Zeitschrift: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 28 (1930)

Artikel: Die Zusammensetzung thurgauischer Schotter
Autor: Geiger, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593824

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: 06.01.2026

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

Die Zusammensetzung thurgauischer Schotter.

Von **E. Geiger**, Sekundarlehrer, Hüttwilen.

Im Heft 27 dieser Mitteilungen wies ich am Schlusse meiner Arbeit darauf hin, daß im Geröllbestand einer Ablagerung die kristallinen Gesteine nur 15—20 % der Gesamtheit ausmachen und so der petrographische Charakter derselben noch nicht eindeutig bestimmt sein kann. Es wird sich also darum handeln, die große Masse der sedimentären Gerölle in die Zählung miteinzubeziehen. Auf diese Weise wird sich erst ein vollständiges Bild der Zusammensetzung ergeben. Machen wir uns nun die Bestimmung und Zählung aller Gerölle zur Aufgabe, so sind wir im Rahmen der Sedimentpetrographie. Bekanntlich ist dieser Teil der petrographischen Wissenschaft noch ziemlich im Anfangsstadium und was bis jetzt darin als Forschungsresultate publiziert worden ist, betrifft am allerwenigsten die Gerölle; vielmehr ist es das feinere Sedimentationsmaterial in Form von Sandsteinen, Mergeln, Kalken und Sanden, welches der Untersuchung unterzogen wurde. Diese Tatsache hat ihren plausiblen Grund darin, daß in allen Sedimentationszyklen die Geröllschichten selten größere Mächtigkeit und Bedeutung erlangen.

Form, Größe und Stoff der Bauelemente sedimentärer Schichten bedingen einen ersten großen Unterschied zwischen Geröllablagerung einerseits und den eigentlichen Sedimenten, wie Kalkstein, Sandstein und Mergel anderseits und verlangen dadurch auch stark verschiedene Untersuchungsmethoden. In diesem Falle handelt es sich einmal um Schlämmanalysen zur Bestimmung der Korngrößen und deren Gewichtsanteil, dann um Trennung der Mineralien durch Flüssigkeiten von bestimmtem spezifischem Gewicht oder durch den Elektromagneten und schließlich um chemische Analysen. Im andern Fall, also bei Schottern oder Geröllschichten, wird makroskopisches und mikroskopisches Bestimmen, Zählen und Zuordnen zu bestimmten Gesteinsgruppen in den Aufgabenkreis der Untersuchung hineingehören. Man ersieht hieraus, daß das eine Forschungsgebiet ein gut eingerichtetes Laboratorium erfordert, während das andere mit einfachen Hilfsmitteln auskommt. Daß ich mich diesem letzteren Gebiete zugewendet habe, wird keiner langen Erklärung bedürfen. Wenn also die Geröllschichtenuntersuchung kein kompliziertes Instrumentarium benötigt, so ist das gewiß ein Vorteil; aber es treten dafür

Hindernisse anderer Art auf. Da ist vor allem zu bedenken, daß auf diesem Forschungsgebiet Neuland betreten wird, wo dem Untersuchenden noch recht wenig Analoges zur Verfügung steht. Neuland mit dem Reiz, daß so viele Wege offen stehen, die aber die Gefahr in sich bergen, daß sie Sackgasse oder Irrweg werden. So kann man zum Beispiel bei einer bestimmten Gruppierung von Gesteinen viele Zählungen vornehmen, und nachher stellt es sich heraus, daß Wesentliches des Bestandes in einer der Gruppen verschwindet. Eine neue Zusammenfassung wird notwendig, und die Arbeit kann wieder von vorne beginnen. Wenn auch solche Ausblicke nicht immer ermutigend sind, so ist doch nicht zu vergessen, daß derartige negative Arbeit Erfahrungen bringt, die andern nützen können. Eine genau umschriebene Problemstellung wird natürlich die Auswahl der Gesteinsgruppierungen stark einschränken, und je mehr dieselbe auf ein Gesamtziel eingestellt ist, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit einer brauchbaren Zählung. Dieses Gesamtziel der Sedimentpetrographie wird in dem Gedanken und in der Frage liegen, was für Erdrindenstücke das Sedimentmaterial bestimmter Bildungsbereiche geliefert haben. Nun ist zwischen Sedimentationsraum einerseits und Felsheimat der Gerölle anderseits noch ein verschlungenes Netz von Wegen, wobei noch unbekannte Faktoren mitgewirkt haben, daß der Geröllbestand so oder so geworden ist. Um diese Faktoren herauszubringen, wird deshalb noch eine besondere Gruppe von Spezialuntersuchungen notwendig werden. Gemeint ist zum Beispiel eine Untersuchung über den Geröllbestand und seine Änderung im Thurlauf mit Rücksicht auf die Schichten, welche durchlaufen werden. Auch die Kiesbänke der Töß werden von diesem Standpunkt aus geeignetes Untersuchungsobjekt werden können, da es sich um ein geologisch gut erforschtes Sammelgebiet handelt und postglazial aus der Felsheimat nichts mehr hinzugekommen ist. Umgekehrt werden quantitative und qualitative Geröllbestimmungen im bündnerischen Rhein einige Faktoren früherer Stadien ausschalten und dafür mehr rezente Vorgänge der Gesteinsverfrachtung in den Vordergrund treten lassen. Für das Gesamtproblem ist begreiflicherweise die Felsheimat der Gerölle eine Grundkomponente, und als solche gilt für unsern gesamten Sedimentationsbereich das östliche Schweizeralpengebiet. Es ist aufzufassen als ein gewaltiges Ruinenstück ostalpiner, penninischer und helvetischer Decken, deren Lagerung und Bestand durch eine Reihe von Geologen beschrieben worden sind, so daß diese Felsheimat in großen Zügen als gegebener Faktor betrachtet werden kann. Es ist nicht anzunehmen, daß das ganze geröllliefernde Gebiet gleichmäßig durch alle Eiszeiten hin-

durch Lieferant gewesen ist. Wahrscheinlich wird in jedem Zeitraum das eine oder andere Teilgebiet die Hauptmasse des Materials geliefert haben. Damit drängt sich dann auch die Frage auf, ob es möglich ist, an Hand des petrographischen Charakteristikums eines Schotters denselben der einen oder andern Eiszeit zuweisen zu können. Für unser intramoränes Gebiet wäre das besonders wertvoll; denn die Zuweisung von Schottervorkommnissen nach der Höhenlage ist hier bekanntlich zweifelhaft. Die qualitative Bestimmung eines Schotters wird auch die sporadisch auftretenden Gerölle miteinbeziehen müssen; aber für Vergleichszwecke muß ein genügend großes Zahlenmaterial vorliegen, aus dem Gesetzmäßigkeiten sich ableiten lassen sollen. Der Schwerpunkt der Untersuchung wird also in der quantitativen Bestimmung liegen. Dabei wird noch zu berechnen sein, welches Minimum bestimmter Gerölle zulässig ist, um brauchbare prozentuale Werte zu bekommen. Je größer natürlich die Zahl der Bestimmungen, desto eher werden auch die vereinzelt auftretenden Gesteinstypen miteinbezogen.

Bevor ich auf die eigenen Beobachtungen und Erfahrungen in diesem Gebiete eingehen will, sollen die Arbeiten gewürdigt werden, die dieses Thema betreffen.

In einer von der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft preisgekrönten Schrift behandelte Herr Prof. Dr. J. Früh die tertiäre Nagelfluh der Schweiz. Der Verfasser hat durch äußerst eingehende Untersuchungen die Zugehörigkeit der Gerölle zu bestimmten Typen und Horizonten festgestellt. Diese qualitative Untersuchung erstreckt sich über alle Horizonte der schweizerischen tertiären Nagelfluh, und sie gibt durch ihre exakte Beschreibung gute Wegleitung für alle, die in die Kenntnisse dieser Gesteine eindringen wollen. Herr Prof. Dr. Früh geht auch in Berücksichtigung aller einschlägigen Literatur darauf aus, die Heimat der gefundenen Gerölle ausfindig zu machen, und hat sich die Mühe nicht verdrießen lassen, den weitverzweigtesten Spuren nachzugehen. Von besonderm Interesse waren für mich in der Arbeit besonders jene Stellen, wo der Verfasser etwas auf quantitative Bestimmung eingeht. Er macht den Vorschlag, in einer Geröllschicht 1 m² abzugrenzen und die darin enthaltenen Steine zu zählen und zu bestimmen. Die untere Größengrenze war 1—2 cm. Ein Resultat aus der Nagelfluh von Trogen umfaßte 201 Gerölle, wovon 87,6 % sedimentogen und 12,4 % kristallin waren. Zwei weitere Proben stammen von der bunten Nagelfluh an der Basis der marinen Molasse: 452 Gerölle per m², wovon 95,1 % sedimentogen und 4,9 % kristallin. 590 Gerölle per m², wovon 94,4 % sedimentogen und 5,6 % kristallin.

Prozentuale Bestimmungen für die Gerölle, namentlich zu Vergleichszwecken, erachtet auch der Verfasser für notwendig und wertvoll.

Die zweite Arbeit, die auf das Problem der quantitativen Geröllbestimmungen eingeht, ist die Monographie des schweizerischen Deckenschotters von R. Frei. Hier sind nun eine große Zahl von solchen Bestimmungen an den verschiedensten Orten gemacht worden; dagegen war die Zahl der Gerölle an einem Ort selten mehr als 100. Die Einordnung in eine größere Zahl von Gruppen bedingt bei dieser Zählmethode, daß einzelne Kolonnen dann nur gelegentlich von Prozentwerten besetzt sind. Die ganze quantitative Aufgabe will zur Hauptsache ein Bild von der petrographischen Zusammensetzung des Deckenschotters geben, ohne tiefer auf die Beziehung der Geröllherkunft einzugehen. Auch der Vergleich mit andersalterigen Schottern wird nur berührt, indem eine Zählung von einem Hochterrassenschotter und von tertiärer Nagelfluh beigegeben sind, aus deren Zahlen keine markanten Unterschiede hervortreten. Dieser Teil der Monographie ist eben nur als Ergänzung zum Hauptteil aufzufassen.

In jüngster Zeit ist in einer bernischen Dissertation von W. Liechti die quantitative Untersuchung der Nagelfluh zwischen Emme und Ilfis wieder aufgegriffen worden. Der Verfasser hat an 26 Orten des Gebietes Zählungen durchgeführt, wobei je 400 Gerölle in Frage kamen. Er hat diese Gerölle acht Gruppen zugeordnet:

1. Rote Granite.
2. Grüne Granite.
3. Übriges Kristallin, wie Gabbro, Diorit, Serpentin, Porphyr, Quarzporphyr, Diabas, weiße und gelbe Granite, Aplite.
4. Quarzite.
5. Gelbe Sandsteine.
6. Andere Sandsteine.
7. Kalke und Dolomite.
8. Varia, z. B. Radiolarit, Breccien usw.

In dem betreffenden Gebiete sind nun Geröllhorizonte in allen Stufen der Molasse, und da war es gegeben, daß ein Vergleich zwischen den einzelnen Horizonten gemacht wurde. Es zeigt sich so eine gesetzmäßige Abnahme der roten Granite mit dem Alter der Schichten. Naheliegend ist dann natürlich auch die Frage nach der Herkunft, wobei ein Teil der Gerölle ostalpinen Decken zugewiesen wird. Eine restlose Lösung der Herkunftsfrage konnte auch diese Arbeit noch nicht bringen.

In der Glazialgeologie des Tößtales von Dr. A. Weber ist vom Autor auch eine Gesteinszählung durchgeführt worden. Sie betrifft höhern und tiefern Deckenschotter bei Bauma und die Bestimmung und Zuordnung erfolgte nach der Gruppierung von R. Frei. Sie sollte neben dem Unterschied in der Höhenlage einen solchen in der Geröllzusammensetzung erbringen. Das Resultat war aber negativ, d. h. in den Hauptgruppen: 1. Kristalline Silikatgesteine, 2. alpine Karbonatgesteine, 3. klastische Gesteine, 4. Quarzit und Hornsteine zeigte sich für beide Deckenschotter kein charakteristischer Unterschied. Hingegen waren die Zahlenwerte in Übereinstimmung mit denjenigen der andern schweizerischen Deckenschottervorkommnissen.

Mit diesen knappen Schilderungen sind die wesentlichen Ergebnisse bisheriger Geröllunterschungen erwähnt, und sie sind mit Ausnahme der ersten Arbeit nur petrographische Ergänzungen zum geologischen Hauptproblem. Daß sie mir nicht wegleitend sein konnten, wird aus dem Nachfolgenden ersichtlich werden.

Es soll nun versucht werden, die Geröllunterschung als Hauptproblem aufzufassen und darzustellen. In den Forschungsbereich werden Vorkommnisse von der tertiären Nagelfluh bis zu den rezenten Kiesablagerungen gezogen. Die meisten Lokalitäten sind gegenwärtige Abbaustellen für Kies, wo also immer relativ frisches Material anstehend ist. Sie befinden sich zur Hauptsache im Unterthurgau. Die zwölf Aufschlüsse der Molassenagelfluh sind am Seerücken von Lanzenneunforn bis Nußbaumen. Für den Deckenschotter kamen in Betracht: der Seerücken von Hüttwilen bis Homburg; dann der Schienerberg mit drei Orten und zwei am Kohlfirst. Es folgen fünf Lokalitäten im Ittingerschotter, einer Ablagerung, welche der letzten Eiszeit vorausgeht. Diese Orte liegen zwischen Seebach und Thur. Für die Moränenschotter als weitern Bildungsbereich kommen zehn Aufschlüsse in Betracht, die sich von Iselisberg, Oberneunforn über Buch, Ürschhausen, Nußbaumen, Stammheim, Etzwilen, Kaltenbach, Eschenz und Mammern hinziehen. Ein besonders bedingter Ablagerunsraum ist dann das Thurfeld mit sechs Stellen von Weinfelden bis Üßlingen, und schließlich wurden die Kiesbänke der Thur selber untersucht. Durch ein freundliches Geschick war es mir vergönnt, fünf Wochen in Tamins zuzubringen, und da benutzte ich die Gelegenheit und setzte dort Geröllunterschungen in den Kiesbänken des Vorder- und Hinterrheins fort. Zu diesen eigentlichen Serien kommen dann noch einige vereinzelte Vorkommnisse.

Jede Einzeluntersuchung war eine Bestimmung von 300—400 Geröllen von ungefähr gleicher Größe, d. h. vom Volumen einer Faust, und zwar wurde das deshalb gemacht, weil das Zusammensetzungsverhältnis sich stark mit der Größe ändert. Im Deckenschotter ist z. B. das Verhältnis von kristallin: sedimentogen

faustgroß	1 : 9,5,
nußgroß	1 : 16,
erbsengroß	1 : 19.

In den Moränen:

faustgroß	1 : 3,
nußgroß	1 : 5,
erbsengroß	1 : 10,5.

Im Moränenzug östlich Hagenbuch sind 343 Blöcke von 10 bis 30 dm^3 Inhalt bestimmt worden, wo das Verhältnis 1 : 9 wird. Es rührt das davon her, weil neben den helvetischen Kalksteinen die Molassesandsteine stark dominierend werden. Bei solchen Veränderlichkeiten wird man also gut tun, die Faustgröße als Norm zu beachten. Daß bei solcher Größe nicht innerhalb eines m^2 Wand geblieben werden konnte, ist begreiflich; vielmehr wurde die ganze Abbauwand berücksichtigt, um ein besseres Gesamtbild zu bekommen. Die Geröllsumme von 300—400 Stück ist etwas willkürlich; vielleicht läßt sich mathematisch die Zahl als unterer Grenzwert etwas genauer bestimmen, die bei gegebener Geröllgröße und gegebenen ungefähren Verteilungszahlen der Gesteinstypen eine brauchbare Genauigkeit gewährleistet.

Was nun die Zuteilung der Gerölle zu verschiedenen Gruppen anbetrifft, so kann nach meiner Ansicht einzig das petrographische Klassifikationsprinzip maßgebend sein; das heißt also eine scharfe Trennung von Sedimenten, magmatischen und metamorphen Gesteinen. In den quantitativen Bestimmungen von R. Frei und W. Liechti sind nun diese Grundklassen zu wenig oder gar nicht berücksichtigt worden und jene Werte sind daher für Vergleichszwecke unbrauchbar. Von Belang ist natürlich, daß jedwede Zuteilung makroskopisch unter Beihilfe einer Lupe einwandfrei sicher ist. Die Einordnung in die drei Hauptgruppen bietet in dieser Hinsicht keine Schwierigkeiten. Die Verarbeitung des Zahlenmaterials geschah zunächst in der Weise, daß für die drei Hauptgruppen die prozentualen Anteile bestimmt wurden. Schon dadurch zeigen sich einige Gesetzmäßigkeiten. Dieselben kommen zur Geltung, wenn man die Ablagerungsbereiche folgendermaßen ordnet:

I. präglazial	II. glazial	II. postglazial
Tertiäre Nagelfluh	1. Deckenschotter	1. Thurfeld
	2. Ittingerschotter	2. Thurbett
	3. Moränen	3. Tamins Rheinbett.

Faßt man den Anteil der magmatischen und metamorphen Gesteine zum kristallinen zusammen, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Deckenschotter	Ittingerschotter	Moräne		
10 %	15 %	25 %		
	Thurfeld	Thurbett	Vorderrhein	Hinterrhein
	18 %	27 %	71 %	85 %

Man sieht, daß innerhalb der glazialen Serien eine Zunahme der kristallinen Gesteine gegen Ende des Diluviums erfolgt. Anderseits besteht auch eine Zunahme innerhalb der postglazialen Serien, je unmittelbarer die Belieferung aus der Felsheimat wird.

Betrachtet man nur den prozentualen Anteil der metamorphen Gesteine, so geht die Zunahme durch alle Serien hindurch:

Tertiäre Nagelfluh	Deckenschotter	Ittingerschotter	Moräne
3,7 %	7,4 %	10,5 %	22,7 %
Thurfeld	Thurbett	Vorderrhein	Hinterrhein
12 %	18,5 %	54 %	79 %

Wir beobachten, daß die Werte der postglazialen Serien sich an die Thurfeldwerte anschließen. Die obgenannten Zahlen bedeuten Mittelwerte jeder Serie. Die Schwankungen der Zahlenwerte verschiedener Lokalitäten aber gleicher Serie sind klein.

Sie betragen zum Beispiel im Deckenschotter:

	sedimentogen	magmatisch	metamorph
1. Salen-Reutenen	93,8	1,6	4,6
2. Schienerberg	92,5	1,0	6,5
3. Boll	91,7	1,0	7,3
4. Hörnli	91,0	2,2	6,8
5. Kleebuck	90,0	3,3	6,7

Für den Ittingerschotter:

1. Riethalde	83,3	4,7	12,0
2. Nergeten	84,6	5,1	10,2
3. Schloßbuck	85,7	4,7	9,6
4. Neumühle	85,7	5,6	8,7
5. Bühl	83,3	4,2	12,5

Für die Moränenschotter:

	sedimentogen	magmatisch	metamorph
1. Oberneunforn	73,3	3,5	23,2
2. Stammheim-West . . .	65,4	4,4	30,2
3. Etzwilen	75,4	3,0	21,6
4. Stammheim-Südwest . .	73,4	2,2	24,4
5. Trüttlikon	71,0	5,3	23,7
6. Haldenbach	71,7	3,6	24,7
7. Stammheim-Schlattingen .	78,6	4,4	17,0
8. Iselisberg	68,4	2,4	29,1
9. Mammern	70,7	4,5	24,8
10. Eschenz-Ost	75,8	2,8	21,4
11. Eschenz-West	78,0	2,5	19,5
Für die tertiäre Nagelfluh:			
1. Herdern	92,1	5,3	2,6
2. Habsbach	91,0	4,8	4,2
3. Wilen	90,0	6,1	3,8
4. Weierholz	93,5	4,5	2,0
5. Herdern-West	86,6	10,2	3,2

Diese Zahlen lassen schon deutlich einen einheitlichen Charakter für jeden Ablagerungsbereich erkennen. Im Deckenschotter wird diese Homogenität auch über die Rheinfurche gewahrt. In ähnlicher Weise verhalten sich auch die Schottermoränen auf der Rhein- und Thurseite und in ihrer südlichen Entwicklung von Häuslenen bis Aadorf. Ob diese Gesetzmäßigkeiten im nördlichen und östlichen Teil des Rheingletschergebietes, also jenseits des Bodensees, auch Geltung haben, muß einer spätern Untersuchung vorbehalten werden.

Nun haben die Zählungen im Kiesgrubengebiet Häuslenen-Aadorf noch etwas anderes in Erscheinung treten lassen. Es handelt sich dort um eine einheitliche Ablagerungsserie, und zwar in Form eines Moränenwalles mit anschließendem Schotterfeld. Der Wall ist östlich begrenzt durch das Zungenbecken zwischen Immenberg und Braunauerberg. Je näher nun die Kiesgruben dem Wall liegen, desto häufiger sind die kubikfußgroßen Blöcke in den sandig kiesigen Schichten und desto größer ist der Anteil der kristallinen Gesteine.

Häuslenen	70,7	1,1	27,2
Hagenbuch-Südost . .	77,8	2,1	20,1

ebenso bei Aadorf.

Aadorf, östlich . . .	75,5	1,3	23,2
Aadorf	80,8	1,7	17,5
Aadorf, westlich . . .	83,7	3,2	14,1

Im Rheintal ist bei Mammern eine Kiesgrube in Moräne. Oberhalb Eschenz beginnt der Übergang in Schottermoränenplatte, die auch westlich vom Dorf erhalten ist und an beiden Orten Kiesgruben aufweist. Auch hier zeigt sich nun deutlich, daß der Anteil an kristallinen Gesteinen um so größer ist, je unmittelbarer der Eistransport in Frage kommt.

Mammern	70,7	4,5	24,8
Eschenz-Ost	75,8	2,4	21,4
Eschenz-West	78,0	2,5	19,5

Im Seebachtal haben wir als Produkt der letzten Eiszeit von Buch, Iselisberg in der Nordwestrichtung gegen das Stammheimertal ein Gebiet von Moränenschotter zu Schottermoränen als Übergangskegel. Wir sind hier im typischen zerschlitzten Eisrandgebiet mit ostwärts anschließendem Zungenbecken. Die Kiesgrube von Buch zeigt noch den deutlichen Charakter der Grundmoräne in seinem Geröllbestand, wie er ähnlich in Drainagegräben westlich von Nergeten bestimmt werden konnte.

Nergeten	79,0	4,0	17,0
Buch	80,8	5,6	13,6

Die Kiesgruben Trüttlikon und Iselisberg liegen schon in Moränenschotter.

Iselisberg	68,4	2,4	29,1
Trüttlikon	70,8	5,3	23,9
Oberneunforn	73,3	3,5	23,2

Auf der Nordseite des Seebachtales ist ein deutlicher Moränenzug mit der Kiesgrube Haldenbach am Hang westlich Hüttwilen. Westwärts gegen Nußbaumen schließen sich Schotter an mit einer Kiesgrube bei der Säge Nußbaumen.

Haldenbach	70,7	3,6	24,6
Nußbaumen, Säge . . .	80,5	2,5	17,0

Diese Beobachtungen, die innerhalb eines Bildungsbereiches, nämlich der letzten eiszeitlichen Ablagerung gemacht worden sind, liefern ein Zahlenmaterial, welches einerseits im sedimentären Geröllbestand die Abhängigkeit vom Eisrand anzeigt und anderseits im Verhältnis der magmatischen zu den metamorphen Geröllen den Charakter der letzten Eiszeit wahrt, indem der Anteil der metamorphen Gerölle stets hoch bleibt.

Bei der Zählung sind natürlich die Gesteine auch gleichzeitig in eine Untergruppe eingereiht worden. Diese Unterteilung zeigte nun verschiedene Schwierigkeiten, weil sie Bedingungen erfüllen soll, die

ziemlich schwer zu vereinbaren sind. Erstens sollen es Typen sein, die durch alle Ablagerungen wieder anzutreffen sind, und zwar das im Hinblick auf die Vergleichsmöglichkeiten. Zweitens sollen sie petrographisch definierte Grenzen haben. Drittens sollen sie die Zugehörigkeit zu den verschiedenen Decken anzeigen. Viertens sollen sie makroskopisch annähernd sicher bestimmt werden können. Fünftens soll die Zahl der Typen nicht zu groß werden.

Im Hinblick auf diese erwähnten Bedingungen ergeben sich einmal für die Sedimente folgende Typen:

1. Sandsteine der Molasse und des helvetischen Flysches.
2. Kalksteine der helvetischen Decken.
3. Kieselige und mergelige Kalksteine der ostalpinen Decken.
4. Braune Glimmersandsteine der pernninischen Decke.
5. Verrukano und Buntsandstein der ostalpinen Decken.
6. Hornsteine der ostalpinen Decken.
7. Dolomit der ostalpinen Decken.
8. Breccien der penninischen und ostalpinen Decken.

Sporadisch auftreten kann der Rötidolomit, während Melsersandstein und Glarnerverrucano äußerst selten sind. Tavagannaxsandstein trifft man gelegentlich im Deckenschotter. Diese Typenaufstellung ist natürlich am besten den glazialen und postglazialen Bildungsbereichen angepaßt, gilt aber nur teilweise für die präglazialen Schotter der Molassenagelfluh. Die Häufigkeitswerte der Typen sind auch prozentual umgerechnet, wobei meistens die Summe 100 wegen sporadisch auftretenden und hier weggelassenen Typen nicht ganz erreicht wird. Ein erster Vergleich soll innerhalb der glazialen Serien gemacht werden. Zu diesem Zweck folgt hier die Tabelle:

	Deckenschotter	Ittingerschotter	Moräne
1. Sandstein	3,4	8,3	12
2. Helvetischer Kalkstein	43	49,1	61,5
3. Ostalp. kieselig mergelige Kalksteine	2,8	9,7	2,0
4. Braune Glimmersandsteine	31,1	7,2	6,5
5. Verrucano	6,1	6,5	4
6. Hornstein	6,9	12,7	1,1
7. Dolomit	4,6	3,1	3,6
8. Breccien	1,6	2,4	3,0

Die Zunahme der Sandsteine ist derart, daß dieser Wert für Moränen zum Charaktermerkmal wird. Die helvetischen Kalke nehmen derart zu, daß sie wieder in jüngern Schottern zum vorherr-

schenden Typus werden. Die ockergelben bis rötlichgelben ostalpinischen Kalksteine werden mit ihrem hohen Anteil im Ittingerschotter zum Charaktermerkmal. Der braune Glimmersandstein wird zum Merkmal des Deckenschotters. Die Werte der übrigen Typen sind nicht so überragend von einander verschieden, daß sie etwas Charakteristisches für den einen oder andern Bereich ergäben. Höchstens könnte man noch den Hornsteinanteil des Ittingerschotters als solchen bezeichnen. Die Zunahme der zwei ersten Typen ist dadurch zu erklären, daß mit tiefer werdendem Gletscherbett die Horizonte des Molassegebietes seitlich immer stärker betroffen werden (beziehungsweise die Gebiete des helvetischen Kalksteins). Für den dritten Typus kommt der Auslesefaktor in Betracht, d. h. der Ittingerschotter kennzeichnet sich hier als fluvioglazialer Schotter, der, wie es sich bei weiterm Vergleich herausstellt, früher abgelagertes Material aufbereitete und eine Auslese schuf. Der braune Glimmersandstein zeigt eine starke Abnahme; daraus ist zu schließen, daß in der Felsheimat im Oberhalbstein im Laufe der Eiszeiten die seitliche Berührungsfläche mit diesem Gestein kleiner geworden ist. Die fast gleichbleibenden Zahlen für Ittingerschotter und Moränen zeigen an, daß die Zerstörung im fluvioglazialen Transport den normalen Anteil heruntergedrückt hat. Die hohe Zahl der Hornsteine im Ittingerschotter zeigt wieder den Auslesefaktor an.

Ziehen wir zum Vergleich noch die postglazialen Bereiche heran, so schließen wir sie wegen ihrem fluviatilen Charakter am besten dem Ittingerschotter an.

	Thurfeld	Thurbett	Rhein b. Tamins
1. Sandstein	4,6	3,7	—
2. Helvetischer Kalkstein	58,4	62,9	48
3. Ostalpiner Kalkstein	9,5	15,3	—
4. Brauner Glimmersandstein	4,1	1	—
5. Verrucano	8,9	6,4	34
6. Hornstein	11,6	8,4	4
7. Dolomit	6,4	1,1	7,5
8. Breccien	1	0,9	2,6

Der Auslesefaktor spielt hier am stärksten hinein. Die Abnahme der Molassesandsteine liegt in der Zerstörbarkeit und Angreifbarkeit dieser Gesteine. Die Zunahme der helvetischen Kalksteine zeigt an, daß diese wegen ihrer Politurfähigkeit zu den Auslesegesteinen gehören. Ähnlich verhalten sich auch die ostalpinen Kalksteine. Als leicht zerstörbare Gesteine zeigen sich noch braune Glimmersandsteine und Dolomit. Ein weiterer Schritt führt noch zum Vergleich

mit der Molassenagelfluh. Derselbe wird aber lückenhaft, weil für diese Ablagerung mehrheitlich andere Gesteinstypen aufgestellt werden müssen. Von den bisherigen Typen kommen nicht vor: 1. Sandstein, 2. helvetische Kalksteine, 3. braune Glimmersandsteine. Die übrig bleibenden Sedimenttypen zeigen, daß sie schon aus der tertiären Nagelfluh in eiszeitliche Schotter umgelagert wurden, und da der Vorgang fluvioglazial sein mußte, so werden sie am ehesten im Ittingerschotter sich geltend machen. Naturgemäß ist eine starke Verschiebung im prozentualen Anteil eingetreten.

	Tertiäre Nagelfluh	Ittinger-schotter
1. Ostalpine Kalke	12	9,7
2. Verrucano	2,2	6,5
3. Hornstein	2,7	12,7
4. Dolomit	41	3,1

Die ostalpinen Decken als ausschließliche Lieferanten der Molassenagelfluhgerölle haben im Eiszeitalter noch weiterhin Verrucano und Hornstein geliefert. Die vergleichende Betrachtung der sedimentären Gesteinstypen haben die Erkenntnis der Schotter in folgender Weise vertieft:

1. Nehmen mit dem Alter der glazialen Ablagerung die helvetischen Kalksteine ab.
2. Wird der große Anteil der ostalpinen Kalksteine und der Hornsteine zum Charaktermerkmal des Ittingerschotters, d. h. eines mittleren Eiszeitschotters.
3. Wird der große Anteil der braunen Glimmersandsteine ein Charaktermerkmal des jüngern Deckenschotters.
4. Heben sich bei der Trennung von eisfernen und eisnahen Schottern diejenigen Gesteinstypen heraus, welche einerseits leicht zerstörbar und damit verschwindend und anderseits widerstandsfähig und damit relativ angereichert sind.

Bei der zweiten Hauptgruppe, den magmatischen Gesteinen, ergeben folgende Typen zählbare Werte:

1. Granite und Porphyre der Nagelfluh.
2. Aarmassivische Granite und Syenite.
3. Diorite.
4. Gabbro.
5. Diabase und Spilite.
6. Juliergranite.
7. Bergüner Quarzporphyre.

Zu den sporadisch auftretenden Gesteinen gehören Somvixer Pegmatit, gotthardmassivischer Quarzporphyr, Cristallinagranit und Rofnaporphyr.

	Decken-schotter	Ittinger-schotter	Moräne
1. Nagelfluhgranit	23	27,7	12
2. Aaregranit	—	6,5	3,5
3. Diorit	7,7	9,8	11,5
4. Gabbro	3,3	3,2	3,5
5. Diabas	30,7	24,5	12,5
6. Juliergranit	12	24,3	40,5
7. Quarzprophyr	23	4	1,5

Die Zunahme vom ersten Typus im Ittingerschotter beweist, daß darin viel Nagelfluhmaterial eingelagert wurde. Da noch 12 % in Moränen vorkommen, ist anzunehmen, daß seitlich der Eisränder Nagelfluh war, welche das Eis belud. Beim zweiten Typus, dem aarmassivischen Granit, ist es nicht verwunderlich, daß der Deckenschotter noch keinen solchen führt. Daß er aber im Ittingerschotter zu 6 % ansteigt, um nachher wieder auf 3,5 % in den Moränen zu fallen, ist vorläufig ein Rätsel. Der Dioritanteil zeigt ein Anwachsen, wodurch zum Ausdruck kommt, daß gegen den Schluß der Eiszeiten das Einzugsgebiet sich das Vorderrheintal erobert hat. Die Werte für die Gabbros bleiben ungefähr bei 3 %, so daß durch alle Glazialzeiten die Zufuhr vom Oberhalbstein die gleiche blieb. Da die Zahlen für Diabase nicht gleiches Verhalten wie die Gabbros zeigen und der Rhein bei Tamins noch 18 % führt, so kommt nicht bloß das Lieferungsgebiet vom Oberhalbstein in Betracht. Der sechste Typus zeigt starke Zunahme gegen Ende der Eiszeiten. Der Anteil wird in Moränen so vorherrschend, daß für diesen Bereich wieder ein Charaktermerkmal erscheint. Es ist aber das einzige in dieser Typenreihe. Das Verhalten der Quarzporphyre weist darauf hin, daß im Laufe der Eiszeiten das Nährgebiet mehr nach Westen verlegt wurde. Anschließend an Ittingerschotter sollen jetzt wieder die postglazialen Ablagerungen vergleichend herangezogen werden.

	Thurfeld	Thurbett	Rhein
1. Nagelfluhgranit	35	21,7	—
2. Aaregranit	9,7	20	32,7
3. Diorit	14,9	12	9,6
4. Gabbro	1,3	—	0,3
5. Diabas	16,8	20	18,2
6. Juliergranit	18,8	22,6	12,2
7. Quarzporphyr	3,2	3,1	—

Der erste Typus beweist wieder, daß die Thurfeldschotter einen beträchtlichen Anteil der Molassenagelfluh enthalten. Der zweite und dritte Typus bezeugen in ihrem Verhalten auch Umlagerung aus jüngerm Glazialschutt. Im Vorderrhein bei Tamins sind noch $^1/_{10}$ der magmatischen Gesteine Diorite. Der Hinterrhein führt keine Dioritgerölle. Die Diabase des Rheins stammen zur Hälfte vom Vorderrhein, und ihre Felsheimat ist wohl das Adulagebiet. Das Maximum der Juliergranite im Thurbett läßt sich erklären durch die Seitenerosion von Grundmoräne bei Weinfelden und bei Ochsenfurt; die Quarzporphyre treten mit schwacher Abnahme als verschwemmte Deckenschotter- und Molassenagelfluhgerölle im Thurfeld und in der Thur auf. Der Rhein führt 2,7 % gotthardmassivische gequetschte Quarzporphyre. Der Vergleich mit den magmatischen Gesteinen der tertiären Nagelfluh läßt erkennen, daß die Granite und Quarzporphyre der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Ablagerungen ausschließlich aus der Nagelfluh stammen, während Gabbro und Diabas auf nachherige Zufuhr angewiesen waren.

Zusammenfassend für die magmatischen Gesteinstypen kann folgendes erkannt werden:

1. Stark vorherrschend unter den Typen ist einzig der Juliergranit in Moränenschotter, wo er zu einem Charaktermerkmal wird.
2. Ein Unterschied zwischen leicht zerstörbaren und widerstandsfähigen Geröllen tritt hier nicht überzeugend in Erscheinung.
3. Die ansteigenden Werte für zwei Typen durch die glazialen Ablagerungen beweisen die fortschreitende Erosion in ihrem Heimatgebiet und direkte Lieferung dorther.
4. Was die Summe der magmatischen Gesteine in ältern Schottern emportreibt, ist der Nagelfluhgranit und der Quarzporphyr und in jüngern Schottern der Juliergranit und der Diorit.

Nach mannigfaltigen Versuchen und Umstellungen habe ich für die metamorphen Gesteine folgende Typen aufgestellt:

1. Augengneis biotitführend der Silvrettadecke.
2. Biotitgneis mittelgranoblastisch bis lepidoblastisch.
3. Hornblendegneis Herkunft unsicher.
4. Zweiglimmergneis der Silvrettadecke.
5. Granulit.
6. Phengitgneis der Aduladecke.
7. Glimmerschiefer.
8. Amphibolit der Silvretta- und Aduladecke.
9. Chloritschiefer der Silvretta- und Aduladecke.
10. Bündnerschiefer der penninischen Decke.

Im Moränengebiet von Häuslenen-Aadorf macht sich dann noch der Ilanzer Verrucano fast auffällig bemerkbar. Er wird als Konglomeratgneis zu den metamorphen Gesteinen gerechnet werden müssen. Da er nördlich nur vereinzelt, d. h. weniger als 1 % Anteil hat, habe ich ihn nicht als besondern Typ angeführt.

Zu den vereinzelten Gesteinen gehören auch Granat- und Epidotamphibolit, Granatglimmerschiefer und Glimmerquarzit.

Die Augengneise zeigen in ihrem geringen Anteil am metamorphen Geröllbestand den Abfall in Moränen und Rhein. Ihre Hauptlieferungszeit waren ältere und mittlere Eiszeiten; denn die morschen Stücke, die in der Nagelfluh vorkommen, können nicht umgelagert worden sein. Der Typus der Biotitgneise zeigt bei viel größerm Anteil ein ähnliches Verhalten. In der tertiären Nagelfluh ist er durchwegs feinkörnig und ist manchmal fast der einzige Vertreter der metamorphen Gesteine. Sein Übergang in spätere Schotter ist sicher nicht bedeutend; denn im Deckenschotter und Ittingerschotter ist er frischer und grobkörniger. Auch dieser Typus deutet auf eine stärkere Zufuhr in ältern und mittleren Eiszeiten aus dem Silvrettagebiet. Das analoge Verhalten der Hornblendegneise führt zum Schluß, daß auch für diese das Silvrettagebiet als Heimat in Betracht kommt.

Die Zweiglimmergneise als vierter Typus sind schon ziemlich in der tertiären Nagelfluh vertreten und erscheinen dort wegen ziemlichem Quarzgehalt und dem schwer verwitterbaren Muskovit als gut konserviert, so daß ihre Umlagerung in jüngere Schotter begreiflich erscheint.

Die Granulite, mit ihrem ziemlichen Anteil an tertiärem Nagelfluh und dem gleichmäßigen Abklingen ihrer Werte, sind wahrscheinlich durchwegs Abkömmlinge der Nagelfluh. Ein anderes Verhalten zeigen die Phengitgneise. In der Nagelfluh sind sie nicht anzutreffen. In der glazialen Serie nehmen sie gegen Moränen stark zu. Daß auch der Wert für die Thur ziemlich hoch ist, hat wohl den Grund in der Auswaschung der schon erwähnten Moränen. Die Zunahme gegen Ende der Eiszeiten liefern erneuten Beweis, daß mit fortschreitender Zeit eine Verlegung des Lieferungsgebietes gegen Westen erfolgt ist. Als Hauptachse im Einzugsgebiet des Rheingletschers gilt wohl die Linie Rheintal, Lenzerheide, Oberhalbstein. Es ist das auch die Westgrenze der ostalpinen Decken. Die auffälligsten metamorphen Gesteine sind die Amphibolite. Durch ihre Farbe Textur und Struktur, welche nicht sehr großen Variationen unterworfen ist, sind sie am leichtesten zu bestimmen. Sie sind in der Nagelfluh noch nie angetroffen worden. In den eiszeitlichen Ablagerungen machen

sie ohne Änderung ein Drittel der metamorphen Gesteine aus, um dann in Thurfeld und Thur auf 50—60 % anzusteigen. Diese hohen Zahlen deuten auf ein Auslesegestein. Da der Rhein bei Tamins nur noch 6,6 % führt, wird die Silvrettadecke Hauptlieferant gewesen sein. Trotz der hohen Werte werden die Amphibolite für keinen Ablagerungsbereich ein Merkmal ergeben.

Die Chloritschiefer als neunter Typus der metamorphen Gesteine fehlen in der tertiären Nagelfluh. In den glazialen Ablagerungen zeigen sie bei kleinem Wert eine geringe Zunahme. Im Thurmaterial ist plötzlich ein Anstieg auf 10 %. Damit gehört der Chloritschiefer zu den Auslesegesteinen. Im weitern ist anzunehmen, daß die Grundmoräne Lieferant gewesen ist. Daß im Rhein 7,2 % vorkommen, ist ein Beweis für stärkere letzteiszeitliche Lieferung aus dem Heimatgebiet, das westlich vom Hinterrhein und südlich vom Vorderrhein liegt. Die Thurschotter sind durch diese Chloritschieferführung charakterisiert.

Die Bündnerschiefer, für die als Heimat das Gebiet westlich der Lenzerheide und südlich des Rheins in Betracht kommt, sind als Gerölle der tertiären Nagelfluh völlig fremd. Schon im Deckenschotter sind 13,2 %. Der Ittingerschotter verzeigt einen kleinen Rückgang, weil das Gestein zu den leicht zerstörbaren gehört. In Moränen haben wir ein starkes Ansteigen zu 34 % und damit ein markantes Merkmal dieser Ablagerungen. Dasselbe wird um so deutlicher, als diese Gesteine in Thurfeld und Thur nur noch etwa 8 % ausmachen. Im Rhein bei Tamins ist der Anteil 62,4 %. Der Wert für diesen Typus zusammen mit den Werten für Amphibolit und Phengitgneise ergeben die hohe Verhältniszahl für metamorphe Gesteine.

Es sind also auch bei den Typen der metamorphen Gesteine einige Beziehungen ersichtlich geworden, die einen Beitrag zum Charakter der Schotterablagerungen liefern.

1. Augengneis, Biotitgneis und Hornblendegneis sind stärker in den ältern Eiszeiten gefördert worden und stammen aus Gebieten östlich unserer Schwerpunktslinie.

2. Phengitgneise undd Bündnerschiefer sind in jüngern Eiszeiten stärker geliefert worden und stammen aus Gebieten westlich der Linie.

3. Amphibolite und Chloritschiefer geben sich als Auslesegesteine zu erkennen.

4. Bündnerschiefer und Phengitgneise werden zu einem Charaktermerkmal der letzten Moränenschotter und die Chloritschiefer für Thurschotter.

Die zahlenmäßige Erfassung eines Schotteraufschlusses soll die Mittel an die Hand geben, einmal bei diluvialen Ablagerungen das Eiszeitalter zu bestimmen, zweitens bei fluviatilen Schottern die Art der Umlagerung festzustellen und drittens herausbringen, ob es sich um eisnahe oder eisferne Ablagerung handelt. Da unsere Zahlen aus einem Gebiet stammen, wo die scharfe Scheidung der vier Eiszeiten fehlt, so kann in bezug auf das Eiszeitalter bloß entschieden werden, ob eine der beiden jüngern oder dann der ältern in Frage kommen. Das Verhalten der Typen durch glaziale und fluviatile Schotter hindurch läßt uns auch die verschwindenden und resistenten Gerölle erkennen. Macht man bei einem Schotter neben der Zählung in faustgroßen Stücken noch eine solche der erbsengroßen, so tritt durch alle Serien eine Verschiebung der Werte in dem Sinne ein, daß der Sedimentanteil sich erhöht, zugleich aber auch das Verhältnis von magmatisch zu metamorph sich zugunsten des letztern ändert. In gewissen Fällen wird es sicher von Nutzen sein, beide Zählungen durchzuführen, um eine einwandfreiere Auswertung zu erhalten. Stimmen dann die zugehörigen Schlußfolgerungen mit den geologisch-morphologischen Befunden überein, so darf wohl die sedimentpetrographische Forschung auf diesem Wege weiterschreiten und sie kann vielleicht in Zweifelsfällen entscheidende Beweise in die Wagschale legen. Es ist ein neuer Weg, der an das Problem der Glazialgeologie heranführen soll. Betreten wir ihn mit der Hoffnung, daß er uns neue Erkenntnis und neue Einblicke in das Werden der Erde geben möge.