht oder gar übertroffen würden, wenn 4 Muster von 50 Geröllen zufallsmäßig aus einer Urne gezogen wurden, welche die Komponenten im Verhältnis  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{c}$ ,  $\bar{d}$  und in idealer zufallsmäßiger Durchmischung enthält.

In diesem Falle ist die Voraussetzung, daß die vorliegende Probe einem als homogen zu betrachtenden Gemisch entstamme, offenbar zulässig. Wenn aber der P-Wert beispielsweise unter 0,01 fällt, so heißt das, daß Abweichungen, wie sie die untersuchten vier Muster bezüglich der Mittelwerte zeigen, bei Ziehungen aus einer homogen durchmischten Urne zufallsmäßig nur in 1 % der Fälle auftreten würden, so daß in diesem Falle die Hypothese der Homogenität in Frage gestellt ist.

Zur Tabelle (S. 49) und zu den graphischen Darstellungen (s. Beilage) ist noch beizufügen: Es wäre sehr wünschenswert gewesen, die Homogenität der Durchmischung auch hinsichtlich der seltenen Gesteinsarten, wie sie in der Hörnlinagelfluh zum Beispiel das Kristallin darstellt, zu überprüfen. Es ist aber zu berücksichtigen, daß die Anwendung der  $X^2$ -Methode unsicher wird, wenn die Mittelwerte zu klein werden. Dieser Fall tritt aber ein, wenn die Anzahl der betreffenden Gesteinsart in einer Einzelprobe bedeutend unter 10 sinkt. Bei Mustern von je 50 Geröllen ist dies für eine ganze Reihe von Geröllarten der Fall. Um eine korrekte Anwendung der  $X^2$ -Methode wenigstens zur Überprüfung der homogenen Mischung der häufigen Geröllarten Kalke (Gruppe A), Dolomite (Gruppe B), Sandsteine (Gruppe C) zu ermöglichen, wurden die seltenen Geröllsorten zu einer Restgruppe D zusammengefaßt.

### Resultate der $X^2$ -Methode

1. Für die große Mehrzahl der Zählstellen ergibt sich ein hoher P-Wert; das heißt, die Abweichungen in der Zusammensetzung der verschiedenen Muster von je 50 Geröllen sind als durchaus gering und zufallsmäßig anzusehen. Sie widersprechen keineswegs der Hypothese, daß diese verschiedenen Muster Proben aus einer zufallsmäßig völlig durchmischten, in unserem Sinne homogenen Geröllkollektion darstellen.
2. Einzig die Zählstelle Fuchsloch mit einem P-Wert von 0,04 — bewirkt durch sehr starke Schwankung im Gehalt der Gruppen C und D ( $m^* = 36,5$  resp. 21,5 %) — fällt aus diesem Rahmen merkbar heraus. Nur in 4 von 100 analogen Zählversuchen würden so hohe Abweichungen von den Mittelwerten auftreten, so daß sich hier bei homogener Mischung der Verdacht der Inhomogenität innerhalb der Zählstelle aufdrängt.
3. Aus Punkt 1 ergibt sich:
  - a. Mit der Zählung von 4 resp. 5 Mustern à 50 Geröllen, total 200—250 Stück, erhält man Prozentzahlen, die die Zusammensetzung der Zähl-

Tabelle I. — Statistische Auswertung von Geröllzählungen aus dem Hörnli-Schnebelhorngebiet

Muster	I	II	III	IV	s	m	M	m*	$\chi^2$	P
<i>Laadberg</i>									6,3752 / 0,71	
Kalke . . . .	14	14	12	9	2,38	1,19	12,25	$\pm$ 9,72 %		
Dolomite . . . .	16	15	14	11	2,16	1,08	14	$\pm$ 7,72 %		
Sandsteine . . . .	5	8	7	7	1,27	0,63	6,75	$\pm$ 9,3 %		
Rest . . . . .	15	13	17	23	4,31	2,16	17	$\pm$ 12,7 %		
<i>Fätzikon</i>									3,8273 / 0,92	
Kalke . . . .	15	18	16	22	3,1	1,55	17,75	$\pm$ 8,75 %		
Dolomite . . . .	14	15	12	11	1,828	0,914	13	$\pm$ 7,02 %		
Sandsteine . . . .	6	6	5	5	0,574	0,287	5,5	$\pm$ 5,23 %		
Rest . . . . .	15	11	17	12	2,4	1,2	13,75	$\pm$ 8,7 %		
<i>Libingen E</i>									5,4251 / 0,75	
Kalke . . . .	17	16	14	14	1,52	0,76	15,25	$\pm$ 4,98 %		
Dolomite . . . .	17	18	23	19	2,76	1,38	19,25	$\pm$ 7,16 %		
Sandsteine . . . .	9	6	3	8	2,64	1,32	6,5	$\pm$ 20,03 %		
Rest . . . . .	7	10	10	9	1,412	0,706	9	$\pm$ 7,85 %		
<i>Libingen W</i>									8,723 / 0,40	
Kalke . . . .	16	10	19	13	3,87	1,94	14,5	$\pm$ 13,4 %		
Dolomite . . . .	22	29	17	20	5,1	2,55	22	$\pm$ 11,6 %		
Sandsteine . . . .	6	4	7	8	1,72	0,86	6,25	$\pm$ 13,75 %		
Rest . . . . .	6	7	7	9	1,27	0,635	7,25	$\pm$ 8,75 %		
<i>Fuchsloch</i>									17,70 / 0,04	
Kalke . . . .	24	22	16	18	3,65	1,82	20	$\pm$ 9,1 %		
Dolomite . . . .	16	9	13	15	3,14	1,07	14,25	$\pm$ 8,15 %		
Sandsteine . . . .	4	9	3	2	3,28	1,64	4,5	$\pm$ 36,5 %		
Rest . . . . .	6	10	18	15	5,34	2,67	12,25	$\pm$ 21,5 %		
<i>Bauernboden</i>									9,045 / 0,40	
Kalke . . . .	10	17	13	10	3,32	1,66	12,5	$\pm$ 13,5 %		
Dolomite . . . .	25	15	27	26	5,26	2,63	23,25	$\pm$ 11,6 %		
Sandsteine . . . .	8	10	5	8	2,06	1,03	7,75	$\pm$ 13,25 %		
Rest . . . . .	7	8	5	6	1,29	0,64	6,5	$\pm$ 9,9 %		
<i>Schnebelhorngipfel</i>									13,969 / 0,14	
Kalke . . . .	13	19	22	21	4,04	2,02	18,75	$\pm$ 10,8 %		
Dolomite . . . .	19	15	19	10	4,26	2,13	15,75	$\pm$ 13,5 %		
Sandsteine . . . .	7	8	5	13	3,4	1,7	8,25	$\pm$ 20,5 %		
Rest . . . . .	11	8	4	6	2,98	1,49	7,25	$\pm$ 20,5 %		
Muster	I	II	III	IV	V	s	m	M	m*	
<i>Schindelberg 1050 m</i>									17,7072 / 0,15	
Kalke . . . .	22	26	12	20	16	5,4	2,4	19,2	$\pm$ 12,5 %	
Dolomite . . . .	19	15	24	19	27	4,72	2,14	20,8	$\pm$ 10,1 %	
Sandsteine . . . .	5	2	8	7	2	2,76	1,23	4,8	$\pm$ 25,7 %	
Rest . . . . .	4	7	6	4	5	1,31	0,58	5,2	$\pm$ 11 %	
<i>Schindelberg beim Gasthaus</i>									4,5881 / 0,97	
Kalke . . . .	14	17	14	17	15	1,59	0,712	15,4	$\pm$ 4,15 %	
Dolomite . . . .	24	18	21	18	19	2,55	1,16	20	$\pm$ 5,7 %	
Sandsteine . . . .	5	10	8	8	10	2,05	0,915	8,2	$\pm$ 11,15 %	
Rest . . . . .	7	5	7	7	6	0,894	0,391	6,4	$\pm$ 6,1 %	

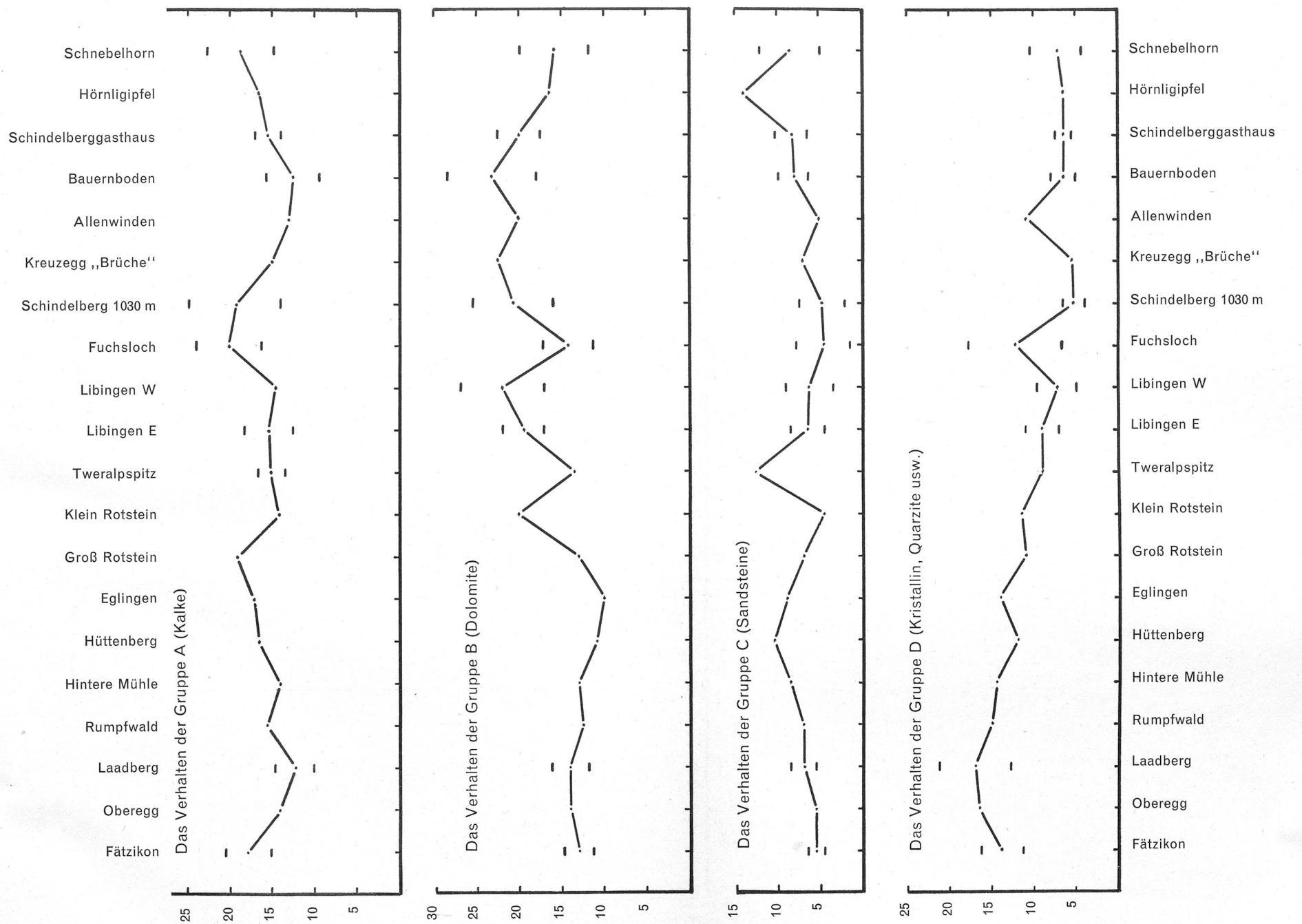
stellen hinsichtlich der Hauptkategorien (Kalke, Dolomite, Sandsteine, Restgruppe) sehr zuverlässig wiedergeben.

- b. Nur wenn zuverlässige Prozentzahlen auch für die in der Gruppe D zusammengefaßten Gesteinstypen (z. B. Kristallin für sich) verlangt werden, muß die Größe der auszuzählenden Einzelmuster noch beträchtlich vergrößert werden (100—200 Stück).
- c. Aus dem Resultat dieser Prüfungen auf Homogenität innerhalb einzelner Zählstellen ergibt sich, daß unter Umständen schon recht geringe Unterschiede in den Prozentwerten von Zählungen von 200 Geröllen verschiedener Zählstellen als systematische Veränderungen in der Geröllmischung interpretiert werden dürfen.
- d. Anderseits können diese Resultate als Warnung dienen, daß Wert auf solche Unterschiede nur gelegt werden darf im Zusammenhang mit vorangegangenen Untersuchungen über Schwankung und Homogenität innerhalb der einzelnen Zählstellen nach der hier angewandten Methode.

Für die Beurteilung des Wertes, welcher den Abweichungen der mittleren prozentualen Zusammensetzung zwischen einzelnen Zählstellen zugeschrieben werden darf, ist von Wichtigkeit, wie groß die Schwankung an jeder einzelnen Zählstelle ist. Bekanntlich sind allgemein in der Beurteilung der Unterschiede zweier Mittelwerte  $\bar{x}_1$  und  $\bar{x}_2$  in erster Linie die Standardabweichungen  $S_1$  und  $S_2$  („mittlerer Fehler“) der beiden Kollektive von Bedeutung. Die Werte  $\frac{S_1}{\sqrt{n_1}}$  und  $\frac{S_2}{\sqrt{n_2}}$  stellen die mittleren Fehler

$m_1$  und  $m_2$  dar, mit welcher die beiden Mittelwerte  $M_1$  und  $M_2$  infolge des „effect of sampling“ behaftet sind. Die Mittelwerte müssen deshalb korrekt in der Form  $M \pm m$  angegeben werden, wie dies in der Tabelle I, S. 49 geschehen ist. Der mittlere Fehler  $m$  wird oft auch in die Form des Variationskoeffizienten  $m^*$  umgerechnet nach der Formel  $m^* = \frac{m}{M} \cdot 100$ .

Die in Prozenten angegebenen Variationskoeffizienten, wie sie in der Kolumne  $m^*$  der Tabelle angegeben sind, gestatten ohne weiteres die Schwankung der verschiedenen Mittelwerte zu vergleichen. Um die Bedeutung der Differenz zweier Mittelwerte zu beurteilen, kann man sich auf die folgende Regel stützen: Liegen Mittelwerte weiter auseinander als um den Betrag von  $2m$ , dann können wir mit hohem Sicherheitsgrade behaupten, daß die beiden Mittelwerte zwei sich systematisch unterscheidenden Kollektionen angehören. Bei zufallsmäßiger Entnahme von Mustern aus einem homogenen Kollektiv kommt es nämlich unter 100 Versuchen nur 5mal vor, daß der Mittelwert eines Musters um mehr als  $2m$  vom Gesamtmittelwert der Kol-





lektion abweicht. Weichen deshalb Mittelwerte um mehr als 2 m voneinander ab, so ist es umgekehrt sehr unwahrscheinlich, daß die Proben einer einzigen Kollektion entstammen.

Entsprechend dieser Regel habe ich den in den graphischen Darstellungen auf der Beilage aufgetragenen mittleren Prozentgehalten der Gruppen A, B, C, D jeweilen auch die zugehörigen Grenzwerte von + 2 m und — 2 m hinzugefügt. Aus diesen Darstellungen ergibt sich, daß mittlere Prozentwerte zweier Zählstellen, welche außerhalb der jeweiligen 2-m-Grenze fallen, als positive Unterschiede in der Geröllzusammensetzung der betreffenden Zählstelle zu werten sind. Fallen die mittleren Prozentzahlen zweier Zählstellen innerhalb der jeweiligen 2-m-Grenze, so ist ein systematischer Unterschied der Geröllzusammensetzung der beiden Zählstellen nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Aus den graphischen Darstellungen (s. Beilage) kann

1. die durchschnittliche Anzahl M der Gerölle der vier Gruppen A bis D an verschiedenen Zählstellen und
2. die Größe der Schwankung 2 m an 9 verschiedenen Zählstellen abgelesen werden.

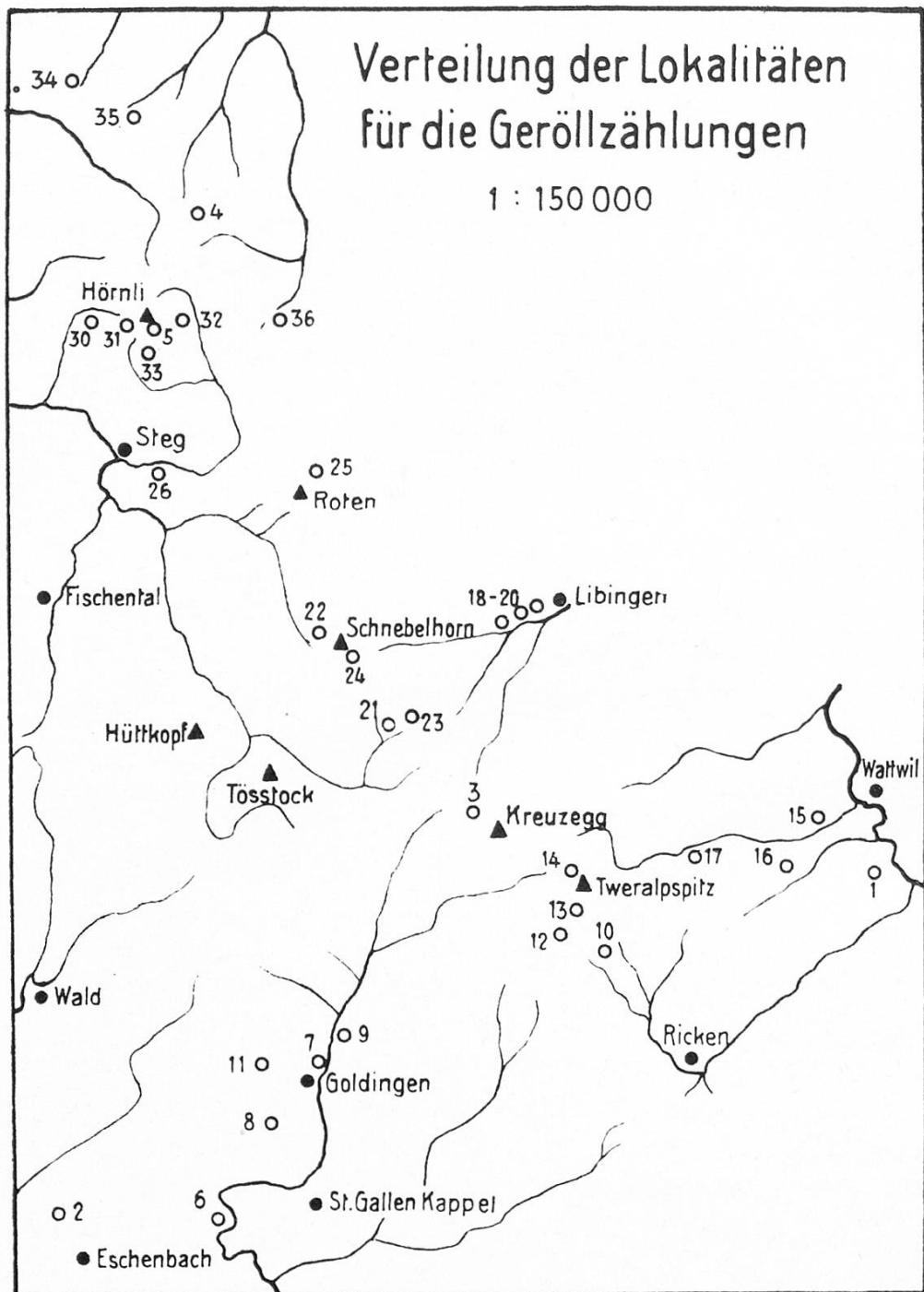
Neben den auf Tabelle I, S. 49 aufgeführten Zählungen, die nach der auf den vorhergehenden Seiten besprochenen Methode ausgewertet wurden, werden auf den graphischen Darstellungen noch einige weitere Zählungen aufgeführt, bei denen ich nur den Mittelwert M der verschiedenen Gruppen berechnet habe. Die Zählstellen liegen alle in der OSM. (Auf der linken Seite der Kurven sind die liegenden, auf der rechten Seite die hangenden Lokalitäten aufgeführt.)

Bei Betrachtung der vier Kurven fällt auf den ersten Blick auf, daß die Geröllzusammensetzung der Hörnlinagelfluh während der ganzen OSM auffällig konstant ist. Wenn wir zum Beispiel die Zählung Fätzikon aus der Basisnagelfluh mit der Zählung Schnebelhorn aus der obersten OSM vergleichen, so sehen wir große Übereinstimmung im Auftreten der vier Gruppen.

Bei genauerer Analyse können wir aber doch eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Veränderung der Geröllzusammensetzung vom Liegenden zum Hangenden feststellen.

Folgende Punkte scheinen mir bemerkenswert:

1. Die Sandsteine nehmen gegen das Hangende allmählich zu.
2. Die Zählstellen aus der Basisnagelfluh der OSM (Fätzikon, Oberegg, Laadberg) unterscheiden sich von den übrigen Lokalitäten durch den höchsten Gehalt an Gruppe D (Kristallin, Quarzite usw.). Unter sich differieren sie durch den Anteil des Kristallin am Aufbau der Gruppe D (Fätzikon: 8,5 %, Oberegg: 17,5 %, Laadberg: 24,5 %). Dies erklärt



- sich wohl daraus, daß die Nagelfluh an den drei Lokalitäten durch verschiedene Deltaarme geschüttet wurde (s. auch S. 23).
3. Der Dolomitgehalt steigt bis zu einem Maximum in der obersten Zählstelle in der mittleren OSM, um in der oberen OSM gleichmäßig abzufallen.
  4. Als Kompensation für den Dolomitabfall in der oberen OSM steigen die Kalke stark an.

Aus diesem Verhalten der Kalke und Dolomite kann der neue Geröllvorstoß in der obersten OSM abgelesen werden.

Tabelle II

*Lokalitäten der Geröllzählungen*

1. Rickenstraße S Wattwil . . . . .	680 m	Basisnagelfluh OMM
2. Fätzikon ob Eschenbach . . . . .	600 m	Basisnagelfluh OSM
3. Kreuzegg „In den Brüchen“ . . . . .	1280 m	Mittlere OSM
4. Allenwinden N Gasthaus . . . . .	910 m	Mittlere OSM
5. Hörnligipfel S Gasthaus . . . . .	1130 m	Obere OSM
6. Goldingertobel . . . . .	520 m	Unterste Nagelfluhbank OMM
7. Vordere Mühle Goldingertobel . . . . .	620 m	Basisnagelfluh OSM
8. Oberegg Goldingen . . . . .	730 m	Basisnagelfluh OSM
9. Hintere Mühle Goldingen . . . . .	660 m	Untere OSM
10. Hüttenberg unterhalb Groß Rotstein .	1050 m	Untere OSM
11. Eglingen ob Goldingen . . . . .	760 m	Untere OSM
12. Groß Rotstein . . . . .	1225 m	Mittlere OSM
13. Klein Rotstein . . . . .	1290 m	Mittlere OSM
14. Tweralpspitz . . . . .	1330 m	Mittlere OSM
15. Steintal N Schloßwies . . . . .	780 m	Untere OSM
16. Laadberg-Wattwil . . . . .	875 m	Basisnagelfluh OSM
17. Rumpfwald-Steintal . . . . .	890 m	Untere OSM
18.—20. Libingen-Jonenholtz . . . . .	750 m	Mittlere OSM
Alle drei Zählungen aus derselben Bank, von Zählung zu Zählung je 6 m Distanz		
21. Unterhalb Schindelberg . . . . .	1030 m	Mittlere OSM
22. Bauernboden-Schnebelhorn . . . . .	1020 m	Mittlere OSM
23. Schindelberg beim Gasthaus . . . . .	1166 m	Obere OSM
24. Schnebelhorn S Gipfel . . . . .	1270 m	Obere OSM
25. Roten-Großwald . . . . .	1100 m	Obere OSM
26. Fuchsloch-Steg . . . . .	740 m	Mittlere OSM
27. Herenberg bei Frauenfeld . . . . .		
28. Forch bei Zürich . . . . .		} nicht auf dem Kärtchen angegeben
29. Uetliberg bei Zürich . . . . .		
30. Bärtobel-Hörnli . . . . .	800 m	Mittlere OSM
31. Peteregg-Hörnli . . . . .	950 m	Mittlere OSM
32. Hörnligubel . . . . .	1000 m	Mittlere OSM
33. Tanzplatz-Hörnli . . . . .	1015 m	Obere OSM
34. Rotbühl . . . . .	850 m	Mittlere OSM
35. Dingetswil . . . . .	850 m	Mittlere OSM
36. Bennenmoos . . . . .	800 m	Mittlere OSM
37. Schurten . . . . .	720 m	Mittlere OSM
(nicht auf dem Kärtchen eingezeichnet)		
38. Kiesbank in der Thur (Rohrerbrücke bei Frauenfeld)		

Tabelle III

*1. Geröllzählung: Rickenstraße S Wattwil, 680 m.*

Unterste Nagelfluhbank. Obere Meeressmolasse

Kristallin	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Granite hell . . . . .	4	2	—	—	—	6	3
rot . . . . .	1	—	—	—	—	1	0,5
Aplite . . . . .	1	1	—	—	—	2	1
Diorite . . . . .	1	—	—	—	—	1	0,5
Amphibolite . . . . .	4	1	—	—	—	5	2,5
Gneise . . . . .	1	3	—	—	—	4	2
Grünstein . . . . .	1	—	—	—	—	1	0,5
Kristallin total . . . . .	13	7	—	—	—	20	10

Sedimente	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Helle dichte Kalke		2	4	—	—	6	3
Graue dichte Kalke		10	11	—	—	21	10,5
Graubraune Flyschkalke		6	1	—	—	7	3,5
Dunkle dichte Kalke (Flysch)		7	3	—	—	10	5
Kieselkalke (Flysch)		2	3	—	—	5	2,5
Helle und gelbe Flyschkalke		8	6	1	—	15	7,5
Rote Liaskalke (davon 1 Adnether)		1	2	—	—	3	1,5
Fleckenkalke		4	7	—	—	11	5,5
Echinodermenbrekzien		1	—	—	—	1	0,5
Flyschsandkalke (teilweise verkieselt)		9	9	—	—	18	9
Flyschsandsteine		2	1	—	—	3	1,5
Flyschkonglomerate		1	1	—	—	2	1
Quarzite (braun)		24	19	—	—	43	21,5
Radiolarite		2	—	—	—	2	1
Hornsteine		2	5	—	—	7	3,5
Dolomite grau (dicht oder körnig)		7	7	—	—	14	7
Dolomite hell zuckerkörnig		—	1	—	—	1	0,5
Verrucano		5	2	1	—	8	4
Tristelbrekzien		2	—	—	—	2	1
Reine Kalzitgerölle		—	1	—	—	1	0,5
Total Sedimente		95	83	2	—	180	90
Gesamtzählung		108	90	2	—	200	100
		54 %	45 %	1 %			

Auffallend feingeröllige bunte Kalk-Quarzit-Dolomitnagelfluh. Größte Gerölle: Verrucano 97 : 68 : 33 mm. Amphibolit 42 : 30 : 20 mm.

Präsenzzahl für große Gerölle: 4 III, das heißt auf einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> finden sich nur 4 Komponenten der Geröllgröße III und 0 Komponenten der Größenklasse IV. Bindemittel: sandig, dicht, grau.

## 2. Geröllzählung: Fätzikon ob Eschenbach, 600 m Basisnagelfluh der OSM

Kristallin	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Granite hell		3	—	—	—	3	1,5
rot		1	5	—	—	6	3
Aplite		1	1	—	—	2	1
Gneise		—	1	—	—	1	0,5
Grüngestein		2	1	—	—	3	1,5
Anderes Kristallin		2	—	—	—	2	1
Kristallin total		9	8	—	—	17	8,5
 Sedimente							
Helle dichte Kalke		5	2	—	—	7	3,5
Helle oolithische Kalke		2	—	1	—	3	1,5
Graue dichte Kalke		4	14	1	—	19	9,5
Graubraune Flyschkalke		1	3	—	—	4	2
Grüne Kalke		1	3	—	—	4	2
Dunkle Flyschkalke		1	4	—	—	5	2,5
Rote Liaskalke		1	1	—	—	2	1
Flyschkieselkalke		1	5	1	2	9	4,5
Übertrag		16	32	3	2	53	26,5

	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Übertrag		16	32	3	2	53	26,5
Helle und gelbe Flyschkalke		1	9	2	—	12	6
Neocomfleckenkalke		2	3	1	—	6	3
Sandkalke (meist verkieselt)		2	15	—	—	17	8,5
Flyschsandsteine		1	4	—	—	5	2,5
Quarzite, braun		5	16	2	1	24	12
weiß		1	1	—	—	2	1
Ölquarzite		—	—	1	—	1	0,5
Radiolarite		1	2	—	—	3	1,5
Hornstein		2	3	1	—	6	3
Verrucano		—	1	1	—	2	1
Dolomite, grau		24	22	1	—	47	23,5
hell		4	1	—	—	5	2,5
Total Sedimente		59	109	12	3	183	91,5
Gesamtzählung		68	117	12	3	200	100
		34 %	58,5 %	6 %	1,5 %		

Kristallinführende Kalk-Dolomit-Quarzitnagelfluh. Sehr grobgeröllig, mit Nestern von kleinen Gerölle, größte Komponenten: Flyschsandsteine + Sandkalke über 50 cm Durchmesser (auch Kristallin Größe IV). Präsenzzahl für große Gerölle: 7 IV, 27 III.

Volummäßige Zusammensetzung: Verkieselte Sandkalke > Flyschkalke, Flyschsandsteine und nicht verkieselte Sandkalke > Quarzite und diverse Kalke > Dolomite, Kristallin Verrucano. — Bindemittel: rötlich, sandig.

### 3. Geröllzählung: Kreuzegg-Brüche, 1280 m

#### Mittlere OSM

Kristallin	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Granite hell		4	7	—	—	11	4
rot		3	—	—	—	3	1
Diorit		1	—	—	—	1	+
Gneise		2	1	—	—	3	1
Grüngesteine		4	1	—	—	5	2
Kristallin total		14	9	—	—	23	8,5
Sedimente		—	—	—	—	—	—
Helle dichte Kalke		8	7	—	—	15	5
Helle oolithische Kalke		2	2	—	1	5	2
Graue Kalke		11	9	—	—	20	7
Graubraune Flyschkalke		3	6	—	—	9	3
Dunkle dichte Kalke		4	2	—	—	6	2
Flyschkieselkalke		1	—	—	—	1	+
Helle und gelbe Flyschkalke		8	12	1	—	21	7
Fleckenkalke		3	2	—	—	5	2
Rote Kalke		1	2	—	—	3	1
Sandkalke		8	14	3	1	26	9
Flyschsandsteine		8	4	—	2	14	5
Flyschkonglomerat		1	—	—	—	1	+
Quarzite		5	2	—	—	7	2,5
Ölquarzite		1	1	—	—	2	1
Dolomite grau		58	34	3	—	95	33
Übertrag		122	97	7	4	230	79,5

	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Übertrag	122	97	7	4	230	79,5	
Dolomite hell	14	14	—	—	28	10	
Dolomitbrekzien	1	4	—	—	5	2	
Verrucano	—	—	1	—	1	+	
Calcitgeröll	—	1	—	—	1	+	
Total Sedimente	137	116	8	4	265	91,5	
Gesamtzählung	151	125	8	4	288		
	52,5 %	43 %	3 %	1,5 %			

Kristallinführende Dolomit-Kalknagelfluh. Geröllmaxima: Sedimente: Sandkalk 170 : 130 : 107 mm; Kristallin: Grüngestein 56 : 43 : 39 mm.

Volummäßige Zusammensetzung: Flyschsandsteine + Kalke >> Dolomite >> helle Kalke >> Rest. Kristallin sehr untergeordnet.

Die Nagelfluh zeigt eine gute Durchmischung aller Größenklassen. Sie ist außerordentlich kompakt. Das spärliche Bindemittel ist grau sandig.

#### 4. Geröllzählung: Allenwinden

Zirka 50 m N Gasthaus zum „Kreuz“ an der Straße Au-Allenwinden, 910 m Höhe.  
Untere Hörnlischichten. Mittlere OSM

Kristallin	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Granite rot	1	1	—	—	—	2	1
hell	1	—	—	—	—	1	+
Grüngesteine	—	1	—	—	—	1	+
Gneise	1	—	—	—	—	1	+
Kristallin total	3	2	—	—	—	5	2
Sedimente							
Helle dichte Kalke	3	1	—	—	—	4	2
Helle oolithische Kalke	3	4	1	—	—	8	4
Helle Flyschkalke	8	—	—	—	—	8	4
Graue dichte Kalke	7	2	1	—	—	10	5
Grünliche Kalke	2	2	—	—	—	4	2
Dunkle dichte Kalke	5	1	—	—	—	6	3
Dunkle schiefrige Kalke	2	—	—	—	—	2	1
Dunkle Triaskalke	1	1	—	—	—	2	1
Adnetherkalke	2	—	—	—	—	2	1
Flyschkieselkalke	1	1	—	—	—	2	1
Fleckenkalke (Lias + Flysch)	1	3	—	—	—	4	2
Flyschsandkalke	14	2	2	—	—	18	8
Flyschsandsteine	4	3	1	—	—	8	4
Flyschbrekzien	2	—	—	—	—	2	1
Ölquarzite	1	1	—	—	—	2	1
Quarzite (braun + grau)	32	8	—	—	—	40	18
Radiolarite	2	—	—	—	—	2	1
Dolomite	81	5	2	—	—	88	40
Verrucano	—	1	—	—	—	1	+
Total Sedimente	171	35	7	—	—	213	99
Gesamtzählung	174	37	7	—	—	218	
	79 %	18 %	3 %	—	—		

Kristallinarme Dolomit-Kalknagelfluh. Größte Gerölle: Verrucano 18 : 10 : 6 cm; grauer Sandkalk 16 : 16 : 14 cm.

## 5. Geröllzählung: Hörnligipfel

Zirka 50 m S Berggasthaus, 1130 m Höhe. Obere Hörnlischichten. Obere OSM

	Größenklasse	I	II	III	IV	Total	%
Kristallin							
Granite rot		2	—	—	—	2	1
Quarzporphyre		1	—	—	—	1	+
Gneise		2	—	—	—	2	1
Kristallin total		5	—	—	—	5	2
Sedimente							
Helle dichte Kalke		8	1	—	—	9	4
Helle oolithische Kalke		1	1	2	—	4	1,5
Helle Flyschkalke		1	1	1	—	3	1
Graue dichte Kalke		16	10	1	—	27	12
Graue Kalke mit braunen Hornsteinbändchen		1	2	1	—	4	1,5
Grünliche Kalke		4	3	—	—	7	3
Dunkle Kalke mit splittrigem Bruch, zum Teil echinod.		9	—	1	—	10	4
Dunkle Triaskalke		5	3	—	—	8	3
Adnetherkalke		1	—	—	—	1	+
Flyschkieselkalke		1	1	2	—	4	1,5
Fleckenkalke		—	1	—	—	1	+
Flyschsandkalke		17	12	6	3	38	17
Flyschsandstein		13	6	3	1	23	10
Flyschbrekzien		1	—	—	—	1	+
Glaukonitsandstein		2	1	—	—	3	1
Ölquarzite		4	3	1	1	9	4
Radiolarite		—	1	—	—	1	+
Hornsteine braun + schwarz		2	—	1	—	3	1
Dolomite		47	9	3	—	59	26
Verrucano		1	2	—	—	3	1
Kalzitgerölle		3	—	—	—	3	1
Total Sedimente		137	57	22	5	221	98
Gesamtzählung		142	57	22	5	226	
		63 %	25 %	10 %	2 %		

Tabelle IV Zusammenstellung der Resultate der Geröllzählungen  
Angaben in Prozent

Nummer der Zählung	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
<b>Kristallin</b>								
Granite rot	5	2	4	4	1	1	4	2,5
hell	2	2,5	3,5	3,5	4	4,5	3	1,5
Quarzporphyre	—	0,5	1	0,5	—	—	—	2,5
<b>Anderes nichtmetamorphes</b>								
Kristallin	0,5	1	1	1	—	—	2,5	1
Grüngesteine	—	1,5	1,5	1	2	2	0,5	1
Amphibolite	0,5	—	1,5	—	1,5	—	2	1,5
Gneise	1	—	2	1	1	2	0,5	1
Anderes metamorphes Kristallin	1,5	—	3	1	1,5	0,5	—	—
Kristallin total	10,5	7,5	17,5	12	11	10	12,5	11

Nummer der Zählung	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
<b>Sedimente</b>								
Kalke hell . . . . .	6	12,5	4,5	5	4	2	4	5
grau . . . . .	22,5	7,5	7	5	6	11,5	3	6,5
graubraun . . . . .	0,5	5,5	6	3	4	3	7,5	5,5
dunkel . . . . .	13,5	5,5	5,5	6,5	2	2	3,5	2
rot oder grün . . . . .	—	2	—	—	—	—	1,5	—
Gelbe Flyschkalke . . . . .	—	10	2,5	2,5	5	7	3	3
Fleckenkalke . . . . .	—	—	—	1,5	5	6	10,5	2
Oolithische Kalke . . . . .	2,5	—	0,5	2	1	1,5	3	0,5
Kieselkalke . . . . .	24	2	2	3	6	1	1,5	3,5
Dolomite . . . . .	10	24	27,5	25,5	20,5	19,5	26	39,5
Quarzite . . . . .	0,5	8	6	14,5	6	9	4	3
Ölquarzite . . . . .	—	0,5	—	1	1	1	0,5	—
Radiolarite . . . . .	1	1	1	0,5	1,5	1	1	—
Hornsteine . . . . .	5	—	—	0,5	1,5	1	0,5	2
Sandkalke . . . . .	—	8	10	11	18	11	12	8,5
Sandsteine . . . . .	—	1,5	1	6	3	6,5	2	0,5
Brekzien + Konglomerate . .	—	—	1,5	—	1	0,5	1	—
Tristelgesteine . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1,5
Verrucano . . . . .	—	3	3,5	—	1,5	4,5	2	0,5
Andere Sedimente . . . . .	4	1,5	4	0,5	2	2	1	5,5
Sedimente total . . . . .	89,5	92,5	82,5	88	89	90	87,5	89

Nummer der Zählung	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
<b>Kristallin</b>								
Granite rot . . . . .	1	7	10	2,5	—	1,5	2,5	1
hell . . . . .	1,5	2	8	6	0,5	2,5	3	0,5
Quarzporphyre . . . . .	—	—	1	1,5	—	—	—	—
Anderes nichtmetamorphes								
Kristallin . . . . .	1	—	0,5	1	—	—	—	—
Grüngesteine . . . . .	1,5	—	0,5	—	2,5	2	1,5	2
Amphibolite . . . . .	0,5	1	1	1	—	—	—	—
Gneise . . . . .	0,5	1	2	1,5	0,5	—	—	0,5
Anderes metamorphes Kristallin	1,5	1,5	1,5	0,5	1	—	—	—
Kristallin total . . . . .	7,5	12,5	24,5	14	4,5	6	7	4

Nummer der Zählung	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
<b>Sedimente</b>								
Kalke hell . . . . .	3,5	2	2	2	4,5	5,5	7	6
grau . . . . .	6	16	4,5	7,5	10,5	9,5	6,5	3
graubraun . . . . .	5,5	4,5	4,5	2,5	3,5	1,5	1,5	4,5
dunkel . . . . .	4	3	2	1,5	1	0,5	2	3
rot oder grün . . . . .	1,5	0,5	—	—	—	1	—	—
Gelbe Flyschkalke . . . . .	4	7	4	9,5	12	6	8,5	11
Fleckenkalke . . . . .	1	3,5	4	4,5	1,5	2,5	1	3
Oolithische Kalke . . . . .	—	—	0,5	2	1,5	2	3	4
Kieselkalke . . . . .	4,5	1,5	3	1,5	2,5	0,5	1	2
Dolomite . . . . .	27	16	28	25	41,5	44	38,5	41,5
Übertrag	57	54	52,5	56	78,5	73	69	78

Nummer der Zählung	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Übertrag	57	54	52,5	56	78,5	73	69	78
Quarzite . . . . .	2	14	5,5	8,5	6	6	4	2,5
Ölquarzite . . . . .	1,5	1	0,5	1	1,5	—	2,5	0,5
Radiolarite . . . . .	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1	0,5	0,5
Hornsteine . . . . .	1	1,5	1	2	0,5	—	2,5	—
Sandkalke . . . . .	21,5	10	10	11	6,5	10,5	12	5
Sandsteine . . . . .	3,5	4,5	3,5	2,5	0,5	2	1	4,5
Brekzien + Konglomerate . .	—	—	—	—	—	—	—	1
Tristelgesteine . . . . .	2	0,5	1	—	—	1	1	0,5
Verrucano . . . . .	—	—	—	3	0,5	0,5	0,5	1
Andere Sedimente . . . . .	3	0,5	—	0,5	1	—	—	3
Sedimente total . . . . .	92,5	87,5	75,5	86	95,5	94	93	96

Nummer der Zählung	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
<b>Kristallin</b>								
Granite rot . . . . .	1,5	0,5	3	3,5	1,5	1,5	2	1
hell . . . . .	1,5	1	—	5	2,5	3	2	0,5
Quarzporphyre . . . . .	—	0,5	—	—	—	0,5	—	—
Anderes nichtmetamorphes								
Kristallin . . . . .	—	—	—	0,5	—	—	—	1
Grüngesteine . . . . .	—	2	2,5	—	2	6,5	4	2
Amphibolite . . . . .	0,5	—	—	—	—	1	—	—
Gneise . . . . .	—	1	—	—	—	1	2	0,5
Anderes metamorphes Kristallin	1	0,5	1	—	0,5	—	3,5	0,5
Kristallin total . . . . .	4,5	5,5	6,5	9	6,5	13,5	13,5	5,5

S e d i m e n t e								
Kalke hell . . . . .	4,5	7	4,5	3,5	2	1	3,5	1,5
grau . . . . .	2	4	8	5	6,5	8,5	7,5	4
graubraun . . . . .	2	6	3	1,5	4	4,5	9	5
dunkel . . . . .	3	1	4	2,5	0,5	3,5	9	5
rot oder grün . . . . .	—	—	0,5	1	—	1	—	0,5
Gelbe Flyschkalke . . . . .	9,5	8	13	4	22,5	9	3,5	5
Fleckenkalke . . . . .	1,5	1	2	—	2,5	2	2	2
Oolithische Kalke . . . . .	1,5	2	2,5	3,5	—	2	1	1,5
Kieselkalke . . . . .	1	2	0,5	0,5	2	1	6	2,5
Dolomite . . . . .	46	40	32	50	26,5	23	27,5	50
Quarzite . . . . .	3,5	4	2	7	15	3,5	6,5	2,5
Ölquarzite . . . . .	0,5	1	—	1,5	—	1,5	—	0,5
Radiolarite . . . . .	0,5	0,5	1	0,5	1	3	1	1
Hornsteine . . . . .	0,5	—	1	—	1	2	1	3
Sandkalke . . . . .	6,5	10	13,5	7,5	6,5	12,5	6	5,5
Sandsteine . . . . .	9	6	2	2	2,5	2,5	1,5	3
Brekzien + Konglomerate . .	0,5	0,5	—	1	—	2	—	1,5
Tristelgesteine . . . . .	—	—	0,5	—	0,5	—	—	—
Verrucano . . . . .	2,5	1	1	1	—	2,5	0,5	0,5
Andere Sedimente . . . . .	1	0,5	2,5	—	0,5	1,5	1	—
Sedimente total . . . . .	95,5	94,5	93,5	91	93,5	86,5	86,5	94,5

Nummer der Zählung	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.
<b>Kristallin</b>								
Granite rot . . . . .	2	1	1	2,5	2	4	1	2
hell . . . . .	2	3	2	2	3,5	4	2	2
<b>Anderes nichtmetamorphes</b>								
Kristallin . . . . .	1	0,5	2	1,5	1	1,5	3	—
Grüngesteine . . . . .	1	2	0,5	0,5	1	2	2	0,5
Gneise . . . . .	0,5	1	—	2	1	0,5	1	0,5
<b>Kristallin total . . . . .</b>	<b>6,5</b>	<b>7,5</b>	<b>5,5</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
<b>Sedimente</b>								
Kalke hell . . . . .	17	10	16,5	12	10	11	15	15
grau . . . . .	18,5	17,5	15	8	21	16,5	13	15
dunkel . . . . .	14	4	5	5	6	7	0,5	5
Kieselkalke . . . . .	10	2	5	4	2	—	3	1
Dolomite . . . . .	7	27	18	19	14	8,5	22,5	18
Hornsteine/Radiolarite . . . .	7	4	3	7	4,5	4	5	8
Quarzite . . . . .	4	6	4	1,5	8	12,5	5	6
Verrucano . . . . .	1	4	4	8	4	5	3	4
Sandsteine + Sandkalke . . .	10	17	22	24	16	23	20	21
Brekzien und Konglomerate .	2	1	2	2	3	0,5	1	1
Andere Sedimente . . . . .	3	—	—	1	3	—	3	1
<b>Sedimente total . . . . .</b>	<b>93,5</b>	<b>92,5</b>	<b>94,5</b>	<b>91,5</b>	<b>91,5</b>	<b>88</b>	<b>91</b>	<b>95</b>

### Ergebnis der Geröllzählungen

Ich habe im ganzen über 50 Geröllzählungen und Messungen ausgeführt. Auf Seiten 53 bis 57 werden fünf ausgewählte Zählungen im Detail wiedergegeben; weitere 32 Zählungen wurden in Tabelle IV auf Seiten 57 bis 60 zusammengestellt. Aus Raumgründen werden hier nur Angaben über den prozentualen Anteil der einzelnen Gesteinssorten an der Zählung gemacht.

Die Resultate der Form- und Rundungsuntersuchungen schließlich finden sich in einem speziellen Kapitel (S. 74 ff.).

Auch aus den Tabellen III und IV können wir außer den schon erwähnten geringfügigen Änderungen — mit Ausnahme des Zurücktretens der kristallinen Komponenten in der mittleren und oberen OSM — keine in die Augen springenden Veränderungen in der Zusammensetzung der Nagelfluh feststellen. Meist treffen wir einen recht hohen Dolomitbetrag. Die Dolomite treten besonders häufig in den kleingerölligen Fraktionen auf. In der Größenklasse I stellen sie in vielen Zählungen weit über die Hälfte aller Komponenten. Ähnliche Beobachtungen hat *Renz* (Lit. 82, S. 94) gemacht. Er erwähnt aus der Gäbrisnagelfluh eine starke Anreicherung in der „haselnußgroßen Fraktion“. Mengenmäßig meist an zweiter, volumenmäßig aber weitaus an erster Stelle folgen die Flyschsandsteine und Sandkalke. Unter ihnen treffen wir, wie schon auf Seite 30 angeführt wurde, die größten Gerölle der Hörlinagelfluh.

Wir sehen also, daß wir auf diesem rein quantitativen Wege keine wesentlichen Veränderungen in der Schuttführung der die Hörnlinagelfluhen schüttenden Flüsse feststellen können. Daß aber trotzdem solche Veränderungen in der Schuttführung stattgefunden haben, beweist das gesetzmäßige Auftreten von „Leitgeröllen“. Unter „Leitgeröllen“ verstehe ich Gesteine, deren Herkunft sicher nachweisbar ist und die aus einem relativ begrenzten Gebiete stammen. Der Nachweis dafür soll auf den folgenden Seiten versucht werden.

### **Qualitative Nagelfluhuntersuchungen**

In meinem Untersuchungsgebiet habe ich folgende Geröllarten in der Nagelfluh gefunden:

#### *A. Kristallin*

Die kristallinen Nagelfluhgerölle sind meist sehr stark verwittert und zerfallen schon bei der leichtesten Berührung in Grus, so daß eine Bestimmung sehr schwer fällt. Unter den gut erhaltenen Geröllen überwiegen helle und rötliche Granite, Quarzporphyre und — namentlich im Hörnligebiet — sehr schön erhaltene Diabasporphyrite. Soweit als möglich wurden von den meisten Gerölltypen Dünnschliffe angefertigt. Ich beschreibe im folgenden die einzelnen Gerölle nur kurz unter Angabe eines typischen Dünnschliffs. Eine eingehende Beschreibung der Dünnschliffe ist zusammen mit einer umfassenden Geröllsammlung im Geologischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich deponiert.

1. Helle Granite. Überall verbreitet. In der oberen Stufe der OSM stark zurücktretend.

Feinkörnige, teilweise aplitische, sowie grobkörnige Varietäten. Mineralbestand: Quarz, Orthoklas, Plagioklase meist untergeordnet. Dunkle Gemengteile (Biotit, Augit, Hornblenden) teilweise sehr selten.

Typbeispiel: Schliff 58. Grobkörniger heller Granit. Fundort Wolfstobel-Hörnli. Textur: massig. Struktur: holokristallin-gleichkörnig.  
Mineralbestand: Quarz (große Körner und als Einschlüsse in Orthoklas, zum Teil schöne Myrmekitbildungen), Orthoklas (Perthitlamellierung, oft serizitisiert), Mikrolin, Albit, Biotit, Apatit, Zirkon, Hämatit.

Oft kann man an hellen Graniten eine sekundäre Rotfärbung feststellen.

2. Grüne Granite. Namentlich in der OMM und in der untern Stufe der OSM. Die meisten Stücke sind sehr stark verwittert.

Typbeispiel: Schliff 60. Grobkörniger grüner Granit. Fundort Eglingen bei Goldingen.  
Textur: massig. Struktur: holokristallin-porphyrisch.

Mineralbestand: Quarz (fast alle Körner zeigen Kataklaseerscheinungen), Orthoklas und Mikrolin (zum größten Teil kaolinisiert und serizitisiert), Zirkon. Hämatitschüppchen.

### 3. Rote Granite. Überall verbreitet. Grob- und feinkörnige, blaß- und dunkelrote Varietäten.

Mineralbestand: Quarz, Orthoklas, wenig Plagioklas (fast durchwegs Albit). Dunkle Gemengteile: Biotit, Hornblenden, Augit selten, meist umgewandelt.

Typbeispiel: Schliff 54. Grobkörniger roter Granit. Unterste Nagelfluhbank Goldingertobel.

Textur: massig. Struktur: holokristallin-hypidiomorph-körnig.

Mineralbestand: Quarz, Orthoklas (fast durchwegs mit Perthitlamellierung, von Hämatitschüppchen überzogen), Mikroklin, Albit (auch Zwillinge), Biotit (grün und braun, zum Teil ausgebleicht, zum Teil chloritisiert; Opacitrand), Chlorit (var. Pennin), Magnetit, Calcit, Zirkon.

### 4. Quarzporphyre. Überall verbreitet. In der obern Stufe der OSM zurücktretend.

Rote, fleischfarbene bis violette und seltener grüne Varietät.

Typbeispiel: Schliff 51. Fleischfarbener Quarzporphyr. Frauenfeld-Herenberg.

Textur: massig. Struktur: holokristallin-porphyrisch, granophyrisch.

Mineralbestand: Quarz (als Einsprengling und in der Grundmasse), Orthoklas (als Einsprengling und in der Grundmasse, meist ziemlich stark serizitisiert), Plagioklas (Albit-Oligoklas), Serizit, Calzit, Magnetit.

### 5. Quarzdiorite. Selten, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.

Typbeispiel: Schliff 3. Quarzdiorit. Schurten.

Textur: richtungslos. Struktur: holokristallin-porphyrisch, granophyrisch.

Mineralbestand: Quarz als große runde Körner (Einsprenglinge) und als kleine Körner in der Grundmasse (leicht kataklastisch), Plagioklas (Oligoklas-Andesin), poikiloblastisch. Strahlsteinartige Hornblende (meist in Chlorit umgewandelt), Chlorit (var. Pennin), Pistazit, Leukoxen, Titanit, etwas Calzit, Magnetit.

### 6./7. Diorite und Syenite treten namentlich unter den kleinsten Geröllen hie und da auf. Alle Stücke, die ich gefunden habe, sind aber so schlecht erhalten, daß sie eine eingehendere Beschreibung verunmöglichen.

### 8. Gneise. Überall verbreitet, aber meist sehr schlecht erhalten. Grüne Varietäten fast durchwegs rötlich verfärbt.

Typbeispiel: Schliff 56. Rötlicher Zweiglimmergneis. Laadberg-Ricken.

Textur: massig. Struktur: holokristallin-porphyrisch.

Mineralbestand: Quarz (als Einsprengling und in der Grundmasse), Orthoklas (als Einsprengling und in der Grundmasse), Plagioklas (Albit-Oligoklas), Biotit (zum Teil entfärbt), Muskowit (selten), Apatit, Chlorit, Granat, Sericit, Hämatit.

### 9. Amphibolite. Überall verbreitet, in der obern Stufe der OSM sehr selten. Meist sehr schlecht erhalten, daneben aber auch auffallend frische Stücke.

Typbeispiel: Schliff 55. Amphibolit aus der untersten Nagelfluhbank des Goldingenertobels.

Textur: flaserig. Struktur: homeoblastisch.

Mineralbestand: grüne, gewöhnliche Hornblende, Plagioklas (Andesin), Albit, Orthoklas (eckige Körner, wenig), untergeordnet Quarz, Apatit, Pistazit, Klinzoisit, Chorit, Calzit, Granat, Magnetit, Ilmenit und Leukoxen.

10. Grüngesteine überall verbreitet, am häufigsten im Hörnligebiet, zum Teil sehr gut erhaltene Diabasporphyrite, seltener Spilite.

Typbeispiel: Schliff 18. Olivindiabas. Hörnligipfel.

Textur: massig. Struktur: ophitisch.

Mineralbestand: Sperriges Gefüge von Plagioklasleisten (Andesin-Labrador), Augit, (nur mehr sehr wenig erhalten, meist in Chlorit umgewandelt) Chlorit var. Pennin. Serpentin, Olivin, Leukoxen, Goethit, Limonit.

Von den übrigen kristallinen Gerölle (Melaphyre, Glimmerschiefer u. a.) habe ich nur sehr schlecht erhaltene Stücke gefunden, so daß hier auf eine Beschreibung verzichtet wird. Über die Herkunft dieser kristallinen Gerölle ist folgendes zu sagen:

Helle und grüne Granite sind stellenweise sehr ähnlich mit Albula- und Juliergraniten. Vergleichsstücke zu gewissen roten Varietäten habe ich auf Exkursionen des geologischen Instituts im Berninagebiet gefunden. Die Amphibolite können aus der Silvretta, die Grüngesteine teilweise aus dem Oberhalbstein stammen. Gegen eine Herkunft aus der Aroser Schuppenzone, die für einige Typen sehr wohl als Heimat in Frage käme, spricht das vollständige Fehlen von Serpentin, der in der Aroser Schuppenzone eine große Rolle spielt (Lit. 20 und 42). Allerdings könnten allfällig vorhanden gewesene Serpentingerölle sich als zu wenig transportresistent erwiesen haben, um bis in die Hörnlinagelfluh zu gelangen.

### B. Sedimente

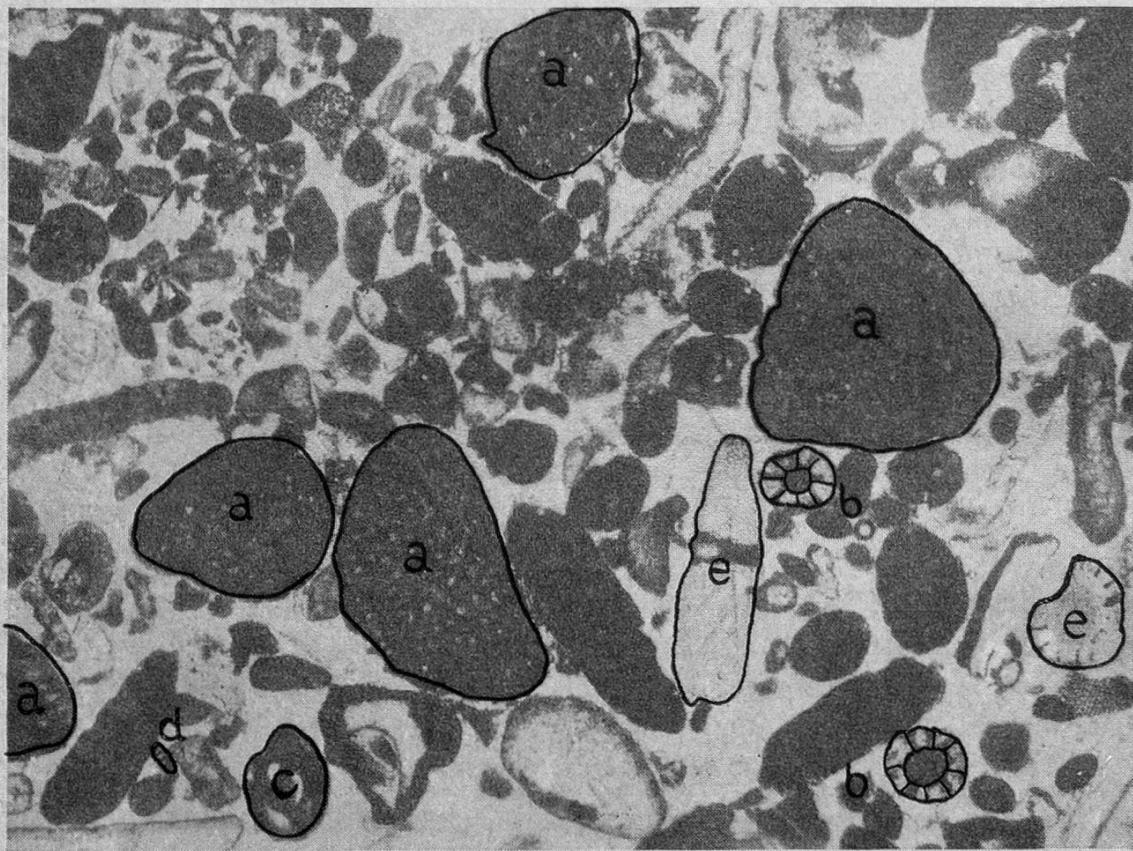
11. Kalke.

Neben vielen, überall verbreiteten, atypischen hellen, grauen und dunkeln Kalken, die wohl meist dem Flysch entstammen und auf deren nähere Beschreibung ich hier verzichte, treten folgende erwähnenswerte Gerölltypen auf (die genaue mikrolithologische Beschreibung verdanke ich Herrn Professor Dr. W. Leupold):

- a. Helvetische Kalke. Auf die obersten Bänke der mittleren OSM sowie auf die obere OSM beschränkt. In tieferen Schichten wurden bisher keine helvetischen Kalke gefunden.

1. Heller Kalk mit splitterigem Bruch mit *Globotruncanen* und „*Orbulinarien*“. Seewerkalk. Fundort Hörnligipfel.
2. Fein glaukonitischer Kieselkalk mit kleinsten Foraminiferen (globigerinenähnlich), sehr ähnlich Concentricus-Schichten von Gänsestad (Mürtschendecke). Schliff 22. Fundort Zinggen-Dingetswil.

3. Schrattenkalk verschiedener lithologischer Ausbildung, in Form grob-organogen-detritischer Kalke, oft onkolithisch-oolithisch mit hyalinem Calzitzement, meistens mit *Orbitolinen*, darunter *Orbitolina lenticularis* und hochkonische Formen wie *Orbitolina conulus*, nebst *Orbitolinopsis Silvestri*, stets reichlich *Salpingoporella Mühlbergi* und *Milioliden*, Bryozoen und Echinodermenrümmer. Schliffe 4, 5, 7. Viele Fundstellen im engen Hörnligebiet, besonders Rappenstein (Straße Gfell-Allenwinden) und Hörnligipfel, aber auch am Schnebelhorn, Dägelsberg und Libingen.



Schliff 7. Helvetischer Schrattenkalk. Fundort Rappenstein. a. *Orbitolina lenticularis*; b. *Salpingoporella Mühlbergi*; c. *Miliolide*; d. *Textularide*; e. *Echinodermenrümmer*; 16fache Vergrößerung. (Photo W. Leupold)

4. Feinkörniger, etwas glaukonitischer Kieselkalk, ähnlich Hauerivien Kieselkalk. Schliff 16. Fundort Bärobel-Hörnli.
5. Onkoidischer Kalk. Organogener Kalksand in glasklarem Kalzitzement. Viele *Milioliden*, einzelne *Textulariden*. Bruchstücke ähnlich *Pseudocyclammina* (?) *Coscinoconus* oder *Trocholina*. Urgonfacies. Entweder Öhrlikalk oder Valangienkalk. Schliff 9. Fundort Tanzplatz-Hörnli.

6. Calcaires grumeaux oder fein onkolithische Kalke, mit *Coscinoconus alpinus* Leupold, *Clypeina jurassica* Favre et Richard, *Calpionellen*, *Nautiloculina* Mohler, *Pseudocyclammina*, *Milioliden* und *Textulariden*. Grenzschichten Berrias-Tithon. Schliff 9. An vielen Stellen im engern Hörnligebiet.
7. Grob onkolithische organogen-detritische Kalke bis Kalkbrekzien, zum Teil Korallenkalke mit onkolithischer Grundmasse. Kalkbrekzien aus verschiedenartigen Kalkkomponenten bestehend, zum Teil aus onkoidischen Typen (wie 6), zum Teil dichten Kalken mit *Calpionellen* und *Radiolarien*; *Coscinoconus alpinus*, *Clypeina jurassica*, *Nautiloculina*, *Pseudocyclammina*, *Bryozoen*, *Echinodermenträümmer*, *Korallen* (darunter wahrscheinlich *Lovcennipora*), *Molluskenträümmer*. Tithon. Troskalk. Sehr ähnliche Stücke finden sich in der Sammlung *Arnold Heim* (z. B. Nr. 87) im geologischen Institut in Zürich, die von der Hütte Oberetros stammen. Schliffe 10, 13. Häufig im engern Hörnligebiet.
8. Calcaires grumeaux mit *Clypeina jurassica* Favre et Richard, *Milioliden* und *Textulariden*. Tithon. Schliff 1. Überall verbreitet im engern Hörnligebiet.
9. Dichte weiße Kalke mit *Clypeina jurassica* (Schliff 21). Tithon. Fundort: Zinggen-Dingetswil.
10. Dichte Kalke mit reichlich *Radiolarien*. Kann helvetischer Malm sein, auch Neocomfleckenkalk des Falknis möglich. Schliff 23. Fundort Tanzplatz-Hörnli.

Alle diese Kalke helvetischer Herkunft sind vollkommen sandfrei und unterscheiden sich dadurch von Kalken aus der ostalpinen Falknisdecke, die als Heimat dieser Gerölle sonst am ehesten in Frage käme. *D. Triümpy* (Lit. 99) hat zwar im Falknis-Malm (Tithon) und Urgon ebenfalls begrenzte sandfreie Partien gefunden. Es erscheint aber als höchst unwahrscheinlich, daß ausgerechnet Gerölle aus diesen Partien in die Hörnlinagelfluh gelangt sein könnten, während aus den weit mächtigeren sandigen Lagen bisher im eigentlichen Hörnligebiet keine einzige Komponente gefunden werden konnte. Auch die Urgonkalke im Prättigauflysch, die von *P. Nänny* vom Zürcher geologischen Institut neuerdings untersucht werden, lassen sich nicht mit diesen Geröllen vergleichen. Anderseits lassen sich viele Typen, sowohl im Handstück wie auch im Schliff, kaum von Vergleichsstücken aus dem Helvetikum unterscheiden, so daß einer helvetischen Herkunft dieser Gerölle nichts im Wege steht.

- b. Kalke ostalpiner Herkunft. Im ganzen Untersuchungsgebiet verbreitet.
1. Hellgrauer, leicht oolithischer Kalk von Schwamnadeln. Klippenmalm. Fundort: Unterhalb Groß Rotstein.
  2. Graue, onkolithisch-oolithische Kalke, stellenweise auch dicht käsig, teilweise mit viel Fossilien (*Coscinoconus*, *Milioliden*, *Textulariden*, *Echinodermenbruchstücke* und *Kalkalgen*). Klippentithon. Überall verbreitet.
  3. Groborganogener Kalk mit *Gastropoden*, *Nautiloculina*, *Textulariden*. Klippentithon. Fundort: Untere Tweralp.
  4. Brauner dichter Kalk mit vielen Calzitadern. Klippenmalm. Überall verbreitet.
  5. Grauer dichter Kalk mit oolithischen Partien. Klippenmalm. Überall verbreitet.
  6. Hellgraue Kalke mit *Radiolarien*, ein Exemplar mit einem *Aptychus*. Aptychenkalk. Fundort: Wolfstobel-Hörnli, Kreuzegg.
  7. Grauer Kalk mit *Radiolarien* und vielen *Schwamnadeln*, von Kieselnkollen durchsetzt. Aptychenkalk. Fundorte: Allmend-Schwarzenberg; Hinterer Rumpf-Steintal.
  8. Hellgraue, dichte, splitterig brechende Kalke, stellenweise voller *Radiolarien*. Biancone ähnlich. Fundorte: Verschiedene Stellen in der untern OSM.
  9. Heller splitterig brechender majolikaähnlicher Kalk. Fundort: Schloßbühl Goldingen.
  10. Dichter brauner Kalk mit reichlich *Radiolarien*. Sehr ähnlich dem „Biancone“ aus dem Surbrunnentobel (Simmendecke). Schliff 23. Fundort: Morgenweid, Fischingen.
  11. Dunkle dichte Triaskalke. Überall verbreitet.
  12. Grauer sandiger Kalk mit schwarzen Kieselschnüren. Kieselschnurlias (?). Fundort: Fuchsloch.
  13. Graue und dunkle Liasfleckenkalke, meist mit gelbgrauer Verwitterungsrinde. Überall verbreitet.
  14. Hell- und dunkelgraue Kalke voller *Lumachellen*. Rhät. Überall verbreitet.
  15. Dunkelgraublaue Kalke mit *Lumachellenschalen* und kleinen eckigen gelben Dolomitkomponenten. Rhät. Fundorte: Eglingen, Tweralp, Kreuzegg.

16. Graue, rötlich gefleckte Kalke mit *Lumachellen*. Rhät. Fundorte: Laadberg, Tweralp, Kreuzegg.
  17. Lithodendronkalk. Rhät. Fundort: Groß Rotstein.
  18. Rote, etwas mergelige Adnetherkalke. Schliff 15. Selten, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.
  19. Hell- und dunkelrote Kalke voller Radiolarien, zum Teil etwas schieferig. Selten, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.
  20. Schwarzblauer Hornsteinkalk mit grauer Verwitterungsrinde mit viel *Radiolarien*, etwas verkieselt. Wohl oberostalpiner Lias. Schliff 6. Fundort: Hörnligipfel.
- c. Flyschkalke. Überall verbreitet.
1. Dichter hellgrauer Kalk mit *Schwamnnadeln* und *Radiolarien*, von vielen Kluftflächen durchsetzt. Typus: Fähnernflysch. Fundort: Hörnligubel.
  2. Graubrauner Helminthoidenkalk. Typus Wäggitalflysch. Fundort: Steintal gegenüber Schloßberg.
  3. Graugrüner, etwas verkieselter Kalk. Fundort: Groß Rotstein.
  4. Gelbe Kalke, stellenweise leicht sandig, oft voll *Schwamnnadeln*. Überall verbreitet.
  5. Graue Fleckenkalke. Überall verbreitet.
  6. Graue und dunkle Kieselkalke. Überall verbreitet.
  7. Mergelige graue, stellenweise hell und dunkel gebänderte Kalke. Selten, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.
  8. Grauer, organogen detritischer Kalk mit Dolomitkomponenten. *Orbitoiden* und *Siderolites* führend. Ununterscheidbar von einer „sandigen Kalkbrekzie mit Siderolites“ aus dem Wäggitaler Flysch. (Coll. Ochsner. Geol. Institut ETH Zürich.) Fundort: Libingen. Feinkörnige Varietät. Fundort: Roten.
  9. Grauer, etwas sandiger Kalk. In organogen-detritischem Kalkzement ruhen viele rote Granitkomponenten. Sehr ähnlich priabonem Wildflysch. Typus Amden. Fundort: Fuchsloch.
- Nummulitenkalke. Selten. Fundstellen: Untere und mittlere OSM.
10. Grünsand mit *Assilina exponens*. Oberer Grünsand einer Einsiedler Nummulitenkalkbank. Fundort: Zinggen.
  11. Gelblicher Kalk erfüllt mit gut herausgewitterten *Assilina granulosa*. Untereozän Einsiedeln. Fundort: Petersegg-Hörnli.

12. Nummulitenkalk mit *Alveolinen*. Fundort: Herenberg-Frauenfeld.
13. Gelber Nummulitenkalk mit viel *Milioliden* und *Discocyclinen*, stark echinodermisch. Ähnlich Schlierensandstein. Fundort: Eglingen bei Goldingen.
12. Dolomite. Überall verbreitet, besonders unter den kleinen Größenklassen.
  1. Helle, fein bis gröberkörnige Dolomite. Typus Arlbergdolomit. Seltener als die grauen Varietäten.
  2. Graue, dichte, fein bis grobkörnige Dolomite. Gewisse Typen staubig anwitternd. Typus Hauptdolomit. Sehr häufig.
  3. Dunkle, feinkörnige Dolomite. Typus Hauptdolomit. Beim Anschlagen stinkend. Häufig.
  4. Graue oder dunkle Dolomitbrekzien. Die einzelnen Komponentchen liegen in hellgelbem mehligem Bindemittel. Die Brekzien sind monomikt (tektonische Brekzie). Fundorte: Groß Rotstein, Klein Rotstein, Kreuzegg.
13. Quarzite. Überall verbreitet.
  1. Braune Quarzite mit splitterigem Bruch. Oft kleine gelbe Dolomitkomponentchen führend (Flysch).
  2. Weiße milchige Quarzite. Seltener als 1, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.
14. Ölquarzite. Überall verbreitet. Grüne Quarzite von „öliger“ Farbe. Meist rötlich anwitternd. Stellenweise noch deutlich Glaukonitkörper führend.
15. Radiolarite und Hornsteine. An kein bestimmtes Niveau gebunden.
  1. Rote oder grüne Radiolarite, stellenweise deutlich *Radiolarien* führend. Selten. Ostalpine Herkunft.
  2. Braune und schwarze dichte Hornsteine.
16. Flyschsandkalke. Überall verbreitet. Graue oder gelbliche Typen, oft fein verteilte Dolomitkomponentchen oder Glaukonitkörper führend. Teilweise sehr stark verkieselt.
17. Flyschsandsteine. Überall verbreitet.
  1. Graue oder gelbliche, stellenweise leicht glaukonitische Sandsteine, stellenweise voll *Bryozoen*. Überall verbreitet.
  2. Glaukonitsandstein. Fundort: Roten.

3. Grauer Flyschkalksandstein mit feinstem Dolomitmaterial. Wäggitalerflysch (?). Fundort: Walde. Grobe Varietät: Fundort: Wolfstobel-Hörnli.
  4. Graugrüner Sandstein mit Dolomit und grünen Kristallinkomponenten. Ähnlich Altorfersandstein. Fundort: Welschenberggipfel.
  5. Graue, grobkörnige Quarzsandsteine, zum Teil mit gerollten hellen Quarzitkomponenten. Verschiedene Fundstellen.
18. Tristelgesteine. Im ganzen Untersuchungsgebiet mit Ausnahme des eigentlichen Hörligebietes gefunden, Abnahme gegen das Hangende.  
Dunkelgraue sandige Kalke mit Dolomitkomponenten. Seltener eigentliche Tristelbrekzien mit *Bryozoen* und *Orbitolinen*, sowie grünen Kristallinkomponenten. Ununterscheidbar von Vergleichsstücken aus dem Falknis.
19. Brekzien und Konglomerate.
1. Echinodermenbrekzie mit gerundeten Dolomitkomponenten. Flysch (?). Fundort: Atzmännig.
  2. Graublaue Kalkdolomitbrekzie (ähnlich Rämsibrekkzie). Hörligubel.
  3. Kieseliger grauer Kalk mit schwarzen Komponenten. Primärbrekzie eventuell helvetisch (?). Tithon. Kreuzegg.
  4. Brekzie mit gelben Dolomitkomponenten, zum Teil gut gerollt, und Schalentrümmern, eingebettet in Kalkzement. Nicht sandig. Herkunft unbestimmt. Fundort: Kreuzegg, beim Gasthaus.
  5. Geröll, eine Hälfte grobkörnige, blaugraue Echinodermenbrekzie, andere Hälfte grobkörniger Quarzsandstein. Herkunft unbestimmt. Fundort: Baumgarten bei Goldingen.
  6. Flyschkonglomerat. In grüngelbem Bindemittel liegen gut gerollte Quarz- und Dolomitkomponenten. Selten, aber an kein bestimmtes Niveau gebunden.
  7. Mocausakonglomerate, bestehend aus dichten weißen oder grauen Kalken, Dolomiten und Radiolariten, zum Teil sehr gut gerundete Einsprenglinge. Fundorte: Verschiedene Fundstellen in der untern und mittleren OSM.
20. Verrucano-Buntsandsteine. Überall verbreitet. In der OMM und in der untern OSM jedoch nur als kleine Gerölle, während besonders im Hörligebiet Verrucanogerölle oft in Größenklasse IV auftreten. Psammiten bis Konglomerate mit roter sandiger Grundmasse und großen quarzitischen Einsprenglingen.

21. Umgelagerte Molassesedimente selten. Nur in den oberen Schichten der OSM gefunden. Graue Sandsteine, sehr ähnlich stampischen Molassesandsteinen.
22. Andere Sedimente. Vereinzelt wurden in vielen Zählungen reine Kalzitgerölle gefunden.

### **Frühere Beobachtungen in der Nagelfluh zwischen Ricken und Hörnli**

Das erste Geröllartenverzeichnis aus meinem Untersuchungsgebiet gab *Gutzwiller* (Lit. 44). Er betrachtete die Nagelfluh des gesamten Gebietes — seiner 4. Nagelfluhzone — als bunt. Immerhin bemerkte er dazu, daß der Kristallingehalt im S 20—30 %, im N aber stellenweise nur noch 3 % betrage. In seinem Geröllverzeichnis zählte er in erster Linie diverse kristalline Gesteinsarten auf, während er die Untersuchung der sedimentären Nagelfluhkomponenten etwas vernachlässigte. Außer den auch von mir gefundenen Geröllen erwähnte er einen schwarzen, etwas kieselhaltigen Kalk mit unebenem Bruch mit einer sehr schönen Fucoide (sehr ähnlich Chondrites intricatus Brogn.). *J. Früh* (Lit. 34, S. 84) untersuchte im Gebiet südlich des Hörnli, in der Gegend von Libingen-Krinau, diverse Nagelfluhaufschlüsse. Er erwähnt Lithothamnienkalke, Schrattenkalke der verschiedensten Formen, Valangienkieselkalke, diverse Malm- und Liasgesteine, darunter Hauptdolomitbrekzien, Echinodermenbrekzien mit Crinoidenstielgliedern, Adnetherkalke, Steinsbergerliaskalke, Mangankiesel und Fleckenmergel, sowie diverse Rhätgerölle. In Libingen fand er einen „Plattenkalk mit Rissoa alpina Gümb.“, sowie „einen deutlichen Gabbro“. *Escher-Heß* (Lit. 30) publizierte erstmals Geröllzählungen aus meinem Untersuchungsgebiet. Diese stimmen mit meinen eigenen Befunden weitgehend überein. Im übrigen fand auch er zahlreiche helvetische Kalkgerölle. *Cadisch* (Lit. 17, S. 225) beschrieb 1923 aus der Hörnlinagelfluh Silvrettagerölle (grobkörniger Muskowit-Biotitaugengneis), Verrucano und Buntsandstein, rote und grüne ostalpine Granite, jurassische ostalpine Gesteine (Biancone, bunte Liaskalke und Brekzien, Radiolarite usw.) und Tristelbrekzien. Daneben fand er mesozoische basische Eruptiva, darunter bemerkenswerterweise auch von mir nie gefundene Serpentingerölle. Immerhin bemerkte er, daß sie relativ stark zurückbleiben gegenüber den andern Komponenten. Cadisch wies auch besonders auf den großen, gegen N zunehmenden Dolomitgehalt hin.

### **Der Ablauf der Nagelfluhschüttung in meinem Untersuchungsgebiet**

Wir sehen sowohl aus den quantitativen, wie aus den qualitativen Untersuchungen, daß die große Zahl der Gerölltypen in allen Schichtstufen der Hörnlinagelfluh auftritt. Daraus kann man schließen, daß plötzliche große

tektonische Veränderungen im Quellgebiet des den Hörlischuttkegel aufbauenden Urrheins und seiner Zuflüsse in diesem Zeitraum kaum stattgefunden haben. Die immer große Transportkraft der Flüsse wurde wohl weniger durch die fortwährende Hebung des Rücklandes, sondern durch andauernde Senkung des Molassetroges gewährleistet. So konnten der Rhein und seine Zuflüsse während längerer Zeit in den gleichen Gebieten erodieren und wurden nicht zur Bettverlegung großen Stils gezwungen.

Auffällig ist nun aber, wie einzelne „Leitgerölle“ — wie die helvetischen Gerölle — plötzlich in den oberen Partien der mittleren OSM vorkommen, während anderseits die Tristelgesteine in diesen Schichten mehr und mehr zurücktreten. Im eigentlichen Hörligebiet fallen sie sogar ganz aus. Besonderswert ist auch, daß die Verrucanogerölle in den tiefen Schichten nur den kleinen Größenklassen, in den höhern aber mehr und mehr den großen Größenklassen angehören. Wir sehen daraus, daß wichtige Veränderungen im Einzugsgebiet der Flüsse tatsächlich während der mittleren und oberen OSM stattgefunden haben.

Die helvetischen Sedimente gelangten wohl im Einzugsgebiet eines Nebenflusses zur Erosion, während der Hauptfluß und die große Zahl der übrigen Nebenflüsse aus ihren Einzugsgebieten weiterhin die ähnlichen Gerölle förderten wie während der OMM und der unteren OSM. Das Auftreten der großen Verrucanogerölle röhrt wohl davon her, daß neben der immer noch fortdauernden Zufuhr von kleinen Geröllchen aus weit im Alpeninnern gelegenen Gebieten plötzlich durch einen Nebenfluß in einer der Molasse näher gelegenen Zone Verrucano erodiert und in Form der großen Komponenten in den oberen Hörlischichten abgelagert wurde.

Wir können so im Ablauf der Nagelfluhschüttung in meinem Untersuchungsgebiet ein Abbild der von *R. Staub* (Lit. 92) postulierten alpinen Bewegungsphasen sehen: Das Einsetzen der Hörlinagelfluhschüttung an der oligomiozänen Grenze ist als Abbild der frühinsubrischen, die verstärkte Geröllführung (größere Gerölle in der Basisnagelfluh der OSM siehe S. 22) an der Basis der OSM der mittelinsubrischen und die Veränderungen in der Geröllführung der Nagelfluh der mittleren und oberen OSM der spätinsubrischen Phase gleichzusetzen.

### **Die Herkunft der Nagelfluhgerölle**

In der preisgekrönten Publikation von *J. Früh*, „Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz“ (Lit. 34) 1887 wurde erstmals der Nachweis erbracht, daß die Nagelfluhgerölle Ablagerungen alpiner Flüsse sind und nicht aus dem Schwarzwald oder von einem hypothetischen Randgebirge stammen, wie das Studer (Lit. 95) angenommen hatte. *Früh* bezeichnete als die Heimat der Nagelfluhgerölle die nördlichsten ostschweizerischen Kreidekämme, die Lias- und Triasprovinzen von Vorarlberg, Nordtirol und Bünden,

ferner die kristallinen Gebiete des Bündnerlandes, eventuell des Westtirols. Auch *Escher-Heß* (Lit. 30) verglich viele Kalkgerölle der Molassenagelfluh mit Gesteinen aus dem helvetischen Faziesgebiet. In der Zeit vor der Deckentheorie war eine solche Zuschreibung naheliegend; das völlige Fehlen helvetischer Gerölle des der Molasse zunächst liegenden alpinen Hinterlandes wäre nur sehr schwer erklärlch gewesen. Später wurden diese Zitate helvetischer Molassegerölle mit dem genaueren Bekanntwerden der praearippen und der graubündnerischen sedimentären Gesteinsserien mehr und mehr in Zweifel gezogen und durch Vergleiche mit Gesteinen aus diesen neudurchforschten Gebieten ersetzt. So nahm *Albert Heim* (Lit. 50, S. 49 ff.) für die von den oben zitierten Autoren öfters beschriebenen Schrattenkalkgerölle Verwechslung mit Klippenmalm an. *Cadisch* (Lit. 17, 18 und 19), als Kenner der Falknis-Sulzfluh-Serien Graubündens, identifizierte die unzweifelhaften Urgongerölle der st. gallisch-appenzellischen oligozänen und untermiocänen Molassenagelfluhen als sichere Tristelbrekzie der Falknis-Decke, von helvetischem Schrattenkalk unterschieden durch die Einstreuung von reichlichem fremdem Detritus, namentlich Dolomittrümmerchen. *H. H. Renz* (Lit. 81, S. 92) faßte schließlich die Einstellung der schweizerischen Geologen zu dieser Frage wie folgt zusammen: „Sichere helvetische Belege fehlen allen Schuttfächern; die Früh'schen diesbezüglichen Bestimmungen (Schratten-, Seewer-, Hochgebirgskalk) haben sich als irrig erwiesen.“ Aus den benachbarten Molassegebieten des Allgäus und Bayerns hatte allerdings *Boden* (Lit. 10, 14) — worauf auch *R. Staub* (Lit. 92) hinwies — auch in neuerer Zeit auf das Vorhandensein helvetischer Gerölle aufmerksam gemacht.

Wie bereits früher dargelegt wurde, sind aber helvetische Gerölle in der Nagelfluh des engen Hörnligebietes tatsächlich vorhanden. *J. Speck* (Lit. 90) fand 1942 ebenfalls eine helvetische Geröllkollektion in der Nagelfluh an der Baarburg bei Zug.

Die Frage der Herkunft der helvetischen Gerölle wurde in unserer gemeinsamen Publikation (W. Leupold, H. Tanner und J. Speck, „Neue Geröllstudien in der Molasse“, Lit. 67) 1942 eingehend diskutiert, so daß ich mich hier kurz fassen kann. Wir erwähnten damals folgende Herkunfts möglichkeiten:

1. Abstammung von der embryonalen Stirnpartie der helvetischen Hauptdecke. Die Anerodierung wäre dabei im ersten Augenblick ihrer Anlage, gerade beim Durchspießen des auflagernden südhelvetischen Flysches durch die Decke erfolgt.
2. Abstammung von einem wagetenähnlichen Schubsplitter, der bei der Vorüberschiebung des südhelvetischen Flysches aus der helvetischen Fazieszone abgeschürft und an den Alpenrand verfrachtet und dort mit der Flyschdecke zusammen noch vor Herannahen des Schlittens der helvetischen Hauptdecke der Erosion anheimgefallen wäre.

3. Es wäre auch denkbar, daß in Verbindung mit dem Herannahen der helvetischen Hauptdecke und deren beginnender Bremsung an der Front derselben frühzeitig eine dem Flifältchen ähnliche erste Aufschuppung angelegt worden wäre, welche die hangenden Flyschmassen durchspießt hätte und mit denselben schon zur Zeit der obren OSM der Abtragung unterworfen worden wäre. Es würde sich dabei nicht um die eigentliche heutige Randkette handeln müssen, sondern es ist ja durchaus denkbar, daß solche Schubsplitter einer primären Randkette später durch die Hauptkette überholt worden wären und heute in der Verlängerung von Wageten und Flifältchen unter Säntis-Churfürsten oder zwischen Linth und Reuß unter der Lawine des Einsiedler Flysches verborgen liegen würden.
4. Wenn südhelvetische Herkunft der Gerölle vorliegt, was vorläufig infolge mangelnder Vergleichsstücke nicht entschieden werden kann, bestünde die aus verschiedenen Gründen allerdings recht unwahrscheinliche Möglichkeit, daß diese aus einem Blockflysch mit Blöcken südhelvetischer Sedimente, ähnlich dem Flysch der Berra, stammen und in der Nagelfluh der OSM bereits auf dritter Lagerstätte liegen könnten.

Welche dieser erwähnten Möglichkeiten den Tatsachen entspricht, kann vorläufig noch nicht entschieden werden. Es werden dazu vorerst einmal umfassende mikro-lithologische Studien im helvetischen Rückland nötig sein, damit eine sichere Unterscheidung nordhelvetischer oder südhelvetischer Herkunft der Gerölle möglich wird. Meine weiteren Nagelfluhuntersuchungen in den Jahren 1942—44 haben keine wesentlichen neuen Gesichtspunkte hinsichtlich der Frage der Herkunft der helvetischen Kalkgerölle erbracht. Erwähnenswert bleibt nur die Tatsache, daß sich die sicheren helvetischen Kalkgerölle erst in den oberen Nagelfluhbänken der mittleren OSM einstellen und überall in der oberen OSM gefunden wurden. Hingegen habe ich in den tiefen Schichten bisher keine helvetischen Komponenten feststellen können.

Der Großteil der Flyschgerölle in der Molasse nördlich des Rickens stammt, wie sich anhand einzelner typischer Vertreter nachweisen läßt, aus dem Flysch auf dem Rücken der helvetischen Hauptdecke (Lit. 63). Einzelne Stücke sind ununterscheidbar von Vergleichsstücken aus dem Amdener-, Wäggitaler- und Fähnernflysch. Zudem weisen alle Flyschgerölle einen derart geringen Grad der Metamorphose auf, daß sie nicht oder doch nur in sehr geringem Maße von der Masse der helvetischen Hauptdecke überfahren werden konnten. Die Nummulitenkalkgerölle lassen sich sicher heimweisen. Sie stammen aus den Einsiedler Nummulitenriffen. Immerhin besteht bei der Tatsache ihrer großen Seltenheit in der Nagelfluh der OSM und ihrer großen Häufigkeit in den oligozänen Schuttfächern die Möglichkeit, daß sie in der Hörlinagelfluh bereits auf der dritten Lagerstätte liegen. Wir

hätten es in diesem Falle mit Umlagerungen aus älterer Nagelfluh zu tun. Der ostalpine Faziesraum ist in den Nagelfluhgeröllen meines Untersuchungsraumes durch die große Masse der nicht näher heimzuweisenden Dolomite, Verrucano-Buntsandsteine, Rhätiumachellen, roten Liaskalke und Radiolarite vertreten. Die radiolarienreichen Ptychenkalke werden der Simmendecke entstammen, die wohl, nach dem häufigen Auftreten der Mocausakonglomerate, sowohl in der subalpinen oligozänen Molasse (Lit. 67) wie auch im Hörnlifächer eine recht große Ausdehnung gehabt haben muß. Der Anteil der Klippendecke kommt besonders in den vielen Tithonkalken und in den Tristelgesteinen zum Ausdruck. Leider sind wir aber auch über die Mikrolithologie der Klippengesteine vorläufig noch recht dürftig orientiert. Die kristallinen Gerölle lassen sich, wie schon auf Seite 63 ausgeführt wurde, ebenfalls aus ostalpinen Decken ableiten. Das relativ seltene Auftreten von sicheren Silvrettageröllen läßt sich vielleicht darauf zurückführen, daß das Silvrettagebiet im Miozän möglicherweise zum größten Teil im Einzugsgebiet des Inn lag. Mit der späteren Erlahmung der Erosionskraft dieses Flusses wurden dann diese Gegenden teilweise vom Rhein erobert, zu dem sie auch heute noch entwässern. Das wäre eine Möglichkeit zur Erklärung der auffallenden Tatsache, daß in rezenten Kiesbänken des Rheins die Silvretta-amphibolite eine weit größere Rolle spielen, als ihnen — nach ihrem relativ spärlichen Auftreten und dem meist schlechten Erhaltungszustand in der Molasse zu schließen — eigentlich zukommen würde.

Schließlich deutet das Auftreten von stampischen Molassesandsteinen als Nagelfluhgerölle darauf hin, daß wir auch mit Umlagerungen innerhalb der Molasse etwas stärker zu rechnen haben, als man gemeinhin annimmt.

Abschließend möchte ich darauf hinweisen, daß wir mit den Nagelfluhuntersuchungen noch lange nicht am Ziele sind. Wenn einmal die mikrolithologische und paläontologische Erforschung des Hinterlandes weiter fortgeschritten ist, wird es sicherlich möglich sein, die Heimatbestimmung der Nagelfluhgerölle noch wesentlich zu verfeinern. Damit können wir dann aber anhand des Auftretens der Nagelfluhkomponenten uns ein besseres Bild des Ablaufs der alpinen Bewegungsvorgänge machen, als dies heute möglich ist.

### **Untersuchungen über Form und Rundung der Nagelfluhgerölle**

Zur Nagelfluhanalyse gehören auch Untersuchungen über Form und Rundung der Gerölle. Aus dem Vergleich der Ergebnisse mit Untersuchungen an rezenten Flusschottern und durch Laboratoriumsversuche werden sich Schlüsse über den Weg und die Art des Transportes der Gerölle von ihrer Heimat bis zur heutigen Ablagerungsstelle ziehen lassen. Leider sind solche Untersuchungen hierzulande noch sehr spärlich ausgeführt worden, so daß vorläufig noch das Vergleichsmaterial fehlt.

Einer der ersten, der Untersuchungen über den Gerölltransport anstellte, war *Ludwig* (Lit. 70, 71). Er untersuchte, wie nach ihm *Geiger* (Lit. 38), nur die Größenverhältnisse, nicht aber Form und Rundung der Nagelfluhkomponenten. Der erste, der bei uns Spezialuntersuchungen auf diesem Gebiet durchführte, war *Zingg*. Er gibt in seinem „Beitrag zur Schotteranalyse“ (Lit. 107) eine brauchbare Anleitung zur Bestimmung von Form und Rundung. Neuerdings haben *Krummbein* und *Wadell* die Untersuchungsmethoden teilweise abgeändert und, was Rundungsuntersuchungen anbelangt, stark verbessert.

### Methode

Form und Rundung sind — eine Tatsache, auf die schon *Wadell* und *Zingg* (Lit. 100 und 107) hinwiesen — zwei klar verschiedene Begriffe. Die Form ist gänzlich unabhängig davon, ob die Kanten oder Ecken einer Komponente scharf oder rund sind. Die Rundung dagegen ist ein Maß der Krümmung der Ecken und Kanten eines Partikels, unabhängig von seiner Form. Für die Bestimmung der Form maß *Zingg* die drei Hauptdurchmesser  $a$ ,  $b$ ,  $c$  eines Gerölles und errechnete das Verhältnis  $b/a$  und  $c/b$ . Er stellte folgende vier Formklassen auf:

- I. flach
- II. kugelig
- III. stengelig
- IV. flachstengelig

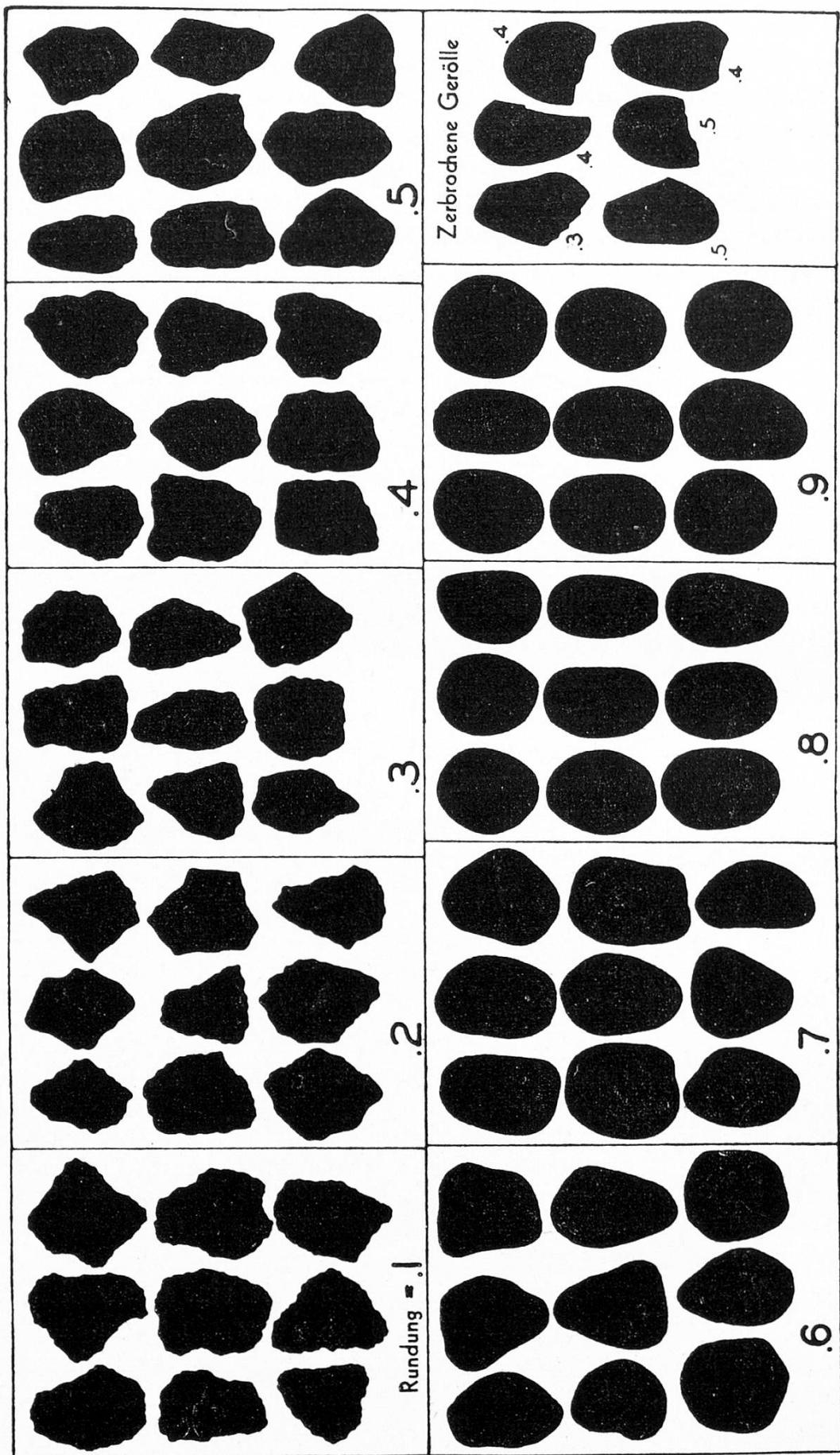
Die Zuordnung zu den Klassen erfolgte dabei durch folgende Werte der Achsenverhältnisse (a. a. O., S. 54):

I. $b/a > 2/3$	$c/b < 2/3$
II. $b/a > 2/3$	$c/b > 2/3$
III. $b/a < 2/3$	$c/b > 2/3$
IV. $b/a < 2/3$	$c/b < 2/3$

Für meine Untersuchungen habe ich diese Methode von *Zingg* gewählt. Sie hat den Vorteil, daß man sich bei Erwähnung der Formklasse sofort eine Vorstellung über die Form des Gerölles machen kann.

Für die Rundungsuntersuchungen folgte ich der Methode von *Krummbein/Wadell* (Lit. 60). Hier werden die Gerölle mit Standardbildern verglichen, denen ein bestimmter Rundungswert zukommt (1—9, wobei 1 die am schlechtesten gerundeten, 9 die am besten gerundeten Stücke erfaßt).

So erhält man auf raschste und einfachste Weise eine anschauliche Vorstellung über die Rundung eines Gerölles oder über die durchschnittliche Rundung einer Geröllgruppe. Damit meine Resultate Vergleichswert erhalten, ist es nötig, daß auch künftige Rundungsuntersuchungen mit Hilfe der auf Seite 76 beigegebenen Typentafel von *Krummbein* ausgeführt werden.



## Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse von 25 Messungen an Nagelfluhgerölle aus der Molasse zwischen Ricken und Hörnli und zu Vergleichszwecken 3 aus weiteren Molassenagelfluhen (Herenberg-Frauenfeld, Forch, Uetliberg) sowie einer Messung an rezenten Thorschottern (Rohrbrücke Frauenfeld) wiedergegeben. Da Resultate von Form und Rundungsuntersuchungen an Nagelfluhgerölle bis jetzt mit Ausnahme derjenigen von Zingg (Lit. 107) meines Wissens in der Schweiz noch nie publiziert wurden, erachte ich es für notwendig, meine Ergebnisse möglichst detailliert wiederzugeben, auch wenn es mir aus Mangel an Vergleichsmaterial nicht möglich ist, endgültige Schlüsse aus meinen Untersuchungen zu ziehen. Die vorliegenden Resultate erhalten ihren wahren Wert erst, wenn einmal nach gleichen Methoden ausgeführte Untersuchungen aus andern Nagelfluhgebieten und vor allem aus rezenten Flusschottern vorliegen. Die von mir in Thorschottern (Nr. 38) vorgenommene Messung hat nur orientierenden Charakter. Im übrigen eignet sich die Thur in ihrem Unterlaufe für derartige Untersuchungen nicht gut, weil sie — neben Gesteinen aus dem Säntisgebiet — eine Mischung von Molasse- und Diluvialmaterial führt.

Tabelle V

*Die Zugehörigkeit der Nagelfluhgerölle zu den verschiedenen Form- und Rundungsklassen*  
 (Angaben in Prozent der Messung. Es wurden je 200 Gerölle gemessen)

Nr.*	Formklasse			Rundungsklassen					Durchschnittl. Rundung
	I	II	III	IV	5	6	7	8	
1.	35,5	39,0	18,5	6,0	2,5	18,5	33,0	30,5	15,0    7,37
6.	28,5	43,0	20,5	8,0	6,0	26,5	41,5	23,0	3,0    6,9
15.	44,5	30,5	14,0	11,0	2,5	6,0	29,5	28,5	33,5    7,8
16.	43,0	35,5	13,0	8,5	1,0	9,0	36,5	32,5	21,0    7,58
17.	34,0	44,0	14,5	7,5	1,5	7,0	29,0	33,5	29,0    7,67
10.	32,0	50,5	13,5	4,0	—	19,0	42,0	33,0	6,0    7,26
12.	40,5	36,5	17,5	5,5	2,0	13,0	44,0	35,0	6,0    7,30
2.	37,5	38,5	17,5	6,5	3,5	9,0	30,5	30,0	27,0    7,68
7.	33,0	37,5	21,5	8,0	—	23,0	47,5	23,5	6,0    7,12
8.	29,0	44,0	18,5	8,5	—	19,0	46,0	25,5	9,5    7,24
9.	35,0	42,5	17,0	5,5	1,5	16,5	50,5	25,5	6,0    7,16
13.	41,5	34,0	18,0	6,5	2,5	12,0	38,0	38,5	9,0    7,39
14.	50,0	23,0	13,5	13,5	1,5	18,5	32,0	35,0	13,0    7,39
3.	32,5	35,5	25,0	7,0	—	7,0	39,0	28,0	26,0    7,98
18.	39,5	37,5	14,5	8,5	0,5	4,0	25,5	41,5	28,5    7,92
21.	34,0	42,0	17,0	7,0	0,5	8,0	47,0	40,0	5,0    7,41
22.	30,0	48,0	14,0	8,0	—	10,0	54,0	30,0	6,0    7,32
23.	37,5	38,0	19,0	5,5	—	8,0	52,5	34,5	5,0    7,36
24.	25,5	49,0	19,0	6,5	1,0	11,0	52,0	35,0	1,0    7,23
25.	30,0	40,5	19,0	10,5	—	10,0	32,0	37,5	20,5    7,68

\* Die Nummern bezeichnen die Lokalitäten der Messungen, siehe S. 52.

Nr.*	I	II	Formklasse III	IV	5	Rundungsklassen			9	Durchschnittl. Rundung
						6	7	8		
5.	38,0	34,0	15,0	13,0	5,0	21,5	44,5	24,0	5,0	7,00
26.	34,0	40,5	15,5	10,0	0,5	5,5	26,5	31,0	36,5	7,97
4.	42,5	41,5	10,0	6,0	2,5	12,0	44,5	30,0	11,0	7,35
27.	32,5	35,0	26,5	6,0	0,5	18,0	33,5	30,0	17,5	7,44
28.	37,0	42,0	14,0	7,0	0,5	15,0	43,0	25,5	16,0	7,34
29.	39,0	34,0	15,5	11,5	0,5	11,5	38,5	36,5	13,0	7,5
38.	50,5	28,0	11,5	10,0	1,5	10,0	31,5	24,5	32,5	7,76

Wir sehen, daß die flachen und kugeligen Formen am stärksten vertreten sind. In 65 % der Nagelfluhzählungen dominieren die kugeligen, in 35 % die flachen Gerölle. Die stengeligen Gerölle folgen in jeder Zählung an dritter Stelle. Sie sind aber stets mit recht beträchtlichen Anteilen vertreten. Die flachstengeligen Komponenten spielen meist nur eine untergeordnete Rolle. Auffällig ist aber, daß stengelige und flachstengelige Gerölle zusammen fast durchwegs zwischen 20—30 % der Zählung bilden. Sie schwanken dabei in dem Sinne, daß bei großer Anzahl stengeliger Gerölle die Menge der flachstengeligen relativ klein ist und umgekehrt.

Fast in allen Zählungen gehören die meisten Komponenten der Rundungsklasse 7 an, daneben sehen wir aber in fünf Lokalitäten ein Überwiegen der Klasse 8 und an zwei Orten gar der höchsten Klasse 9. Extreme Werte für einzelne Gerölle beobachtete ich sowohl in Zählung 24 (Schnebelhorn) wie 5 (Hörnligipfel), wo vereinzelte Quarzite der Rundungsklasse 4 auftreten. Irgendeine Gesetzmäßigkeit können wir aus Tabelle V nicht ablesen. Das veranschaulicht besonders gut die Liste der durchschnittlichen Rundungen. (Diese wurde durch Addition aller Rundungswerte und Division durch die Anzahl der Komponenten ermittelt.) Wir finden hohe Werte in den alpennächsten Gebieten (Kreuzegg) wie an Zählstellen, die viel weiter nördlich liegen; anderseits sehen wir, daß die zwei tiefsten Werte in der untersten Nagelfluhbank im Goldingertobel (Nr. 6: 6,9) und auf dem Hörnligipfel (Nr. 5: 7,0) auftreten. Betrachten wir nun

#### das Verhalten der verschiedenen Gesteinsarten

in bezug auf Form und Rundung. Ich habe zu diesem Zweck die folgenden vier Gesteinsarten berücksichtigt:

- Dolomite
- Kalke aller Arten
- Sandsteine inklusive Sandkalke
- Quarzite

Die restlichen Gemengteile waren in den Messungen in zu geringer Anzahl vertreten, als daß bei ihrer Berücksichtigung mehr als Zufallswerte resultiert hätten.

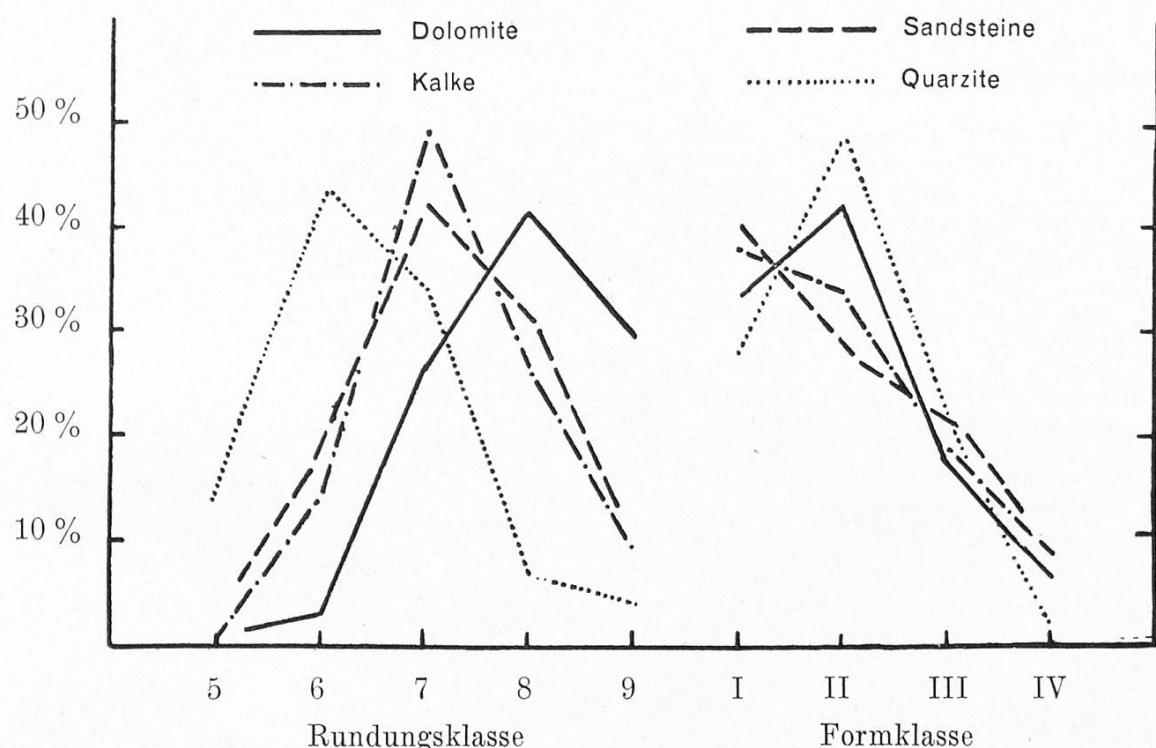
\* Die Nummern bezeichnen die Lokalitäten der Messungen, siehe S. 52.

Tabelle VIa

*Die Rundung der einzelnen Gesteinsarten*

(Angaben in Prozent)

Rundungsklasse	4	5	6	7	8	9	Durchschnittl. Rundung
Dolomite . . . . .	—	0,25	3	26	41,5	29,25	7,97
Kalke . . . . .	—	1	14,25	47,25	27,6	9,9	7,31
Sandsteine . . . . .	—	0,3	17,6	41,7	31,4	9	7,31
Quarzite . . . . .	0,5	12,75	41,5	34,5	6,75	4	6,46

*Die Abhängigkeit von Rundung und Form vom Material der Gerölle*

Aus Tabelle VI und aus der graphischen Darstellung ergibt sich folgendes:

Die Dolomite sind weitaus am besten gerundet. Sie weisen in sämtlichen Zählungen die höchsten Werte auf. Als Kuriosität sei erwähnt, daß ich auf Groß Rotstein im Liegenden des „Appenzeller Granites“ Exemplare mit Rundung 5 gefunden habe.

Kalke und Sandsteine verhalten sich ungefähr gleich. Beide treten in überwiegender Menge in der Klasse 7 auf. Die Quarzite, als die härtesten Gerölle, sind — sowohl im Gesamtdurchschnitt wie auch in jeder einzelnen Zählung — weitaus am schlechtesten gerundet. Extreme Stücke weisen Rundung 4 auf. Anderseits treten aber vereinzelt auch Quarzite auf, die der Klasse 9 angehören (Zählungen 1, 2, 25).

Tabelle VIIb

*Verteilung der einzelnen Gesteinsarten auf die vier Formklassen*  
 (Angaben in Prozent)

	I flach	II kugelig	III stengelig	IV flachstengelig
Dolomite . . . . .	33,5	42,5	17,75	6,25
Kalke . . . . .	38	34	19	9
Sandsteine . . . . .	40	29,25	21,25	9,5
Quarzite . . . . .	28	49	21	2

Dolomite und Quarzite bevorzugen kugelige Formen, während bei Sandsteinen und Kalken flache Gerölle an erster Stelle stehen.

### Über das

### Verhalten der Größenklassen

in bezug auf Form und Rundung orientieren Tabellen VIIa und VIIb sowie die graphische Darstellung Seite 81. (Um eine genügend große Anzahl „großer“ Gerölle zu erhalten, wurden die Klassen III und IV zusammengezogen.)

Tabelle VIIa

*Die Rundung der verschiedenen Größenklassen*

Rundungsklasse	4	5	6	7	8	9	Durchschnittl. Rundung
Größenklasse I	0,25	2,25	13,5	31	31,5	21,5	7,55
II	—	1,5	13,5	43,5	31,5	10	7,35
III/IV	—	0,75	16,75	62,25	19,5	0,75	7,17

Tabelle VIIb

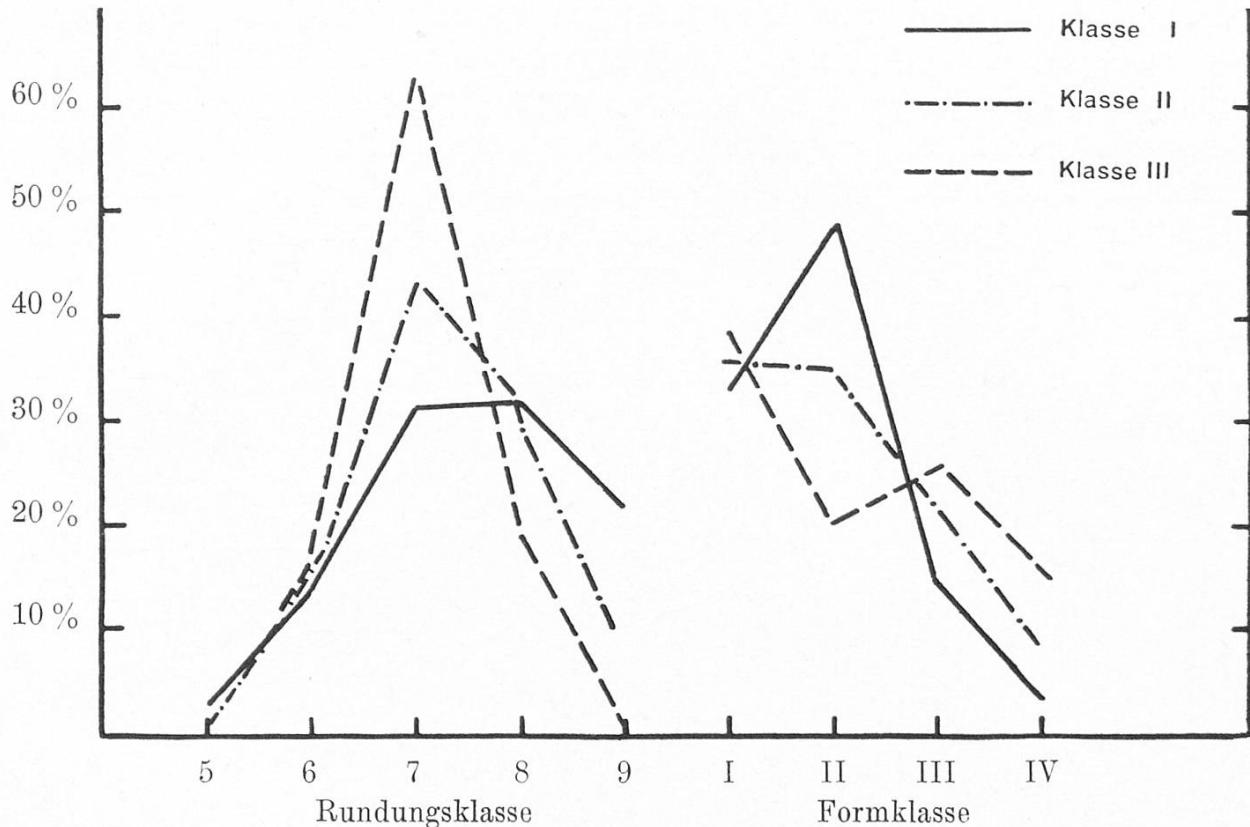
*Die Verteilung der einzelnen Größenklassen auf die vier Formklassen*

Formklasse	I	II	III	IV
Größenklasse I	33,5	48,5	14,5	3,5
II	35,25	35,0	21,5	8,25
III/IV	38,5	20,25	26,0	15,25

Aus diesen Zusammenstellungen ergibt sich klar folgendes:

1. Die Rundung nimmt mit abnehmender Größe der Komponenten zu.
2. Der Anteil der kugeligen Gerölle nimmt mit abnehmender Größe der Komponenten ebenfalls zu.
3. Bei den andern Größenklassen stehen die flachen Gerölle an erster Stelle.
4. Verhältnismäßig am meisten stengelige und flachstengelige Komponenten finden wir in den Größenklassen III/IV.

*Die Abhängigkeit von Rundung und Form von der GeröllgröÙe*



Zum Schlusse untersuchen wir nun noch

Tabelle VIII *Die Rundung der einzelnen Formklassen*

	Rundungsklasse	4	5	6	7	8	9	Durchschnittl. Rundung
Formklasse	I	—	1,75	11,25	41,5	32,0	13,5	7,45
	II	0,25	1,75	17,0	33,5	30,5	17,0	7,43
	III	0,25	2,0	13,5	49,25	28,0	7,0	7,24
	IV	—	—	9,25	50,0	30,0	10,75	7,50

Hier ergibt sich die einigermaßen überraschende Tatsache, daß die flachstengeligen und die flachen Gerölle durchschnittlich etwas besser gerundet sind als die kugeligen Gerölle. Dies liegt darin begründet, daß die im allgemeinen schlecht gerundeten Quarzite hauptsächlich in der Formklasse II auftreten. In einzelnen Zählungen, in denen die Quarzite stark zurücktreten und die Dolomite dominieren, sind deshalb auch die kugeligen Gerölle besser gerundet als die andern Formklassen.

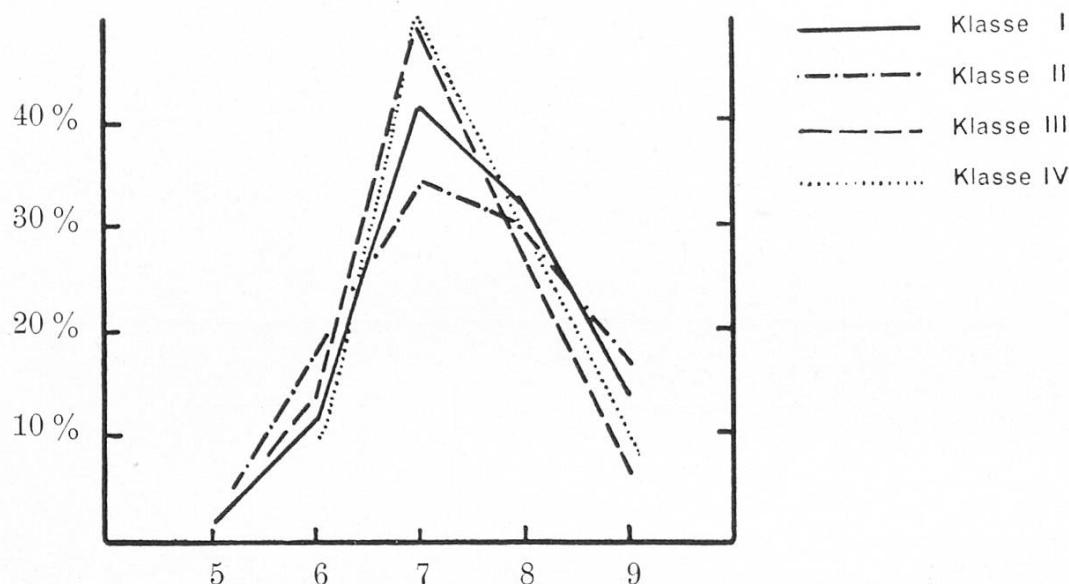
#### Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus dem im vorliegenden Abschnitt Gesagten können wir folgende Schlüsse ziehen:

1. Für die Rundung einer Komponente ist
  - a. ihr Material,
  - b. ihre Größe maßgebend.

Das Material der Komponente spielt dabei eine größere Rolle als ihre Größe; denn wir finden unter den Kleingeröllell sowohl gut gerundete Dolomite wie schlecht gerundete Quarzite. Das Überwiegen dieser letzteren führt zum Beispiel in der Zählung Hörnligipfel, trotzdem 63 % der Komponenten der kleinsten Größenklasse angehören, zu einem sehr niedrigen Wert der durchschnittlichen Rundung. Die Form spielt bei der Rundung der Gerölle nur eine sehr untergeordnete Rolle. Alle vier Formklassen verhalten sich durchaus ähnlich, wie die graphische Darstellung zeigt.

*Die Rundung der vier Formklassen*



2. Für die Form einer Komponente ist in erster Linie die Geröllgröße und nur untergeordnet die Geröllart maßgebend. Der geringe Einfluß der Geröllart zeigt sich zum Beispiel darin, daß sowohl die weichen Dolomite, wie auch die harten Quarzite meist kugelige Formen aufweisen. Der Einfluß der Geröllgröße kommt in der graphischen Darstellung (S. 81) besonders schön zum Ausdruck. In der Größenklasse III/IV nehmen die kugeligen Gerölle nur eine untergeordnete Stellung ein, in der Größenklasse II ist ihre Zahl bereits beträchtlich angewachsen, um in Klasse I eindeutig zu dominieren.

Diese Befunde bestätigen die Ergebnisse von Zingg (a. a. O., S. 85 ff.), die größtenteils aus Untersuchungen an diluvialen Schottern gewonnen wurden, in allen Teilen.

## Schwermineraluntersuchungen an Molassesandsteinen

### Allgemeiner Teil

Als Ergänzung zu den Untersuchungen an Nagelfluhgerölten wurde auch der Schwermineralienbestand der Molassesandsteine meines Arbeitsgebietes untersucht, einsteils um Aufschluß über Herkunftsgebiet und Ablagerungsbedingungen dieser für einzelne Zonen wichtigsten Gesteine zu erhalten, andernteils um in diesen auf weite Strecken fossilleeren Ablagerungen eine Horizontierung zu ermöglichen.

In der Ostschweiz haben, im Anschluß an die großregionalen Untersuchungen von *A. von Moos* (Lit. 75), *Geiger* in der Gegend von Frauenfeld (Lit. 39), *Kleiber* an der Hohen Rone (Lit. 58), *Renz* im Ostteil des Hörnlischuttfächers im Appenzeller Vorderland (Lit. 82) und *Habicht* im Speer-Stockberggebiet (Lit. 46) dieses Problem bearbeitet. Es schien deshalb erwünscht, durch Untersuchungen im eigentlichen zentralen Hörnlischuttfächer zwischen Thur und Töß die Lücke im Probennetz zu schließen. Auf die Resultate der oben zitierten Arbeiten werde ich bei Besprechung meiner eigenen Ergebnisse eintreten.

Bei der Herstellung der Präparate folgte ich dem von *A. von Moos* eingeschlagenen Wege, indem ich die Proben zuerst im Mörser zerkleinerte und siebte. Die Untersuchungen von *von Moos* (Lit. 75), *Weyl* (Lit. 104, S. 34), *Richter* (Lit. 83, S. 77/78) und andern haben ergeben, daß verschiedene Korngrößenklassen im allgemeinen verschiedenen Schwermineraliengehalt aufweisen. Am geeignetsten für die Untersuchung hat sich nach von Moos die Fraktion zwischen 0,1—0,2 mm erwiesen, während Richter für schlecht sortierte Sedimente eine gemeinsame Untersuchung der Fraktionen 0,05 bis 0,1 und 0,1—0,2 mm empfiehlt. Ich habe zur Weiterbehandlung die Fraktion 0,08—0,2 mm ausgewählt. Nach der Siebung wurden diese Körner gewaschen und in verdünnter HCl so lange gekocht, bis die löslichen Karbonate entfernt waren. Wie *Renz* durch Versuche nachgewiesen hat (Lit. 82, S. 106), werden dabei allerdings auch die Apatite teilweise eliminiert. Sie wurden deshalb nicht in die Zählung miteinbezogen. Nach erfolgter Auswaschung und Trocknung wurde das Material mit Bromoform in eine spezifisch leichte (unter 2,85 spezifisches Gewicht) und eine spezifisch schwere Fraktion (über 2,85 spezifisches Gewicht) getrennt. Die schwere Fraktion wurde zur Untersuchung ihres Mineralgehaltes in Kanadabalsam eingebettet, während die leichte Fraktion nicht weiter untersucht wurde. Bei der Auszählung folgte ich dem Verfahren von *Kleiber* (persönliche Mitteilung), indem ich aus dem Präparat zuerst 100 Körner, umfassend Erz, Glimmer, Chlorit und schwere Mineralien im „engeren Sinne“, auszählte und nachher nochmals 100 Körner dieser letzteren Gruppe untersuchte. Dadurch kann verhindert werden, daß bei einem großen Erz- oder Chloritgehalt (wie zum

Beispiel im Präparat 37: 74 % Erz) eine Verwischung des prozentualen Abildes des Gehaltes an eigentlichen Schweremineralien auftreten würde, da dann die Werte der meisten Mineralgruppen unter 1 % bliebe.

## Spezieller Teil

In den 66 untersuchten Proben habe ich folgende Mineralien gefunden:

- Anatas (sehr selten)
- Andalusit (selten)
- Apatit (häufig, aber in den Zählungen unberücksichtigt)
- Augit (selten, wahrscheinlich auch Enstatit/Hypersthene)
- Baryt (selten, nicht mitgezählt, da wahrscheinlich authigener Entstehung)
- Biotit (mittelmäßige Verbreitung)
- Chloritoid (selten)
- Chlorit (sehr häufig)
- Disthen (selten)
- Epidot (sehr häufig)
- Erz (sehr häufig)
- Granat (sehr häufig)
- Hornblende (selten)
- Korund (selten)
- Muskowit (häufig)
- Rutil (selten)
- Staurolith (mittelmäßige Verbreitung)
- Titanit (mittelmäßige Verbreitung)
- Topas (sehr selten)
- Turmalin (häufig)
- Zirkon (häufig)
- Zoisit (häufig)

### Kurze Beschreibung der Einzelmineralien

(Für die ausführlichere Beschreibung verweise ich auf A. von Moos, Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen, Lit. 75.)

#### Anatas

Es wurde nur ein Exemplar gefunden. Farbe: dunkelblau, kein Pleochroismus, Bruchstück.

#### Andalusit

Meist gut gerundete Körner, entweder farblos mit rötlichem Schiller oder rosa. Deutlicher Pleochroismus.

#### Augit

Gewöhnliches Augit: blaß gelb-grünlich, leicht pleochroitisch. Daneben wurde eine Varietät gefunden von gelbbrauner Farbe mit deutlichem Pleochroismus (bläulich-gelb). Möglicherweise handelt es sich dabei um Enstatit oder Hypersthene.

#### Baryt

In einem Präparat aus dem Goldingertobel treten plötzlich in größerer Menge Barytkörper auf. Ihre xenomorphe winklige Form lässt darauf schließen, daß sie wohl

aus der authigenen Zementmasse des Gesteins stammen. Von Moos hat von Präparaten aus dem benachbarten Gebiet von Laupen-Wald, das allerdings im Torton liegt, während es sich bei dem von mir gefundenen Vorkommen um Burdigal handelt, entsprechende Beobachtungen mitgeteilt (a. a. O., S. 184).

#### Chloritoid

Blaue Körner mit meist deutlichem Pleochroismus. Oft lappige Formen.

#### Disthen

Spaltformen häufiger als gerundete Körner. Meist farblos mit Stich ins Bläulich-Rötliche.

#### Epidot

Farben: farblos, oft mit Stich ins Rosa  
 gelb  
 gelb-grünlich  
 zeisiggrün  
 braungrün  
 braun  
 bläulich

Idiomorphe Körner sind selten, meist treten zum Teil ganz ausgefranste Spaltformen auf. Häufig werden Ätzungsspuren, die zur eigentlichen Kämmchenbildung führen können, beobachtet. Gut gerundete Exemplare konnten in sehr vielen Präparaten festgestellt werden.

#### Erze

Es wurden folgende Arten festgestellt: Magnetit, Hämatit, Limonit, Ilmenit. Pyrit und Markasit wurden ebenfalls gefunden, aber als authigen entstanden nicht in die Zählung einbezogen. Gold wurde nirgends gefunden. Diese Tatsache lässt die angeblichen Goldfunde, die im Mittelalter in meinem Arbeitsgebiet getätigten worden sind und zur Anlegung der diversen „Goldlöcher“ führten, in einem sehr zweifelhaften Licht erscheinen. Das in der schweizerischen Molasse gewonnene Gold stammt zwar kaum aus Sandsteinen, sondern wurde aus rezenten Bachalluvionen (Emme) gewonnen. Die Goldplättchen entstammen Quarzitgerölle der Nagelfluh und wurden durch die heute wirkende Bacherosion durch Zerreißung der Gerölle freigelegt. So hat auch von Moos (a. a. O.) im Napfgebiet in Sandsteinen kein Gold gefunden, während Burri (Lit. 16), der rezente Emme-Sande im Vorland des Napf untersuchte, Goldfunde meldet. Man müßte also auch im Tößbergland nicht in den Hochgebieten, sondern im Vorland draußen, irgendwo im mittleren Tößtal, sein Glück mit der Waschpfanne versuchen, um vielleicht hie und da einmal auf ein Goldkörnchen zu stoßen. — Immerhin schätzt ich die Chancen für äußerst gering ein; denn ich habe auch in Quarzitgerölle nie Goldspuren entdeckt. Übrigens hat auch Geiger in der benachbarten Thurgauer Molasse nirgends Gold gefunden (Lit. 39, S. 125).

#### Granat

Farben: farblos  
 rötlich (alle Nuancen von blaß rosa bis zum kräftigen Rot)  
 gelbgrün  
 grün  
 bräunlich  
 bläulich

Oft wurden Einschlüsse von Erz, Zirkon, Rutil beobachtet. Meist Bruchstücke, oft aber auch gut gerundete Körner, während idiomorphe Formen selten sind. Der Granat ist oft sehr angeätzt, wobei wiederum eigentliche Kämmchenbildung be-

obachtet werden kann. Auffällig ist, daß diese Anätzungen beim Granat sowohl wie auch bei den anderen Mineralien, die Ätzspuren zeigen (Epidot, Staurolith, Titanit, Zirkon, Zoisit), weit häufiger in Süßwasserbildungen auftreten als an marinen Sedimenten. (Den Hinweis auf diese Tatsache verdanke ich A. von Moos.) Wenn sich diese Beobachtung bestätigt, so wäre uns dadurch ein Mittel in die Hand gegeben, Sedimente, deren Ablagerungsmilieu wir nicht auf anderm Wege bestimmen können, auf diese Weise einem Faziestyp zuzuweisen.

#### Glimmer

Unter den Glimmermineralien überwiegt der Muskowit bei weitem über den Biotit. Im Muskowit wurden oft Einschlüsse beobachtet, unter anderm ein förmliches Rutilgewebe (Sagenitgewebe).

#### Hornblende

Farben: farblos bis leicht bläulich-rötlich (wohl Grammatit)  
 grün-bräunlich  
 braun  
 bläulich-braun

Meist faserige, stengelige Formen.

Diese blauen Hornblenden wurden nur im Torton des Hörnligipfels beobachtet.

#### Korund

Farben: dunkelblau mit Pleochroismus hell-dunkelblau  
 metallischem Schiller  
 dunkelolivgrün

Alles Bruchstücke.

Korund wurde bisher in der ostschweizerischen Molasse noch nie gefunden. *Niggli* (Lit. 78, S. 40) gibt Korund als Begleiter des Andalusits in der Silvretta an. Silvrettagerölle sind aber in der ostschweizerischen Nagelfluh nichts Seltenes, die Heimat unseres Korunds könnte also sehr wohl in der Silvretta liegen.

#### Rutil

Farben: rotbraun-fuchsrot  
 rot, mit Stich ins Olivgrüne  
 gelb

Meistens ist schwacher Pelochroismus zu beobachten.

Morphologie: Bruchstücke.

Kassiterit (?) wurde nur einmal gefunden und dem Rutil zugezählt.

#### Staurolith

Farben: goldgelb  
 hellgelb bis honigbraun  
 gelb, mit Stich ins Grünliche  
 lachsfarben  
 braun

Meist Bruchstücke. Oft aber sehr schöne Kämmchenbildung zu beobachten, besonders an den gelb-braunen Varietäten. Oft Erzeinschlüsse.

#### Titanit

Farben: farblos mit beigem Schiller  
 mit Stich ins Rosarot  
 chagrinierte Oberfläche, unter gekr.  
 Nic. violett

rosarot  
gelb mit Stich ins Grünliche  
braun

Meist Bruchstücke, oft mit Ätzspuren.

### Topas

Nur ein Exemplar. Farblos, glasglänzend. Bruchstück.

### Turmalin

Farben: farblos bis bräunlich  
braun  
blau  
rosa  
rötlich  
olivgrün

Selten zonare Exemplare. Rand: schmutzig braun; Kern: blau.

Oft Erzeinschlüsse, besonders im Zentrum.

Meist Bruchstücke, aber auch idiomorphe und gut gerundete Formen. Oft sind randliche Ausbleichungen zu sehen.

### Zirkon

Farben: farblos  
gelb

Idiomorphe, nadlige Formen sind häufig; daneben treten aber auch Bruchstücke und selten gut gerundete Körner auf. In Präparaten, bei denen allgemein eine starke Anäzung zu konstatieren ist, ist oft auch der Zirkon eingeätzt.

Einschlüsse: Zirkon, Rutil, Erz, oft auch nur schlauchförmige Hohlräume.

### Zoisit

Farben: farblos  
farblos mit rötlichem Schiller  
braun

Idiomorphe Körner sind sehr selten, meist Bruchstücke, die oft angeätzt und förmlich „ausgefranst“ sind.

## IX. Tabelle der Schweremineralprofile

(Vergleiche auch die Karte, auf der die Probeentnahmestellen eingezeichnet sind.)

### I. Goldingertobel (USM—OSM)

	Glimmer	Chlorit	Erz	Schwere Mineralien ss	Anatas	Andalusit	Augit	Chloritoid	Dolomit	Epidot	Granat	Hornblende	Korund	Rutil	Staurolith	Titanit	Topas	Turmalin	Zirkon	Zoisit
1.	1	4	10	85	—	—	—	—	—	93	—	—	—	—	—	—	—	1	5	1
2.	2	36	37	25	—	—	—	—	—	64	21	1	—	—	—	—	—	3	5	6
3.	3	41	10	46	—	3	—	—	—	57	11	—	—	—	—	1	—	2	4	22
4.	2	30	35	33	—	—	—	—	2	47	27	—	—	—	—	—	—	2	5	17
5.	—	34	37	29	—	1	—	—	—	66	25	—	—	—	—	—	—	1	4	3
6.	18	48	18	16	—	—	1	—	—	67	11	4	—	—	—	—	—	4	3	10
7.	6	50	16	28	—	—	—	—	—	74	11	—	—	—	—	—	—	1	4	10
8.	—	20	40	40	—	—	—	—	—	80	9	—	—	—	1	—	—	1	2	7
9.	2	5	8	85	—	1	—	1	—	87	3	—	—	1	1	1	—	2	1	2

		Glimmer	Chlorit	Erz	Schwere Mineralien ss	Anatas	Andalusit	Augit	Chloritoid	Disthen	Epidot	Granat	Hornblende	Korund	Rutil	Staurolith	Titanit	Topas	Turmalin	Zirkon	Zoisit
10.	3	28	34	35	-	-	-	-	-	1	62	20	2	-	-	3	1	-	1	8	1
11.	10	3	53	34	-	-	-	-	-	-	42	21	-	7	1	-	2	-	8	14	5
12.	6	1	63	30	-	-	-	-	1	68	13	-	-	-	1	2	-	1	13	1	

## II. Eschenbach-Gibel (OSM)

13.	4	13	62	21	-	-	-	-	72	16	-	-	-	2	-	-	4	6	-
14.	1	1	47	51	-	-	-	-	16	41	-	-	2	9	-	-	8	22	2
15.	-	1	63	36	-	-	-	-	68	17	-	-	1	6	1	-	3	2	2

## Verzeichnis der Probeentnahmestellen

## Profil I

- 251\* Granitischer Sandstein. Aabachtobel, Ranzachtobel. USM.
- 167 Granitischer Sandstein. Aabachtobel, oberhalb der Mündung des Bächleins E. Pt. 491.1 (Siegfried-Blatt 231).
- 166 Feinkörniger Kalksandstein, unmittelbar über 3.
- 654 Granitischer Sandstein. Aabachtobel. Bachkurve W Bauwil, Aquitan.
- 653 Glaukonitsandstein. Aabachtobel. Bachkurve W Bauwil. OMM.
- 163 Glaukonitsandstein. Fabrikweiher bei Neuhaus. OMM.
- 651 Grauer Sandstein. Fabrikweiher bei Neuhaus. OMM.
- 62 Glaukonitsandstein. Goldingertobel, zirka 200 m oberhalb der gedeckten Straßenbrücke.
- 15 Feinkörniger Kalksandstein. Goldingertobel, Mündung des Schwärzebaches.
- 29 Feinkörniger Kalksandstein. Goldingertobel E Riedern.
- 149 Kalksandstein mit Kohlenschmitzchen. Kohlengrube Echeltdswil-Goldingen.
- 260 Heller, gelblich-rötlicher Kalksandstein. Bei Saalen ob Echeltdswil. OSM.

## Profil II

- 263 Kalksandstein. Ob Eschenbach, Weg Gibelsriet-Ober-Lütschbach.
- 268 Kalksandstein. Zihlwald, Goldingen.
- 134 Kalksandstein. Gibel-Goldingen (aus dem Hangenden der „Appenzeller Kalknagelfluh“).

\* (Die zweite Nummer, z. B. 251, bezieht sich auf die Präparat- und Handstücknummer.) (Vgl. die Belegslg.)

## III. Ranzachtobel

	Glimmer	Chlorit	Erz	Schwere Mineralien ss	Anatas	Andalusit	Augit	Chloritoid	Disthen	Epidot	Granat	Hornblende	Korund	Rutil	Staurolith	Titanit	Topas	Turmalin	Zirkon	Zoisit
1.	1	4	10	86	-	-	-	-	-	-	93	-	-	-	-	-	-	1	5	1
16.	3	6	22	69	-	-	-	-	-	13	78	-	-	2	-	-	2	2	5	-
17.	3	5	42	50	-	-	-	1	-	20	65	-	-	1	-	-	-	6	2	
18.	3	11	49	37	-	-	-	4	-	34	32	2	-	-	2	-	2	4	18	2
19.	-	4	78	18	1	-	-	-	-	36	43	-	-	-	-	-	-	1	14	5
20.	4	22	42	32	-	5	-	1	1	50	6	-	-	-	-	-	4	25	8	

### Profil III

1. Wie in Profil I.
  16. 274 Granitischer Sandstein. Unterhalb Eichermühle (Siegfried-Blatt 233).
  17. 277 Feinkörniger granitischer Sandstein. N Hofmühle. USM.
  18. 282 Granitischer Sandstein. Mündung des Bifangbaches in die Ranzach.
  19. 289 Glaukonitsandstein. Oberhalb der Mündung des Gebertingerbaches in die Ranzach. OMM.
  20. 289 Feinkörniger glaukonitischer Sandstein. Unterhalb der Brücke der Rickenstraße über die Ranzach.

#### IV. Ricken-Tweralp (USM—OSM)

## Profil IV

21. 300 Grüner glaukonitischer Sandstein. Rickenbach, Brücke Weg Pilgerrüti-Ricken. USM (Siegfried-Blatt 231).

22. 313 Grauer Kalksandstein. Tönnernbachmündung Rickenbach. OMM.

23. 417 Gelbrötlicher Kalksteinsand. Unterhalb Groß Rotstein. OSM.

24. 50 Gelbrötlicher Kalksandstein. Brustenegg unterhalb Atzmännig.

25. 107 Kalksandstein, im Hangenden übergehend in die Appenzeller Kalknagelfluh. Groß Rotstein.

V. Hummelwald-Wattwil

## VII. Steintal-Schomatten (OMM—OSM)

34.	-	2	57	41	-	-	3	1	-	58	17	-	-	-	3	1	-	4	9	4
35.	2	6	68	24	-	-	-	-	-	63	10	-	-	-	-	-	-	5	20	2
36.	2	9	56	33	-	1	-	-	-	83	7	-	-	-	1	1	-	4	3	-
37.	-	4	74	22	-	-	-	-	-	82	8	-	-	-	-	-	-	2	6	2
38.	1	2	64	33	-	-	-	-	2	42	28	-	-	1	1	2	-	2	19	3

## Profil V

26. 406 Feinkörniger grauer Quarzsandstein. Landhausbach N, N-Portal Ricketunnel. USM.

27. 405 Feinkörniger granitischer Sandstein. Landhausbach N, N-Portal Ricketunnel. USM.

28. 306 Granitischer Sandstein. Schwantlenbach-Hummelwald.

29. 403 Grauer Kalksandstein. Rickenstraße, bei Punkt 687 S Wattwil.

30. 400 Grauer Kalksandstein über 29.

31. 807 Rötlich-gelber Kalksandstein. Linse in der untersten Nagelfluhbank, Rickenstraße. OMM.

32. 305 Glaukonitischer Sandstein. Schwantlenbach-Ricken.

33. 366 Glaukonitischer Sandstein. Sedel, Hummelwald.

## Profil VI

34. 388 Feinkörniger grauer Sandstein. Steintal unter dem ersten Wehr. OMM.  
 35. 399 Kalksandstein. Schomatten-Wattwil. OMM.  
 36. 378 Gelb-rötlicher Kalksandstein. Blattersberg-Schomatten. OSM.  
 37. 395 Gelbgrauer Kalksandstein. Hangendes der Appenzeller Kalknagelfluh. Gemeinrätiwald, Steintal.  
 38. 392 Gelb-rötlicher Tortonsandstein. Unterhalb Geißkopf-Gemeinrätiwald.

VII. Hörnli (OSM)

## Profil VII

39. 23 Grauer Kalksandstein. Mühlebachtobel 800 m.  
 40. 26 Gelber, etwas mergeliger Sandstein. Wolftobel 840 m.  
 41. 18 Gelb-rötlicher Kalksandstein. Mühlebachtobel 920 m.  
 42. 4 Grauer Kalksandstein. Hörnligubelzone 1020 m.  
 43. 12 Gelber Kalksandstein. Hörnligipfelzone, W-Wand 1080 m (Sarm?).

## VIII. Spezialprofil Goldingertobel. OMM

(Siehe S. 91)

### Profil VIII

Die Nummern 44—46 entsprechen den Präparaten 62—64. Sie stammen alle aus der gleichen Glaukonitsandsteinbank, zirka 200 m oberhalb der gedeckten Straßenbrücke. Zum Vergleich führe ich anschließend noch die von *von Moos* aus meinem Arbeitsgebiet oder dessen näherer Umgebung in Lit. 75 publizierten Schweremineralanalysen an:

	Glimmer	Chlorit	Erz	Schwere Minerale ss	Anatas	Andalusit	Augit	Chloritoid	Disthen	Epidot	Granat	Hornblende	Korund	Rutil	Staurolith	Titanit	Topas	Turmalin	Zirkon	Zoisit
a.	H		—	—	A	—	A	H	—	N	N	—	—	N	—	—	N	N	—	
b.	H	—	—	—	—	—	A	N	H	A	—	—	A	A	A	—	N	H	—	
c.	H	—	—	—	A	—	H	H	—	—	N	A	—	—	—	A	N	—	—	
d.	H	A	A	A	—	A	H	H	—	—	A	H	A	—	—	N	N	—	—	
e.	H	A	A	—	—	A	H	H	—	—	A	N	A	—	N	N	—	—	—	

H = Hauptgemengteil (über 10 %)

N = Nebengemengteil (10—2 %)

A = Akzessorien (weniger als 2 %)

a. = Aquitan, zwischen Uznach und Kaltbrunn

b. = Burdigalien, zwischen Bäch und Freienbach (Schwyz)

c. = Helvetien, Kirchhügel Jona

d. = Tortonien, Schmiedboden, Hörnli.

e. = Tortonien, Kalknagelfluh von Laupen

### Besprechung der Schweremineralprofile

#### I. Goldingertobel (Tabelle S. 87)

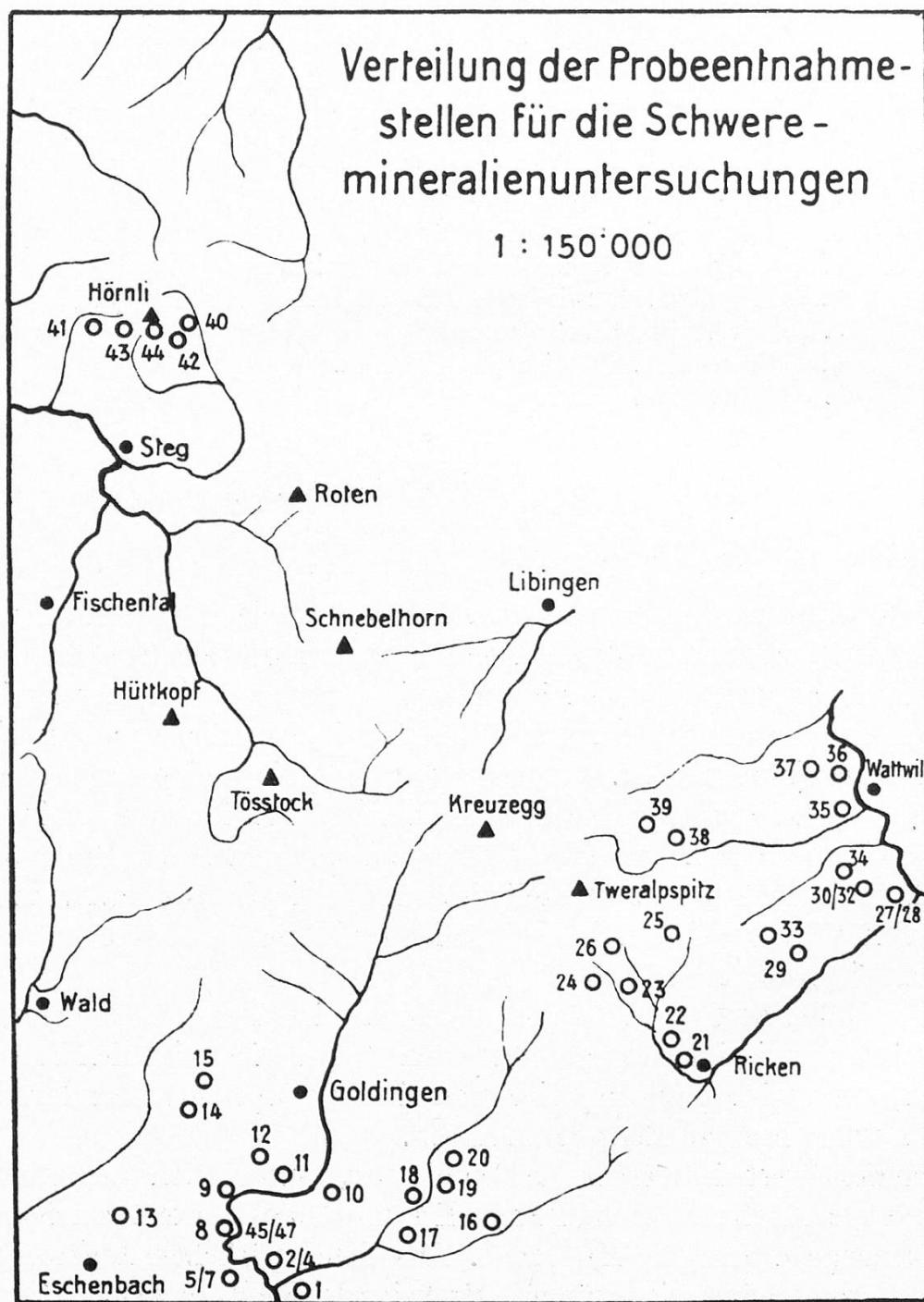
Bei der Betrachtung dieses Profils fällt sofort die über weite Strecken gleichsinnige Veränderung des Schweremineralgehaltes der Proben auf, die sich beim Fortschreiten vom Liegenden ins Hangende in einer Epidotzunahme und Granatabnahme ausdrückt. Mit dem Einsetzen der Nagelfluhschüttung (zwischen Nr. 8 und 9) erfolgt allerdings eine Abschwächung dieser Tendenz. Immerhin überwiegt auch hier der Epidotanteil bei weitem über den Granatanteil. Der relativ geringe Granatgehalt der Probe 3 liegt möglicherweise in der Feinkörnigkeit dieses Sandsteins begründet. A. von Moos (a. a. O.) hat nachgewiesen, daß mit fallender Korngröße der Granatgehalt im allgemeinen abnimmt.

Weiter fällt, besonders für den nagelfluhfreien Teil des Gebietes, eine starke Monotonie im Schweremineralgehalt auf. Dies zeigt sich besonders deutlich, wenn wir Epidot und Zoisit zu einer Gruppe zusammenlegen, wie das auch von Moos und Renz getan haben.

Bemerkenswert ist ferner das konstante, wenn auch mengenmäßig schwankende Auftreten von Turmalin und das starke Ansteigen der Zirkonmenge gegen das Hangende. Aus dem spärlichen Auftreten der übrigen Schweremineralien können wir keinerlei Schlüsse ziehen. Ihre An-

wesenheit erscheint rein zufällig; möglicherweise würden weitere Präparate, aus dem gleichen Aufschluß hergestellt, andere Akzessorien aufweisen.

Ich habe, um diese Tatsache zu prüfen, drei nebeneinanderliegende Proben aus der gleichen Sandbank ausgewählt. (Die Probeentnahmestellen liegen je 2 m auseinander, siehe Spezialprofil VIII, S. 90.) Die Haupt- und Nebengemengteile verhalten sich, wenigstens in ihrem Auftreten, im Gegensatz zu den Akzessorien, einigermaßen konstant. Bemerkenswert ist noch, daß in Nr. 44 plötzlich Barytkörper auftreten, während in den beiden andern Präparaten keine zu finden sind.



## II. Eschenbach-Gibel

An diesem Profil, das ganz in der OSM liegt, ist das anormale Verhalten der Probe Nr. 14 besonders auffällig. Der Granatgehalt schwilkt hier plötzlich zu Werten an, die wir im Profil I nur aus der USM kennen gelernt haben. Turmalin und Zirkon sind in ihrer Anwesenheit weiterhin konstant; nur fällt hier wiederum die Probe 14 mit ihrem sehr hohen Zirkon- und Turmalinanteil aus dem Rahmen. Dieser relativ hohe Turmalin- und Zirkongehalt, zusammen mit dem konstanten Auftreten von Staurolith, bedeutet eine weitere Auflockerung der Epidot-Granatübermacht, eine Tendenz, die sich bereits in den hangenden Partien vom Profil I bemerkbar machte. Wir werden diese Tatsache im folgenden auch in andern tortonischen Sedimenten bestätigt finden.

## III. Ranzachtobel

Im Ranzachtobel zeigt sich wiederum, wie im Goldingertobel, die Zunahme des Epidot- und die Abnahme des Granatgehaltes von der USM zur OMM. Allerdings fällt auch hier ein Präparat, die sehr erzreiche Nr. 19, vollkommen aus der Reihe.

Auch in diesem Profil sehen wir die Konstanz im Auftreten von Turmalin und das Ansteigen des Zirkongehaltes gegen das Hangende.

## IV. Ricken-Tweralp

Während wir in den Profilen I—III eine gleichsinnige Entwicklung vom Aquitan zum Torton feststellen konnten, bereitet die Einordnung der Proben dieses Profils einige Mühe.

Wir sehen im obersten Aquitan (Nr. 21) einen übermäßig großen Epidotgehalt, der mit dem Ansteigen im Profil allmählich geringer wird, bis er in Probe 24 kleiner ist als der Granatanteil, um dann wieder etwas anzusteigen. Interessanterweise stammen Probe 24 und Probe 14 (Profil II), die beide diese Vorherrschaft des Granats über den Epidot zeigen, ungefähr aus der gleichen Zone (unt. OSM). Im Verhalten von Staurolith, Turmalin und Zirkon bestätigt sich das über die früheren Profile Gesagte.

## V/VI. Hummelwald-Wattwil, Steintal-Schomatten

Die gleiche unregelmäßige Entwicklung in der Zusammensetzung der Schweremineralgesellschaft, die wir schon auf dem Ricken wahrnehmen konnten, können wir auch in diesen Toggenburger Profilen beobachten. Wieder setzt schon im Aquitan eine mächtige Epidotschüttung ein, die sich aber mit dem Ansteigen im Profil recht unregelmäßig verhält.

## VII. Hörnli

Im Hörnliprofil, das aus der obersten OSM stammt, sehen wir die Tatsache bestätigt, daß im Torton im allgemeinen der Epidot-Granatgehalt zu gunsten der andern Schweremineralien zurückgedrängt wird.

Auffällig ist hier das konstante Auftreten von Disthen und Staurolith, eine Beobachtung, die schon *von Moos* (a. a. O.) beschrieben hat, sowie der Fund von blauen Hornblenden am Hörnligipfel (Nr. 44).

### *Der Schweremineralengehalt der einzelnen Molassesstufen*

Im Anschluß an diese Besprechung der Einzelprofile wollen wir nun den Schweremineralgehalt der einzelnen Molassesstufen unseres Arbeitsgebietes zusammenfassend betrachten und gleichzeitig die Ergebnisse der übrigen Schweremineraluntersuchungen in der Ostschweiz (von Moos, Kleiber, Renz, Geiger) kurz vergleichend besprechen.

#### Aquitan (USM)

Einem sehr hohen Granatwert mit gleichmäßigem Absinken gegen das Hangende im Westteil meines Arbeitsgebietes (Goldingertobel, Ranzachtobel) steht ein extrem niedriger Granatwert mit unregelmäßigem Ansteigen im Osten (Toggenburg-Ricken) gegenüber.

Betrachten wir die nächstwichtigen Komponenten Turmalin und Zirkon, so sehen wir folgendes: im Westen konstantes Auftreten von Turmalin und Zirkon mit durch das ganze Aquitanprofil ungefähr gleichen Werten, im Osten unregelmäßiges Auftreten von Turmalin und plötzliches Anschwellen der Zirkonwerte gegen das Hangende.

Starke Unterschiede können wir auch im Verhalten der übrigen Gemengteile beobachten: Während im Goldingertobel nur höchst selten weitere Schweremineralien zu finden sind (in vier Präparaten 3 Andalusit, 2 Disthen, je 1 Hornblende und Titanit), treten sie bereits im östlich davon gelegenen Ranzachtobel stärker in Erscheinung (in vier Präparaten 5 Chloritoid, 3 Rutil, je 2 Hornblendens, Staurolith und Titanit), um im Toggenburg noch mehr an Bedeutung zu gewinnen (in fünf Präparaten 9 Staurolith und Titanit, 3 Chloritoid und Rutil, 2 Augit, Disthen und Hornblendens, 1 Andalusit und Topas).

*Von Moos* (Lit. 75) beschreibt aus dem Aquitan von Uznach-Kaltbrunn eine Granaterzkombination mit Turmalin, Zirkon, Rutil, Staurolith als Nebengemengteilen, und Anatas, Chloritoid, Epidot und Hornblende als Akzessorien (siehe auch S. 91). Er schreibt dazu: „Östlich der Linie Tößmündung-Zugersee tritt der Epidot wesentlich zurück. Neben Granat und

Erz als Hauptgemengteile finden sich Zirkon, Turmalin, auch Staurolith und seltener Epidot.“ Wie wir gesehen haben, ist diese Ansicht weder für unser West- noch für unser Ostgebiet richtig, da wir an beiden Orten meist recht hohe Epidotwerte antreffen, während Turmalin und Staurolith nie, Zirkon nur im höchsten Aquitan der östlichen Partien als Hauptgemengteil (über 10 %) auftritt.

*Kleiber* (Lit. 57) machte an der Hohen Rone die Beobachtung, daß im Aquitan der eigentlichen Hohe Roneschuppe der Granat als Hauptgemengteil dominiert, während Erz, Zirkon und Epidot stark zurücktreten. Unter den Nebengemengteilen nennt er Rutil, Staurolith, Turmalin, Zirkon, Epidot und vereinzelt Granat, als Akzessorien Epidot, Staurolith, Turmalin und Zirkon. Im Gegensatz zu dieser Granat-Erz-Zirkonkombination fand er im oberen Aquitan von Scherensteg ein Ansteigen des Epidotgehaltes, der mit 85 % der Gesamtmenge hier seinen Höchstwert erreicht.

*Renz* (Lit. 82) teilt ebenfalls im allgemeinen ein Dominieren des Granates über den Epidot mit; aber auch er hat gelegentlich eine Umkehrung dieses Verhältnisses beobachtet. Dieses Überwiegen des Epidots über den Granat scheint besonders im Westen seines Arbeitsgebietes (Goldachprofil) vorzuherrschen, so daß man versucht sein könnte, für das Aquitangebiet zwischen Linth und Rhein, also im unmittelbaren Rückland des Hörnlifächers, ein Granatmaximum in den westlichen und östlichen Randzonen einer epidotreicher Provinz im zentralen Teile (Toggenburg-Goldach) gegenüberzustellen. Die Untersuchungen, die durch cand. geol. U. Büchi zwischen Toggenburg und Goldach ausgeführt werden, werden wohl eine Klärung dieser Frage herbeiführen. Weiter erwähnt Renz hohe Zirkonwerte und ziemlich konstantes Auftreten von Turmalin und Staurolith. Die übrigen Gemengteile (Rutil, Anatas, Topas, Hornblende) treten dort, wie in meinem Arbeitsgebiet, nur sporadisch in Erscheinung.

#### Obere Meeresmolasse (Burdigal-Helvet) OMM

Die klare Unterscheidung zwischen einer West- und einer Ostprovinz, die wir im Aquitan beobachten können, zeichnet sich, wenn auch weniger ausgeprägt, auch in den Ablagerungen der oberen Meeresmolasse ab. Zwar überwiegt im ganzen Arbeitsgebiet, mit Ausnahme weniger Proben, die aber alle den östlichen Partien entstammen, der Epidotgehalt über den Granatgehalt. Wir können aber im Westen wiederum eine gleichsinnige Veränderung in der Zusammensetzung der Schweremineralgesellschaft mit dem Fortschreiten im Profil feststellen, während sich im Osten die Sedimentation der Körner regellos vollzog.

Auch im Auftreten von Turmalin und Zirkon sehen wir einige Unterschiede. Während sich im Goldingertobel eine regelmäßige Turmalin- und

Zirkonschüttung mit Ansteigen der Werte gegen die Tortongrenze zeigt, zeichnet sich die unregelmäßige Schüttung im Toggenburg durch das sprunghafte Verhalten auch dieser Mineralien ab.

Im Vorkommen der übrigen Schweremineralien zeigt sich eine direkte Umkehrung der Verhältnisse des Aquitans: Einer Zunahme der Akzessorien gegen das Hangende im Westen (in fünf Präparaten 7 Korund, 6 Hornblenden, 5 Staurolith, 4 Titanit, 3 Rutil, je 1 Andalusit, Augit, Chloritoid und Disthen) steht im Osten eine starke Abnahme gegenüber (in fünf Präparaten 5 Staurolith, 3 Augit, 2 Rutil, 2 Titanit, 1 Chloritoid).

Von *von Moos* (a. a. O.) liegt aus dem Burdigal von Bäch und aus dem Helvet des Kirchhügels von Jona je eine Analyse vor. Die Probe aus dem Burdigal ergibt eine Granat-Erz-Zirkonkombination mit Epidot, Turmalin als Nebengemengteil, und Rutil, Titanit, Staurolith als Akzessorien. Dieses Resultat steht im Widerspruch mit den Ergebnissen aus dem Goldingertobel. *Kleiber* nennt nun aber ebenfalls eine Analyse aus dem Bächer Burdigal. Diese zeigt eine Epidot-Granat-Zirkonkombination mit Erz, Turmalin, Staurolith und Rutil. Es zeigt sich also eine schöne Übereinstimmung mit der Schweremineralzusammensetzung des Goldingertobels. Dieser starke Gegen- satz in den Resultaten der beiden Analysen aus der gleichen Lokalität zeigt, zu welchen Fehlschlüssen wir geführt werden können, wenn wir nur auf das Resultat einer einzigen Analyse abstehen. Aus dem Helvet nennt *von Moos* eine Epidot-Erz-Granatkombination mit Zirkon-Rutil als Nebengemengteil und Turmalin, Staurolith und Chloritoid als Akzessorien. Diese Schweremineralkombination paßt durchaus in die Resultatreihe aus meinem Arbeitsgebiet. Allgemein bemerkt von Moos eine Zunahme der Staurolithmenge im Helvet gegenüber den tieferen Molassestufen. Diese Feststellung kann auch im westlichen Teil meines Arbeitsgebietes gemacht werden, wogegen das östliche Gebiet etwas aus dem Rahmen fällt.

*Renz* (Lit. a. a. O.) wie auch *von Moos* konstatieren ein Abwechseln zwischen epidot- und granatreichen Proben. Nach seinen Beobachtungen ist der hohe Epidotgehalt auf die marine Fazies der oberen Meeresmolasse beschränkt. Ebenso hat er blaue Hornblenden nur in marinen Ablagerungen feststellen können.

### Torton (OSM)

Betrachten wir vorerst das untere Torton, unterhalb dem markanten Leithorizont des „Appenzeller Granits“. Wir sehen, wie sowohl im Westen wie auch auf dem Ricken nach hohen Epidotwerten plötzlich in einem Präparat der Granat überwiegt. Ebenfalls in beiden Profilen nimmt die Bedeutung der übrigen Gemengteile zu gegenüber Proben aus tieferen Hori- zonten. Auch über der Appenzeller Kalknagelfluh, im mittleren Torton, er- kennen wir im Westen wie im Osten gemeinsame Züge: Neben überwiegen-

dem Epidotgehalt eine mittlere Granatmenge und eine relativ große Zahl von weiteren Schweremineralien (Disthen, Rutil, Staurolith, Titanit, Turmalin, Zirkon).

Wir sehen also, daß mit stärker einsetzender Nagelfluhschüttung die scharfe Differenzierung zwischen einer West- und einer Ostprovinz, die wir im Aquitan vornehmen konnten, deren Unterscheidung aber in den Ablagerungen der oberen Meeresmolasse bereits weniger klar war, nun vollends unmöglich gemacht wird.

Im jüngsten Torton der Hörnlischichten schließlich sehen wir wiederum dieses Wechselspiel zwischen Epidot und Granatmaximum. Konstant ist aber all diesen Proben der Disthen- und Staurolithgehalt; meistens vorhanden ist Rutil. Etwas im Widerspruch mit den Beobachtungen von *von Moos* steht das Auftreten von blauen Hornblenden in den obersten Schichten des Hörnligipfels, indem dieser Autor ein Maximum an blauen Hornblenden im Burdigal feststellte. Ich habe nirgend in tieferen Ablagerungen blaue Hornblenden angetroffen. *Von Moos* und *Renz* vermuten, daß das Vorkommen von blauen Hornblenden möglicherweise an marines Milieu gebunden sein könnte, da sie sich hier erst durch Umwandlung aus gewöhnlichen Hornblenden gebildet hätten. Wenn diese Auffassung stimmt, hätten wir es in den sicher limnischen Ablagerungen des Hörnligipfels wohl mit einer Aufarbeitung mariner Sedimente zu tun. Daß solche Aufarbeitungen in der Molasse eine größere Rolle spielen als bisher angenommen wurde, beweisen zahlreiche Funde von stampischen Molassesandsteinen als Gerölle in der tortonen Molasse des Hörnligebietes (siehe S. 70).

*Von Moos* (Lit. a. a. O.) hat eine starke Differenzierung zwischen Napf- und Hörnlifächer festgestellt, indem im Napfgebiet Epidot, am Hörnli aber Granat dominieren soll. Wie wir gesehen haben, tritt aber auch am Hörnligebiet in zahlreichen Proben ein starker Epidotgehalt in Erscheinung. *Von Moos* unterstreicht auch besonders die zunehmende Bedeutung, die dem Staurolith zukommt, eine Feststellung, die ja auch durch unsere Beobachtungen erhärtet wird.

*Geiger* (Lit. 39 und 41), der die Schweremineralpräparate durch Auswaschung mit der Pfanne gewann, was bei der Vergleichung der Resultate zu berücksichtigen ist, nennt als Hauptgemengteile der thurgauischen Molassesandsteine: Magnetit, Granat, Rutil, Staurolith, Epidot und Zirkon. Vereinzelt hat er auch Turmalin und Hornblende beobachtet. Wir sehen also auch hier, daß Staurolith und Rutil weit stärker in Erscheinung treten als in Proben aus tieferen Molassestufen. Auch *Geiger* konstatiert eine Abhängigkeit des Schweremineralbestandes von der Körnergröße der Sandsteine: Die kalkarmen, glimmerreichen Molassesandsteine (Glimmersandsteine) zeigen stets starkes Vorherrschen des Granats, während die feinkörnigen Kalksandsteine Magnetit und Epidot als wichtigste Schweremineralien führen.

### Schlußfolgerungen

Wenn wir die Resultate meiner sämtlichen Schweremineralanalysen zusammenfassend betrachten, so sehen wir, daß wir in den tieferen Stufen zwei stark verschiedene Schweremineralprovinzen unterscheiden können. Während in den Westprofilen (Goldinger- und Ranzachtobel) mit fortschreitender Schüttung eine gleichsinnige Veränderung im Schweremineralbestand festgestellt werden kann, fehlt im Osten (Toggenburg) jede Regelmäßigkeit.

Ich glaube nicht, daß diese Verschiedenheit zwischen Westen und Osten auf Zufälligkeiten der Probenauswahl beruht. Wohl haben wir am Beispiel der Bächersandsteine (S. 95) gesehen, zu welchen Trugschlüssen das Abstellen auf vereinzelte Analysen führen kann. In unserem Falle haben wir es aber nicht mit Einzeluntersuchungen aus einem weitmaschigen Probennetz, sondern mit einer Folge von Präparaten aus einem engbegrenzten Gebiet zu tun. Ich glaube eher, daß das regellose Auftreten der Schweremineralien in den Toggenburger Profilen das Abbild einer unruhigen Sedimentation ist, das heißt Anreicherung durch Aufarbeitung, während im Westen die Ablagerung ungestörter vor sich ging. Anzeichen, daß die Sedimentationsverhältnisse im Osten andere waren als im Westen, sehen wir ja auch im früheren Einsetzen der Nagelfluh im Toggenburg (siehe S. 28) und in Aufarbeitungserscheinungen im Steintal (siehe S. 29). Mit dem Einsetzen der Nagelfluhschüttung verliert auch im Westen die Schweremineralablagerung ihre Regelmäßigkeit, und mit verstärkter Geröllzufuhr gleichen sich im Torton die Unterschiede zwischen Ost und West derart aus, daß von zwei verschiedenen Schweremineralprovinzen nicht mehr gesprochen werden kann.

Leitmineralien habe ich nicht feststellen können. Sämtliche Mineralien, natürlich mit Ausnahme der nur in vereinzelten Exemplaren gefundenen, wurden in allen Molassestufen angetroffen. Auch eine Horizontierung anhand ganzer Mineralgesellschaften stößt auf Schwierigkeiten, indem immer wieder Ausnahmen auftreten. Durch dichtes Legen des Probennetzes in einem räumlich engbegrenzten Gebiet ist es aber bestimmt möglich, ruhige Ablagerungsverhältnisse vorausgesetzt, einzelne Stufen auszuscheiden.

Weit größere Bedeutung als dieser, besonders in unseren unruhig sedimentierten Nagelfluhbezirken doch nur äußerst beschränkt anwendbaren Hilfe beim Horizontieren, kommt meiner Ansicht nach dem je nach Ablagerungsmilieu verschiedenen Widerstand zu, den gewisse Schweremineralien (Granat, Epidot, Zoisit, Staurolith, Titanit, Zirkon) der Anäzung gegenüber leisten. Wenn spätere Untersuchungen diese auch schon von *von Moos* (Lit. 76) gemachten Beobachtungen bestätigen, die dahin gehen, daß das Süßwasser die Schweremineralien eher angreife als das mehr eine konservernde Wirkung ausübende Meerwasser, haben wir mit einem Schlage ein Hilfsmittel in der Hand, dessen wir uns in den oft recht verwinkelten Fragen nach dem Ablagerungsmilieu der Molasse mit Freuden bedienen würden.

Zum Schluß sei noch kurz die Frage der Herkunft der Schweremineralien in den Molassesandsteinen gestreift. Von Moos hat, gestützt auf die wenigen neueren Gerölluntersuchungen, die ihm aus der Ostschweizer Molasse zur Verfügung standen, für Epidot und blaue Hornblenden eine penninische, für die anderen Schweremineralien, soweit sie nicht authigener Entstehung sind, aber eine ostalpine Herkunft postuliert. Dabei glaubt er nicht in allen Fällen an direkte Belieferung aus dem ostalpinen Raum, sondern mißt Aufarbeitungen aus älteren Sedimenten (besonders für Staurolith, Disthen, daneben aber auch für Granat) eine große Bedeutung zu. Ich habe dieser Auffassung nicht viel Neues hinzuzufügen; nur scheint mir, daß nach den Funden von Mocausakonglomeraten, dem „Leitgestein“ der mittelostalpinen Simmendecke, als Gerölle in der Nagelfluh fast aller ostschweizerischen Nagelfluhfächer, (siehe S. 69), die mittelostalpinen Decken als Schuttlieferungen für die Molassevortiefe in stärkerem Maße als früher angenommen in Frage kommen. Die heute nur noch in wenigen Relikten vorhandene Simmendecke muß einst-mals, wie diese Geröllfunde andeuten, eine weit größere Ausdehnung besessen haben. Nach R. Staub (Lit. 94) stammt die Simmendecke aber aus der mittelostalpinen Simmen-Quattervalsgeosynklinale, die ebenfalls Ophiolite führt. Es scheint mir deshalb eher wahrscheinlich, daß die großen Epidotvorkommen, namentlich der unteren Molassesstufen, aus dem mittelost-alpinen Raum stammen, da die Erosion im Oligozän doch wohl noch nicht bis auf die penninischen Decken hinuntergegriffen hatte.

Zu einer andern Auffassung gelangt Geiger (Lit. 41). Aus dem Vorherr-schen der Durchläufer, das heißt der herkunftsempfindlichen, umlagerungs- und transportresistenten Mineralien schließt er, daß nicht die alpinen Bau-elemente das Material für unsere tortonischen Schichten lieferten, sondern die subalpine Molasse. Wir hätten es also beim gesamten tortonischen Ab-lagerungsmaterial nur mit Aufarbeitungen aus ältern Molasseschichten zu tun.

Dieser Ansicht kann ich nicht beipflichten; wohl spielen Aufarbeitungen aus älteren Sedimenten eine größere Rolle, als bisher angenommen wurde. Der Großteil des mittelländischen Baumaterials muß aber, wie die starken Unterschiede in der Geröllzusammensetzung zwischen der subalpinen und mittelländischen Nagelfluh zeigen, direkt aus alpinen Gebieten stammen. Diese alpinen Flüsse haben aber sicherlich nicht nur Gerölle, sondern auch Sande, und damit Schweremineralien, aus ihren Quellgebieten ins Vorland gebracht.

## Zusammenfassung der wichtigsten Resultate

### Stratigraphie-Lithologie

1. Die USM gliedert sich im westlichen Teil meines Arbeitsgebietes in

2. Oberaquitane Mergelzone,
1. Zone des granitischen Sandsteins.

Gegen Osten geht die oberaquitane Mergelzone seitlich in die Zone des granitischen Sandsteins über.

2. Die USM ist mit Ausnahme einiger extrem unterer Nagelfluhschnüre, die als seitliche Ausstrahlung des Hohe Rone-Schuttächers gedeutet werden, vollkommen geröllfrei.
3. Die Nagelfluhschüttung setzte im Toggenburg früher ein als im westlichen Teil meines Untersuchungsgebietes. An der Rickenstraße bei Wattwil begann sie am Anfang der OMM. Die untersten Nagelfluhbänke keilen gegen W aus. Wir finden deshalb unter der untersten Nagelfluhbank eine gegen W immer mächtiger werdende Zone geröllfreier OMM.
4. In der Gegend von Au-St. Dionys schüttete ein seitlicher Deltaarm einen kleinen Schuttkegel, dessen Nagelfluhbänke gegen E auskeilen. Die Wirkung dieser Lokalschüttung lässt sich durch die ganze OMM und bis in die Basisnagelfluh der OSM in dieser Zone beobachten.
5. Eine Gliederung der OMM im Burdigalien und Helvétien konnte nicht vorgenommen werden. Dafür wurde — durch paläontologische und lithologische Beweise belegt — seitliches ineinanderübergehen und Wechselfolge von marinen und limnischen Ablagerungen der OMM festgestellt. Die östlichsten Anzeichen mariner OMM können in der Gegend von Ricken beobachtet werden.
6. Die Grenze zwischen OMM und OSM bildet eine über große Strecken äußerst grobgeröllige Nagelfluhzone. Sie fällt ungefähr zusammen mit der von *Gutzwiller* auf Blatt IX angegebenen Grenze zwischen USM und OSM.
7. Die OSM lässt sich durch den Leithorizont der „Abtwiler Kalknagelfluh“ in eine untere und eine obere Abteilung trennen.
8. Die obere Abteilung der OSM gliedert sich am Hörnli durch eine Mergelzone — die Hörnligubelzone — in eine mittlere und eine obere Stufe der OSM. In den alpennäheren Gebieten lässt sich diese Zweiteilung infolge verstärkter Nagelfluhschüttung nicht mehr durchführen.
9. Das tortone Alter der mittleren Stufe der OSM ist durch Fossilien belegt, während die obere Stufe bisher keine bestimmbareren Fossilien geliefert hat. Daher kann die Frage, ob die obere Stufe noch tortonischen oder bereits sarmatischen Alters sei, nicht endgültig entschieden werden.

## Tektonik

10. Im Aabachtobel können starke Unregelmäßigkeiten im Schichtfallen beobachtet werden. Diese sind entweder als Sekundärunterschiebungen (im Anschluß an die von *Habicht* postulierte Randunterschiebung) oder als lokale Verstellungen im Gefolge der Bildung der „Regelsteinauf-schiebung“ früherer Autoren zu betrachten.
11. Im Streichen der Schichten macht sich ein Herumschwenken um die Hörnli-Schnebelhornnagelfluhmasse bemerkbar.
12. In der „horizontalen Molasse“ früherer Autoren wurden schwache Verbiegungen festgestellt, die als normale Synklinale (Schnebelhornsynklinale) und Antiklinale (Rotenantiklinale) gedeutet worden. Schnebelhornsynklinale und Rotenantiklinale lassen sich gegen W in die Molassesynklinale von Wädenswil-Stäfa (von *Zingg*) und in die Antiklinale Au-Männedorf fortsetzen.
13. Es wurden verschiedene Brüche mit Verschiebungen bis zu 30 cm beobachtet.

## Untersuchungen an Nagelfluhgerölle

14. Anhand von über 50 Geröllzählungen und Messungen wurde die Nagelfluh sowohl hinsichtlich der Art und Größe wie auch der Form und Rundung ihrer Komponenten untersucht.
15. Mit Hilfe moderner statistischer Methoden ( $X^2$ -Methode) wurde untersucht, ob eine empirisch als ausreichend empfundene Anzahl von 200 Geröllen für eine einwandfreie Charakterisierung eines Nagelfluhaufschlusses tatsächlich genügt. Das Ergebnis dieser Untersuchung bestätigt das empirisch gefundene Resultat im allgemeinen, da die Nagelfluh in einem Aufschluß statistisch-homogen durchmischt ist.
16. Die Nagelfluh der OMM und der untern OSM ist bunt; gegen das Hangende nimmt der Kristallingehalt ab. In der mittleren und oberen OSM finden wir neben wenigen lokalen bunten Nagelfluhvorkommen durchwegs kristallinführende bis kristallinarme Kalknagelfluh.
17. Auf quantitativem Wege lassen sich keine weiteren auffallenden Unterschiede innerhalb der Nagelfluh meines Untersuchungsgebietes feststellen.
18. In der mittleren und oberen OSM wurden verschiedene sichere helvetische Gerölltypen gefunden.
19. Im übrigen stammen die Nagelfluhgerölle aus dem südhelvetischen und nordpenninischen Flysch und aus den ostalpinen Decken (namentlich Klippendecke).

20. Die Untersuchungen über Form und Rundung der Gerölle ergeben, daß
- die flachen und kugeligen Formen am stärksten vertreten sind;
  - die Dolomite durchschnittlich am besten, die Quarzite am schlechtesten gerundet sind, trotzdem beide Gesteinsarten kugelige Formen vorziehen;
  - die kleinen Gerölle besser gerundet sind als die großen;
  - die kleinen Gerölle die kugelige Form bevorzugen;
  - die flachstengeligen und flachen Gerölle durchschnittlich besser gerundet sind als die kugeligen;
  - das Material für die Rundung einer Komponente eine größere Rolle spielt als ihre Größe, hingegen ihre Form in erster Linie von der Geröllgröße und nur untergeordnet von der Geröllart abhängt.

#### Schweremineraluntersuchungen an Molassesandsteinen

21. In den tieferen Zonen meines Untersuchungsgebietes lassen sich zwei stark verschiedene Schweremineralprovinzen unterscheiden: im Westen (Goldinger- und Ranzachtobel) kann mit fortschreitender Schüttung eine gleichsinnige Veränderung festgestellt werden, während im Osten (Toggenburg) jede Regelmäßigkeit fehlt. Dies wird mit unruhigeren Sedimentationsverhältnissen im Toggenburg in Zusammenhang gebracht.
22. Leitmineralien wurden keine gefunden.
23. Anscheinend werden die Schweremineralien durch Süßwasser stärker angegriffen als durch Meerwasser. Wenn sich diese Beobachtung auch andernorts bestätigt, erhalten wir ein neues Hilfsmittel für die Bestimmung des Ablagerungsmilieus der betreffenden Sandsteinbänke in die Hand.

## Literaturverzeichnis

1. *Amt für Wasserwirtschaft.* Untersuchungen in der Natur über Bettbildung, Geschiebe- und Schwebestoffführung. Mit 71 Abbildungen, 38 Tabellen und 2 Tafeln. Mitteilung Nr. 33 des Amtes für Wasserwirtschaft, 1939.
2. *Amt für Wasserwirtschaft.* Deltaaufnahmen des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft. Mit 70 Abbildungen und 18 Tabellen im Text, sowie 14 Planbeilagen. Mitteilung Nr. 34 des Amtes für Wasserwirtschaft, 1939.
3. *Andrée K.*, Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie. *Geol. Rundschau*, Bd. II, Heft 3, 1911.
4. *Andrée K.*, Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung. *Geol. Rundschau*, Bd. VI, Heft 7/8, 1916.
5. *Arbenz P.*, Über Diploporen aus dem Schrattenkalk des Säntisgebietes. *Vierteljahrsschr. der Natf. Ges. Zürich*, Jahrg. 53, 1908, S. 387—392.
6. *Arbenz P.*, Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. *Vierteljahrsschr. der Natf. Ges. Zürich*, LXIV, 1919 (Heimfestschrift).
7. *Barth T. F. W., Correns C. W., Eskola P.*, Die Entstehung der Gesteine. 412 Seiten. Berlin, Verlag Julius Springer, 1939.
8. *Baumberger E.*, Die subalpine Molasse von Luzern. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. XIX, 1925, S. 166—175.
9. *Baumberger E.*, Die Fauna der Silvanaschichten im Tafeljura der Kantone Basel-Land und Solothurn. Mit einer Fossiltafel. *Verhandl. der Natf. Ges. in Basel*, 1927, S. 147—163.
10. *Baumberger E.*, Vorläufige Mitteilung über die Altersbestimmung der subalpinen Süßwassermolassen in der Ostschweiz. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 26, Nr. 2, 1933, S. 555—562.
11. *Beck P.*, Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. Mit 2 Tafeln und 7 Textfig. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 26, Nr. 2, 1933, S. 337—430.
12. *Blöchliger A.*, Amtsbericht über den Bergsturz an der Kreuzegg vom Juni 1757. Aus „Heimatkunde vom Linthgebiet“. Herausgegeben vom Verein für Heimatkunde vom Linthgebiet (Beilage zum „St. Galler Volksblatt“, 5. Jahrg., Nr. 5, 1932).
13. *Boden K.*, Geologisches Wanderbuch für die bayrischen Alpen. Die Molasse im Vorland der Alpen. S. 113—144, Stuttgart 1930.
14. *Boden K.*, Beschaffenheit, Herkunft und Bedeutung des ostalpinen Molasseschuttes. 33 Seiten. Abhandl. der Geol. Landesunters. des Bayrischen Oberbergamtes, Heft 4, 1931.
15. *Boehndel E.*, Die obere Süßwassermolasse in der Umgebung des Untersees (Bodensee). Mit 4 Tafeln. Mitteil. der Bad. Geol. Landesanst., VIII, 1916, S. 1—48.

16. *Burri C.*, Schweremineralien aus den Goldsanden des Napfgebietes. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. II, 1931.
17. *Cadisch J.*, Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. Eclogae geol. Helv., Vol. XVIII, 1923, S. 222—227.
18. *Cadisch J.*, Das Werden der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation. Mit einer Tafel. Geol. Rundschau, Bd. XIX, 1928, S. 105—119.
19. *Cadisch J.*, Geologische Beobachtungen im Molassegebiet zwischen Linth und Thur. Eclogae geol. Helv., Vol. 23, 1930, S. 567—571.
20. *Cadisch J.*, Geologie der Schweizeralpen. 383 Seiten. Beer & Cie., Zürich, 1934.
21. *Clubführer des Schweizer Alpenclub*. Geologische Wanderungen durch die Schweiz. I. Mittelland und Jura. Von Dr. Julius Weber. Herausgegeben vom Schweizer Alpenclub, 1911.
22. *Deicke J. C.*, Geologische Skizze über die Kantone Appenzell, St.Gallen und Thurgau. Öffentlicher Vortrag. Verlag Scheitlin & Zollikofer, St.Gallen, 1879.
23. *Ebel J. G.*, Anleitung, die Schweiz zu bereisen. 7. Auflage, 1840.
24. *Eberli J.*, Über das Vorkommen von Molassekohle im Thurgau. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft 12, 1896, S. 96—158.
25. *Eberli J.*, Aus der Geologie des Kantons Thurgau. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft 14, 1900, S. 21—98.
26. *Eisenhart C. A.*, A test of significance of lithological variations. Journ. of sedimentary petrology, vol. 5, no. 3, 1935, p. 137—145.
27. *Escher von der Linth A.*, Notizen XIV und XIX (Auszüge aus den Tagebüchern des Herrn Konrad Escher von der Linth, 1812). Deponiert im geologischen Institut der ETH. und Universität Zürich.
28. *Escher von der Linth A.*, Tagebücher I, II, III b, IV. Deponiert im geologischen Institut der ETH. und Universität Zürich.
29. *Escher von der Linth A.*, Bemerkungen über das Molassegebilde der östlichen Schweiz. Mitt. der Natf. Ges. Zürich, Heft I, Nr. 7, 1847, S. 97—112.
30. *Escher-Heß C.*, Über einige Vorkommnisse der oligozänen und miozänen Molasse der östlichen Schweiz. Mit 4 Tafeln, Zürich, Orell-Füssli, 1907.
31. *Fehlmann H.*, Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Mit 170 Abb. und 24 Taf. Schweiz. Volkswirtschaftsdep., Abt. für Kriegswirtschaft, Bergbaubüro. Kümmeler & Frey, Bern, 1919.
32. *Fischer R. A.*, Statistical methods for research workers. Fourth edition. Oliver & Boyd, London, 1932.
33. *Früh J.*, Zur Geologie von St.Gallen und Thurgau, mit besonderer Berücksichtigung der Kalktuffe. Mit einer Tafel und einem Kärtchen. Ber. der St.Gall. Natf. Ges. 1884/85, 1886.
34. *Früh J.*, Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. Mit 17 Fig. und 4 Taf. Neue Denkschr. der allg. schweiz. Ges. für die ges. Naturwissenschaften, Bd. XXX, 1890.
35. *Früh J.*, Zur Bildung des Tößtales. Eclogae geol. Helv., Vol. IX, Nr. 3, 1907, S. 388.
36. *Früh J.*, Zum Begriff Nagelfluh, speziell löcherige Nagelfluh. Eclogae geol. Helv., Vol. IX, Nr. 3, 1907, S. 408—412.
37. *Früh J.*, Geographie der Schweiz. III. Bd. Die Einzellandschaften der Schweiz. St.Gallen, Fehr'sche Buchhandlung, 1938.

38. *Geiger E.*, Die Zusammensetzung thurgauischer Schotter. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft XXVIII, 1930, S. 115—128.
39. *Geiger E.*, Petrographie der Molasse. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft XXIX, 1933, S. 167—183.
40. *Geiger E.*, Die erratischen Blöcke im mittleren und unteren Teil des Kantons Thurgau. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft XXXII, 1940, S. 123—145.
41. *Geiger E.*, Erläuterungen zu Atlasblatt 56—59, Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bußnang. Im Druck.
42. *Geologischer Führer der Schweiz*. Herausgegeben von der Schweiz. Geol. Ges. bei Anlaß ihrer 50. Jahresfeier. Wepf & Cie., Basel, 1934.
43. *Gutmann G.*, Gliederung der Molasse und Tektonik des östlichen Hegaus. Mit einer Karte und Profilen. Mitt. der Bad. Geol. Landesanst., VI, 1910, S. 467—510.
44. *Gutzwiler A.*, Molasse und jüngere Ablagerungen, enthalten auf Blatt IX des eidg. Atlas. Mit 2 Taf. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 14. Lf., 1. Abt., 1877.
45. *Habicht K.*, Zur Kenntnis der innern subalpinen Molasse zwischen Toggenburg und Sitter. Mit einer Textfigur. Eclogae geol. Helv., Vol. 31, Nr. 2, 1938.
46. *Habicht K.*, Beiträge zur Geologie der südlichen st. gallisch-appenzellischen Molasse. Dissertation Universität Zürich, 1943. Im Druck.
47. *Heer O.*, Flora tertiaria Helvetiae. Winterthur 1855—59.
48. *Heer O.*, Übersicht der Geologie des Kantons Zürich. An die Zürcher Schuljugend auf das Jahr 1862, von der Natf. Ges.
49. *Heer O.*, Urwelt der Schweiz. 311 Seiten. Zürich, 1879.
50. *Heim Albert*, Geologie der Schweiz. Bd. I, S. 40—196 (mit Nachträgen). Leipzig, 1919.
51. *Heim Arnold*, Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. Mit 2 Tafeln. Vierteljahrsschr. der Natf. Ges. Zürich, Jahrg. 51, 1906, S. 462—472.
52. *Heim Arnold*, Monographie der Churfürsten-Mattstockgruppe. 2. Teil. Stratigraphie der mittleren Kreide. Mit 11 Textfig. und 8 Taf. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, N.F., Lf. 20, 1913.
53. *Heim Arnold*, Zum Problem des Alpen-Molasse-Kontaktes. Eclogae geol. Helv., Vol. 25, 1932, S. 223—231.
54. *Herbordt O.*, Geologische Aufnahme der Umgegend von Rapperswil-Pfäffikon am Zürichsee. Mit 2 Fig. und 2 Taf. Inaug.Diss. Universität Zürich, 1907.
55. *Kaufmann F. J.*, Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse. Mit einer Karte und 17 Profilen, 1860.
56. *Kiderlen K.*, Beiträge zur Stratigraphie und Palaeogeographie des süddeutschen Tertiärs. Neues Jahrb. für Min. Beil. Bd. 66, Abt. B, 1931, S. 215—384.
57. *Kleiber K.*, Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone. Mit 2 Textfig. Eclogae geol. Helv., Vol. 30, Nr. 2, 1937, S. 418—430.
58. *Kraus E.*, Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des bayrischen Allgäu. Abhandl. der Natf. Ges. Danzig, Bd. I, 1923.
59. *Kraus E.*, Der orogene Zyklus und seine Stadien. Zentralblatt für Min., Abt. B, Nr. 6, 1927, S. 216—233.
60. *Krummbein W. C.*, Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. 5 fig., 4 tab. and 1 plate. Journ. of sedimentary petrology, vol. II, nr. 2, 1941, p. 64—72.

61. *Krummbein W. C. and Pettijohn F. J.*, Manual of sedimentary petrography. 534 pages. The century earth science series. D. Appleton-Century Co., New York, London, 1938.
62. *Kündig E. und de Quervain F.*, Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Mit einer Übersichtskarte 1 : 600 000. Herausgegeben von der Geotechn. Kommission der Schweiz. Natf. Ges., 1941.
63. *Letsch E.*, Die schweizerischen Molassekohlen östlich der Reuß. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz. Geotechn. Serie, Lf. I, 1899.
64. *Leupold W.*, Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildung der Alpen zwischen Reuß und Rhein. Eclogae geol. Helv., Vol. 35, Nr. 2, 1942.
65. *Leupold W. und Maine W.*, Das Auftreten von Choffatella, Pseudocyclammina, Lovcenipora (Cladoporopsis) und Clypeina im alpinen Faziesgebiet. Mit 3 Textfig. Eclogae geol. Helv., Vol. 28, Nr. 1, 1935, S. 129—139.
66. *Leupold W., Tanner H. und Speck J.*, Neue Geröllstudien in der Molasse. Verhandl. der Schweiz. Natf. Ges. Sitten, 1942, S. 108—110.
67. *Leupold W., Tanner H. und Speck J.*, Neue Geröllstudien in der Molasse. Eclogae geol. Helv., Vol. 35, Nr. 2, 1942.
68. *Liechti W.*, Geologische Untersuchungen der Molasseregion zwischen Emme und Ilfis (Kt. Bern). Mit einer Fig. und 6 Taf. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, N.F., Lf. 61, 1928.
69. *Ludwig A. und Falkner Ch.*, Beiträge zur Geologie der Umgebung von St. Gallen. Mit 15 Tafeln und einer Karte. Jahrb. der St. Gall. Natf. Ges. 1901—02, S. 474 bis 621; 1903, S. 374—436.
70. *Ludwig A.*, Flussgeröll, Molasseproblem und Alpenfaltung. Jahrb. des Schweiz. Alpenclubs pro 1909/10, 45. Jahrg., 1910, S. 225—249.
71. *Ludwig A.*, Nochmals Molasseproblem und Alpenfaltung. Jahrb. des Schweiz. Alpenclubs pro 1910/11. 46. Jahrg., 1911, S. 300—301.
72. *Ludwig A.*, Erläuterungen zu Atlasblatt 4 des Geol. Atlas der Schweiz, 1 : 25 000, 1930.
73. *Milner H.*, Sedimentary petrography. London, 1929.
74. *Von Moos A.*, Über einige metamorphe Mineralien in der Molasse. Verhandl. der Schweiz. Natf. Ges. Zürich, 1934, S. 329—330.
75. *Von Moos A.*, Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Mit 9 Fig. und 10 Tab. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XV, 1935, S. 169—265.
76. *Von Moos A.*, Zur Petrographie der Quarzsande und mageren Huppererde der Bohnerzformationen im schweizerischen Juragebirge. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XVI, 1936, S. 318—327.
77. *Niggli P., Grubenmann U. u. a.*, Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, Lf. V, 1915.
78. *Niggli P., Parker R. und Königsberger J.*, Die Mineralien der Schweizer Alpen. Bd. I. Herausgegeben unter Mitarbeit der Geotechn. Kommission der Schweiz. Natf. Ges. B. Wepf & Cie., Basel.
79. *Niggli P., de Quervain F. u. a.*, Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, Lf. XIV, 1930.
80. *De Quervain und Gschwind M.*, Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. Herausgegeben von der Schweiz. Geotechn. Kommission, 1934. Verlag H. Huber, Bern.
81. *Renz H. H.*, Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. Mit 2 Tafeln und 4 Textfig. Eclogae geol. Helv., Vol. 30, 1937, S. 87—214.

82. *Renz H. H.*, Zur Geologie der östlichen st. gallisch-appenzellischen Molasse. Mit 10 Textfig. und 9 Taf. Jahrb. der St. Gall. Natf. Ges., 69. Bd., 1937/38.
83. *Richter W.*, Zur Methodik der Schweremineralanalyse von sandigen Sedimenten. Zentralblatt für Min. usw., Jahrg. 1939, Abt. A, Nr. 3, S. 70—80.
84. *Rollier L.*, Die Entstehung der Molasse auf der Nordseite der Alpen. Mit einer Fig. Vierteljahrsschr. der Natf. Ges. Zürich, Jahrg. XLIV, Zürich 1904, S. 159—170.
85. *Rutsch R.*, Geologie des Belpberges. Mit 9 Tafeln und 9 Fig. Mitt. der Natf. Ges. Bern, 1927, Bern 1928.
86. *Rutsch R.*, Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern. Mit 3 Fig. und 3 Taf. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, N.F., Lf. 66, 1933.
87. *Rutsch R.* und *Hürzeler W.*, Das Alter der Molassezone von Jona-Rapperswil-Ufenau. Eclogae geol. Helv., Vol. 27, Nr. 2, 1934.
88. *Scheuchzer J. J.*, *Helvetia Stoicheiographia, Orogaphia et Oreographia*. Bodmersche Truckerey, 1718.
89. *Schmidle W.*, Über Gerölle in der marinen Molasse von Überlingen. Mitt. Großherzogl. Bad. Geol. Landesanst., VII. Bd., 1. Heft, 1902.
90. *Schmidt C.*, Geologische Begutachtung des Rickentunnels Wattwil-Kaltbrunn. 1903. Bern, Buchdruckerei A. Benteli.
91. *Speck J.*, Zur Geologie der subalpinen Molasse zwischen Zug und Ägeri. Diplomarbeit, eingereicht der phil. Fak. II der Universität Zürich, 1943. Manuskript.
92. *Staub R.*, Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. Mit 8 Taf. Denkschr. der Schweiz. Natf. Ges., Bd. LXIX, Abh. 1, 1934.
93. *Staub R.*, Prinzipielles zur Entstehung der alpinen Randseen. Eclogae geol. Helv., Vol. 31, Nr. 2, 1938.
94. *Staub R.*, Gedanken zum Bau der Westalpen zwischen Bernina und Mittelmeer. Vierteljahrsschr. der Natf. Ges. Zürich, Jahrg. LXXXII, 1937 (I. Teil) und LXXXVII, 1942 (II. Teil).
95. *Studer B.*, Beyträge zu einer Monographie der Molasse. Mit 2 Taf. Bern, 1825.
96. *Studer B.*, Geologie der Schweiz. II. Bd., 3. Teil: Das Hügelland, S. 345—458. Bern und Zürich, 1853.
97. *Suter H.*, Geologie von Zürich, einschließlich seines Exkursionsgebietes. Mit 24 Abbild. im Text, eine Profiltafel und eine geol. Karte. Herausgegeben von der Naturkundl. Vereinig. des Lehrervereins Zürich und der Geol. Ges. Zürich, 1939.
98. *Tanner H.*, Zur Geologie des Hörnligebiets. Diplomarbeit, eingereicht der phil. Fak. II. der Universität Zürich, 1942 (Manuskript).
99. *Trümpy D.*, Geologische Untersuchungen im westlichen Rhätikon. Mit einer geol. Karte 1 : 25 000 und 5 Taf. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz. N.F., Lf. XLVI, 2. Abt., 1916.
100. *Wadell H.*, Volume, shape and roundness of rock particles. Journ. geol., vol. 40, 1932, p. 443—451.
101. *Weber A.*, Die Glacialgeologie des Tößtales und ihre Beziehungen zur Diluvialgeschichte der Nordostschweiz. Diss. ETH. Zürich, Winterthur 1928.
102. *Weber J.*, Zur Geologie und Bergbaukunde des Tößtales. Mitt. Natf. Ges. Winterthur, 12. Heft, 1917/18.
103. *Wenz W.*, Gastropoda extramarina. Bd. I—XI. Fossilium Catalogus. 1923—30.

104. *Weyl R.*, Sedimentpetrographische Studien zur Paläogeographie des Oligozäns im nordwestlichen Rheintalgraben. (Faziesprobleme des mitteleuropäischen Tertiärmeeres, Nr. 6.) Neues Jahrbuch für Min. usw., Beil. Bd. 80, Abt. B, S. 31—62.
105. *Würtemberger O.*, Fossilien aus der thurgauischen Molasse. Mitt. der Thurg. Natf. Ges., Heft 18, 1908, S. 61—62.
106. *Zingg Th.*, Erläuterungen zu Atlasblatt 7 des geologischen Atlas der Schweiz, 1 : 25 000, 1934.
107. *Zingg Th.*, Beitrag zur Schotteranalyse. Schweiz. Mitt. Petr. Mitt., Bd. XV, 1935

Karten

108. Geologische Karte der Schweiz, 1 : 100 000, Blatt IX (1875).
109. *Ludwig A.*, Geologischer Atlas der Schweiz, 1 : 25 000, Bl. 4, 1930.
110. *Zingg Th.*, Geologischer Atlas der Schweiz, 1 : 25 000, Bl. 7, 1934.