

Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet

Autor(en): **Geiger, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **28 (1948)**

Heft 1: **Festschrift P. Niggli zu seinem 60. Geburtstag den 26. Juni 1948**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23040>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet

Von *E. Geiger*, Hüttwilen

Ziel und Bereich

Im Rahmen der Sedimentpetrographie wird sich bei geröllführenden Schichten die Notwendigkeit ergeben, Gesteinsart und Form der Einzelbestandteile zu bestimmen. Es soll damit ein zeitlich oder räumlich abgegrenzter Ablagerungsbereich petrographisch und stratigraphisch charakterisiert werden. Nur in wenigen Fällen wird es möglich sein, durch den Fossilgehalt Merkmale zu erhalten. Alle sedimentpetrographischen Untersuchungen sind schlussendlich darauf gerichtet, die Bildungsvorgänge der Schichten kennen zu lernen. Dazu gehört auch, dass über die Herkunft des Baumaterials Rechenschaft gegeben werden kann. Dieser Zusammenhang wird im Vorland der Alpen seine besondere Bedeutung erlangen; denn was hier an Material zum Aufbau gedient hat, war vorher dem alpinen Deckengebäude eingefügt. In einer kleinen Studie hat Prof. J. CADISCH diesen Gedanken in den Mittelpunkt seiner Betrachtung gestellt, um zu zeigen, dass unser Molassematerial die Möglichkeit gibt, das Bild vom Werden der Alpen zu vervollständigen. In dieser Gedankenrichtung liegen auch die nachfolgenden Ausführungen.

Im allgemeinen wird keine andere Schicht so geeignet sein, die Zusammenhänge zwischen Aufbau- und Abbaugbiet aufzudecken wie ein Geröllhorizont; denn seine Bestandteile repräsentieren immer noch den Fels ihrer einstigen Heimat. Sie sind noch nicht so weit zerstört, dass es problematisch ist, ob das Quarzkorn oder das Glimmerblättchen aus einem Granit oder Sandstein stammt. Der Anreiz zu Geröllstudien kann also von den vorgenannten Überlegungen ausgehen. Die bisher gemachten Untersuchungen dieser Art verraten aber in ihrer Zielsetzung meist nur wenig von diesen Gesichtspunkten. Sie sind hauptsächlich auf die Bildungsbedingungen eingestellt, die allgemeine Gültigkeit beanspruchen. Bei solchen Schotteranalysen werden auch die Geröllformen und ihre Änderung durch Abrollung

zur Beobachtung kommen müssen, was naturgemäss auch eine zahlenmässige Erfassung der Geröll- und Korngrössenverhältnisse notwendig macht. Die Arbeiten von ZINGG und ZEUNER repräsentieren am deutlichsten diesen Standpunkt der Gerölluntersuchungen. Ein Beispiel der andern Art, wo als Hauptziel vor allem die Heimat der Steine im Vordergrund steht, haben wir schon von ESCHER VON DER LINTH. Möglicherweise hat diese Geröllbestimmung Anregung zu der ausführlichen Arbeit von J. FRÜH über die Nagelfluh gegeben. Aus der bernischen Molassenagelfluh stammen Gerölluntersuchungen von H. LIECHTI, worin sich der Verfasser auch bemüht, dieser Seite des Problems gerecht zu werden. Was hauptsächlich den kristallinen Anteil betrifft, finden wir ebenfalls in der Arbeit von ROMAN FREI über den Deckenschotter Hinweise auf bestimmte Heimatgebiete. Bei den Sedimenten wagt er es aber noch nicht, die alpinen Kalkgerölle bestimmten Zonen zuzuweisen. Über die st. gallische Nagelfluh hat H. RENZ Geröllbestimmungen durchgeführt und vielen Typen einen Heimatschein ausgestellt; aber in der eigentlichen Charakterisierung und Hervorhebung der Unterschiede kommen rein petrographische Benennungen zur Geltung. Bei diesen Erörterungen ist aber nicht zu vergessen, dass die meisten Gerölluntersuchungen die tertiäre Nagelfluh betreffen. In diesem Bereich ist eine Feststellung der Herkunftsgebiete viel problematischer und gewagter als bei den Typen der glazialen Ablagerungen.

Wenn ich nun bei meinen Gerölluntersuchungen besonders die Steine vom Standpunkt ihrer Herkunft beurteile, so hat das seinen Grund in der Art und Weise, wie ich in dieses Forschungsgebiet eingeführt worden bin. Meine ersten Geröllstudien machte ich in der Sammlung des thurgauischen Museums. Hier hatte der Konservator, Herr Dr. H. WEGELIN, in unermüdlichem Eifer alle nur denkbaren erratischen Gesteine auf thurgauischem Boden zusammengetragen und sie durch seine Freunde, die Herren Prof. FRÜH, GRUBENMANN und HEIM, bestimmen lassen. Bei der Beschriftung wurde vor allem der Herkunftsort angegeben. Dieser verband sich mit jedem Gesteinsbild, und das ist mir auch bis heute geblieben. Nun galt es aber, das Gesteinsbild zu vertiefen und das Rüstzeug zu schaffen für eine eigene einwandfreie Beurteilung der Gesteinstypen. Durch das verständnisvolle Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. P. NIGGLI war es mir in den Jahren 1920 bis 1930 vergönnt, am mineralogischen Institut der E. T. H. Praktika und Vorlesungen zu besuchen und die Sammlungen zu studieren. Untrennbar in Erinnerung und Anregungen verknüpfen sich mit diesen auch die vielen Exkursionen, die ich

unter der Führung unseres verehrten Jubilars mitmachen durfte. So bekam ich Gelegenheit, viele Gesteine in ihrer Felsheimat kennen zu lernen.

Bei diesem Studium über das Werden und Vergehen der Steine und ihrer Mineralassoziationen wurde der Gedanke an ihre alpine Heimat nie aus dem Auge gelassen und blieb stets mit dem Gesteinsbild verknüpft. Wer aber den normalen Studiengang durch die mineralogischen und petrographischen Fächer macht, wird viel weniger in dieser Richtung seine Beobachtungsfähigkeit üben. Seine Aufmerksamkeit wendet sich mehr allgemeinen Gesichtspunkten der Mineralassoziationen zu. Auch wird Bekanntschaft mit den weltweiten Gesteinsarten nach rein petrographischer Orientierung gemacht.

Aus solchen Gründen wird der Weg meiner Gerölluntersuchungen eine Richtung einschlagen, wie sie bisher nicht üblich war. Die Darstellungsart wird in direkter Anwendbarkeit nur für das Gebiet des Rheingletschers Gültigkeit haben.

Wenn vom Bereich des Rheingletschers die Rede ist, so kommen damit alle Geröllablagerungen in Betracht, die als Endprodukt der Eiszeiten anzusehen sind und im nordostschweizerischen Raum vorkommen. Es sollen dabei nicht nur die verschiedenen Aufschlüsse eiszeitlicher Schotter und kiesiger Obermoränen zur Untersuchung Anlass geben, sondern auch die Geröllbestände der Grundmoränen können berücksichtigt werden, wenn man sich die Mühe nimmt, ca. 400 Gerölle heraus zu lösen. Soll alles Gesteinsmaterial, das die diluvialen Eismassen gefördert haben, in den Untersuchungsbereich einbezogen werden, so müssen auch die Kiesmassen der Alluvialebenen, die Deltaschüttungen und die erratischen Blöcke eine Bestandesaufnahme erfahren. Wenn die genannten Ablagerungen auch nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit einer Eiszeit stehen, so ist doch ihr Material auf einem Teil des Weges im Eis transportiert worden.

Das Gebiet der Aufschlüsse liegt innerhalb einer Linie, die vom Bodensee bei Rorschach ausgehend über St. Gallen, Gossau, Wil, Aadorf, Winterthur verläuft, dann am Nordrand des Irchels gegen Rafz und zum Klettgau abschwengt und über Schaffhausen und Thayngen bei Stein am Rhein zum Seeufer zurückführt. Ein grosser Teil des eiszeitlich belegten Gebietes liegt aber ausserhalb der Linie, weil dort keine Untersuchungen gemacht werden konnten. Die Inventarisierung eines Geröllaufschlusses und ihre Auswertung werden eine Reihe von Problemen zur Diskussion bringen.

Die Probleme

In diesem weiten Gebiete werden die vielen einzelnen Lokalitäten im Geröllbestand mannigfaltige Unterschiede aufweisen. Die erste Aufgabe wird darin bestehen, herauszufinden, welche Faktoren für die eine oder andere Geröllzusammensetzung massgebend waren. Wie schon angetönt, wird als wichtiger Einfluss das Heimatgebiet der einzelnen Gerölle in Betracht kommen. Es ist doch sicher anzunehmen, dass die Eismassen im Verlaufe der weitauseinanderliegenden Eiszeiten nicht immer Abwitterungsmaterial aus dem gleichen Gebiete zu uns geführt haben. Dann wird es sicher Fundorte geben, deren Geröllbestand einwandfrei einem bestimmten Eiszeitalter zugeordnet werden kann. Die Beziehung zwischen Geröllbestand und Eiszeitalter wird erwiesen sein, wenn eine Reihe ähnlicher Ergebnisse von Ablagerungen gleichen Alters vorliegen. Bei Vorkommnissen, deren Lage eine Zuordnung zu dieser oder jener Eiszeit zweifelhaft macht, kann dann der Geröllbestand vielleicht entscheidend sein. Sobald Resultate über den ganzen vergletscherten Raum vorliegen, wird auch die Möglichkeit bestehen, Unterschiede in der Geröllführung der einzelnen Eiszungen festzustellen. Wenn Obermoräne und Grundmoräne derselben Eiszeit Verschiedenheiten im Geröllbestand aufweisen, so wird daraus zu schliessen sein, dass auch am Anfang und Ende einer Eiszeit die Geröllführung verschieden sein kann. Wo es sich um den Entscheid handelt, ob der unter Grundmoräne liegende Schotter als Vorstosschotter oder als solcher einer früheren Eiszeit anzusehen ist, wird der Geröllbestand eine grosse Rolle spielen. Ein wichtiger Vorgang, der viele unserer Schottervorkommnisse betroffen hat, ist die Durchmischung, indem ältere Ablagerungen in den Bereich jüngerer geraten sind. In welchem Ausmass das geschehen ist, kann nur durch eine Gerölluntersuchung festgestellt werden.

Bei den erratischen Blöcken unseres nordostschweizerischen Mittellandes wird es nicht möglich sein, anzugeben, aus welcher Eiszeit sie stammen. Wenn sie nicht direkt in eine ältere Ablagerung eingelagert sind, wird man annehmen müssen, dass sie in der letzten Eiszeit deponiert worden sind. Haben wir aber Gewissheit durch die Gerölluntersuchungen, dass die eine oder andere Gesteinsart besonders in einer ältern oder jüngern Eiszeit gefördert worden ist, so werden auch für diese Blöcke einige Hinweise in dieser Hinsicht gegeben werden können.

Das Untersuchungsmaterial

Was die Eismassen des Rheingletschers aus dem Alpengebiet transportiert haben, besteht aus meist abgerundeten Felsstücken vom Ausmass einiger m³ bis hinunter zum feinsten Schluff im Löss und Lehm. Von diesem Felsmaterial wird sich das gröbere, das heisst Stücke bis zu 3 cm Durchmesser, zur Beobachtung eignen. Da die Gerölluntersuchung nicht bloss qualitativ, sondern auch quantitativ an einer Lokalität durchgeführt wird, wird die überwiegende Mehrzahl derselben in dem Grössenbereich gemacht, welcher an einem Ort auch die meisten Gerölle stellt. Dieses Grössenintervall liegt zwischen 1 dm und 3 cm Durchmesser. Was darüber bis zu 1/4 m³ in den Steinhaufen aus Drainagegräben vorkommt, wird ja nicht von einem Punkt stammen, sondern aus einem grössern Grundmoränenareal zusammengetragen worden sein. Will man auch die erratischen Blöcke zu einer entsprechenden Bewertung heranziehen, so muss man schon den Bereich auf einen Zungenteil des Rheingletschergebietes ausdehnen.

Die Untersuchungsmethoden

Die primäre Aufgabe besteht darin, jedes Geröll nach seiner Gesteinsart zu bestimmen. Auf frischer Bruchfläche wird das mit Hilfe der Lupe in den meisten Fällen möglich sein. Das gilt namentlich auch bei der Voraussetzung, dass vorgängig mehr als 300 Deckenschottergerölle zugleich im Dünnschliff studiert worden sind. Das Auge hat sich so auf bestimmte Merkmale des Mineralbestandes eingestellt. Bei dieser qualitativen Bestimmung eines Gesteins kommt neben der petrographischen Benennung besonders der Herkunft Bedeutung zu. Wenn also zum Beispiel ein Kalkstein vorliegt, so soll von ihm auch festgestellt werden, welchem Ablagerungsbereich er angehört. Eine ähnliche Differentiation werden wir auch bei den Sandsteinen machen müssen. Man wird also Sandsteine der subalpinen Molasse von solchen der Flyschzone, der Kreideformation und der Bündnerschieferzone auseinanderhalten. Wollte man jeden Stein gesondert nach seiner lokalen Herkunft aufführen, so würde eine solche Bestimmung unübersichtlich und könnte nicht zu einem prägnanten Merkmal der Gesteinszusammensetzung zusammengefasst werden. Es wird sich also darum handeln, das gesamte Herkunftsgebiet in Zonen aufzuteilen, von denen jeder eine Anzahl Gesteinstypen zugeordnet werden können. Alle im Rheinerratikum

vorkommenden Gesteinsarten lassen sich in die nachfolgend geschilderten Gruppen einreihen:

Die I. Gruppe umfasst die Gesteinsarten der subalpinen Molassezone. Bei dieser handelt es sich um die Felspartien, welche von Rorschach bis Eichberg im st. gallischen Rheintal die Eismassen flankierten. Aus diesem Bereich notieren wir den Muschelsandstein, der aber mehr als Findling denn als Geröll angetroffen wird. Als vereinzelt Gestein trifft man auch die Gäbrisnagelfluh, in dem das rötlich sandige Bindemittel die gerundeten Trümmer fest verkittet. Die grauweissen bis gelblichen Süsswasserkalke rechnen wir auch zu dieser Gruppe. Den Hauptanteil haben aber die grauen Kalksandsteine der Aquitanschichten. Mit der Lupe erkennt man das reichliche, calcitische Bindemittel zwischen den gut gerundeten Quarz-Hornstein- und Feldspatkörnern.

Die II. Gruppe enthält die Gesteine aus der helvetischen Flyschzone. Ihr Gebiet sind die Bergsporne von der Föhnern gegen das Rheintal, die Rücken von der Wildhausermulde, und der Nordhang von der Calanda gegen Ragaz. Braune und schwarze Glimmersandsteine, die schon etwas Schieferung erkennen lassen, weil die Muskovitblättchen in ebenen Flächen liegen, gehören hierher. Vertreten sind in dieser Gruppe auch noch andere Sandsteine von gelblicher Farbe und recht unterschiedlichen Korngrössen. Auffällig sind diese auch durch Milchquarzkörner und oberflächliche Auslaugung. Nummuliten- und glaukonitführende Kalksteine werden ebenfalls in diese Gruppe gehören.

In die III. Gruppe sollen die Sedimentgerölle eingereiht werden, welche aus der Zone der helvetischen Decken stammen. Ihre Felsmassen kamen mit dem Rheingletscher in Kontakt auf der Linie Kobelwald-Ragaz und um die Calanda bis hinauf nach Ilanz. An Gesteinstypen sind hier vertreten der hellgraue, dichte Seeverkalk mit seinen Tonhäuten, dann der bräunliche, spätige Schrattenkalk, der Glaukonitsandstein mit vorherrschenden Quarzkörnern und calcitischem Bindemittel, der graue Kieselkalkstein; dann dichter, schwarzer Malm- und Quintnerkalk. Liasschiefer und Schiltkalk sind hier ebenfalls vertreten. Echinodermenbreccie und Rötidolomit werden auch dieser Gruppe zugewiesen.

Die IV. Gruppe wird durch die ostalpinen Sedimente gebildet; die dazugehörigen Gesteinstypen sind ja vor allem in der tertiären Nagelfluh vertreten. Wo diese Gerölle in eiszeitlichen Ablagerungen vorkommen, sind sie wahrscheinlich aus jenen umgelagert worden. Unter den Gesteinsarten dieser Gruppe notieren wir den Ölquarzit,

den blauschwarzen, dichten Hauptdolomit, den bräunlichen, zucker-körnigen Dolomit, Verrucanovarietäten vom feinkörnigen Buntsandstein bis zum grobkörnigen Konglomerat und zur grobklastischen Breccie. Dazu ist zu bemerken, dass nur selten Gerölle gefunden werden, die denen der helvetischen Decken entsprechen. Die der IV. Gruppe angehörigen Verrucanoarten haben ihre Heimat besonders in der Aroser Schuppenzone und in den ostalpinen Decken.

Alles sedimentäre Material, das in Form von Geröllen und Blöcken im Eiszeitalter und nachher gefördert und abgelagert worden ist, kann einer dieser vier Gruppen zugewiesen werden. Die kristallinen Gerölle sind in Bezug auf ihre Herkunft und ihre mineralische Zusammensetzung wohl noch interessanter, aber auch problematischer. Die vielen lokalen, oft eng umgrenzten Felsheimaten einerseits und die mannigfaltigen Variationen im petrographischen Charakter andererseits, machen eine Bestimmung und Einordnung nicht leicht. Aus dem Aarmassiv haben die Eismassen des Vorderrheintales das bekannte Leitgestein, den Puntaiglasgranitporphyr, gefördert. Ebenfalls aarmassivische Abkömmlinge sind Hornblendegranit, Titanitsyenit, Diorit und Hornblendeporphyr. Leicht zu bestimmen ist auch der Ilanzer Verrucano aus dem Tavetscher Zwischenmassiv. Von der Südseite stammen Cristallinagranit, Medelser Protogin, Somvixer Pegmatit und geschieferter Quarzporphyr. Aus dem Hinterrheintal gelangten in unser Gebiet die Phengitgneise der Aduladecke, Rofnaporphyr, Taspinit und Chloritflasergneis. Die Bündnerschiefervarietäten in Form von schwarzen Serizitphylliten, sandigen Serizitschiefern und schwarzweiss gesprenkelten, marmorisierten Kalken stammen von der Südseite des Vorderrheintales, aber auch aus dem Gebiet des Hinterrheins. Für alle diese Gesteinstypen ist auffällig, dass sie hauptsächlich in den jüngern eiszeitlichen Ablagerungen zur Geltung kommen. Aus diesem Grunde habe ich sie in die erste Gruppe der kristallinen Gesteine zusammengefasst.

In einer II. Gruppe sollen die Gesteine eingereiht werden, welche aus dem Gebiet des Oberhalbsteins gekommen sind. Es handelt sich also um die Vertreter der Ophiolithzone und zwar in der Ausbildung als Gabbro, Serpentin, Chloritschiefer, Diabas, Spilit, Variolit und Augitporphyr. Da auch unterostalpine Decken in diesem Bereich liegen, rechne ich zu dieser Gruppe noch Julier- und Albulagranit.

Für die III. Gruppe kristalliner Gesteine verbleiben dann noch die Typen, die aus der Silvrettadecke stammen. Zu ihnen gehört der Quarzporphyr von Bergün; im weitem finden sich darin Biotit- und Zweiglimmergneise und besonders Augengneise. Über die Zuteilung

der roten Nagelfluhgranite und Porphyre kann man noch geteilter Meinung sein. Einerseits sind ja in der Nagelfluh ophiolitische Gesteine ziemlich vertreten, so dass eine Zuordnung zur zweiten Gruppe gerechtfertigt erscheint, andererseits aber finden wir in der Nagelfluh auch die Orthogneise, die wir in die dritte Gruppe zusammengefasst haben. Als unterostalpine Deckengebilde liegen sie aber dem peninischen Raume wohl näher als dem oberostalpinen. Aus dieser Überlegung erfolgte die Zuweisung zur zweiten Gruppe. Im gesamten Geröllbestand aller glazialen Ablagerungen sind von den kristallinen Typen am auffälligsten und zahlenmässig am meisten die Amphibolite vertreten. Als zähe Auslesegesteine haben sie den Transport viel eher überstanden als andere kristalline Gerölle. Beheimatet sind die Amphibolite vor allem in der Silvrettadecke. Sie bilden aber auch Einlagerungen in den Gneiszonen des Aar- und Gotthardmassives. Eine Zählung in den Geröllmassen des Vorder- und Hinter- rheins bei Tamins hat nun gezeigt, dass die Amphibolite nur 4 % der kristallinen Typen ausmachen. Dieser Wert liegt an der untern Grenze, während die Höchstwerte von den Ablagerungen des jüngern Deckenschotters stammen. Hier sind aber auch die Silvrettagneise am stärksten vertreten, so dass aus diesem Zusammenhange gefolgert werden kann, dass der Hauptteil der Amphibolite der glazialen Ablagerungen aus der Silvrettadecke gekommen sind. Weil diese Gesteinsart mengenmässig aus allen kristallinen Typen herausragt, wird es zweckmässig sein, sie nicht der dritten Gruppe anzuschliessen, sondern als vierte, kristalline Gruppe aufzuführen.

Quantitative Bestimmungen

Alle Geröllbestimmungen einer Ablagerung gehen ja darauf hinaus, für diese Ablagerung ein Charakteristikum der Zusammensetzung zu liefern. Die Erfahrung hat nun gezeigt, dass ein solches allein durch die verschiedenen Gesteinsarten nicht zustande kommt. Fast alle genannten Typen werden sich in einer Lokalität finden lassen. Schon der Hinweis auf verschiedene Gruppen im vorhergehenden Abschnitt lässt erkennen, dass der Faktor der Menge mit einbezogen werden muss. Die Untersuchung geht also über die Bestimmung der Typen hinaus zur Zählung. Sobald eine Geröllschicht zahlenmässig erfasst werden soll, wird es notwendig, die Zählung unter gleichen Bedingungen durchzuführen. Diese gleichen Bedingungen betreffen einmal die Geröllgrösse und dann auch die Menge, welche für eine

Zählung in Betracht kommen sollen. Über das letztere sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. In seiner preisgekrönten Nagelfluharbeit hat J. FRÜH die Gerölle einer Schotterwand von 1 m² Fläche ausgezählt. Bei vielen Aufschlüssen wird das nicht verwirklicht werden können. Zudem erhebt sich dann die Frage, bis zu welcher Korngrösse die Zählung ausgedehnt werden soll. TH. ZINGG hat in seiner Arbeit: Beiträge zur Schotteranalyse die Zählgrenze im Raummass einiger dm³ festgelegt. Nach ihm sollen alle Gerölle bis auf 5 mm Durchmesser notiert werden. Wenn bei der Untersuchung noch andere Schotter- und Geröllqualitäten bestimmt werden müssen, hat diese Vergleichsbasis ihre Berechtigung; aber für die ausschliessliche Gesteinsbestimmung wird vom Aufschluss zu wenig Material berücksichtigt. H. TANNER versucht in seiner Promotionsarbeit über die Molassenagelfluh am Hörnli darzutun, dass für die Zählung an einer Stelle 200 Bestimmungen genügen, um der zufälligen Zusammensetzung gerecht zu werden. Die 200 Gerölle bedeuten aber schon eine Auslese, indem er in vier Säcken das Material sammelte, welches aus ähnlichen Wandstücken der Nagelfluh herausgebrochen worden war. Aus jedem Sack hat er dann 50 Bestimmungsstücke wie Lose herausgeholt. Die Zählungen wurden für vier verschiedene Grössenklassen durchgeführt. I. bis 3 cm, II. bis 7,5 cm, III. bis 12 cm, IV. über 12 cm. Beim Vergleich der vier Grössenklassen ergibt sich deutlich, dass die einzelnen Typen am besten in den beiden ersten Klassen vertreten sind. Das ist nun auch der Grössenbereich, in welchem ich meine Zählungen durchführt habe. Meine Erfahrungen haben mich bewogen, die Zählgrenze bei ca. 450 festzulegen. Auf diese Weise finden auch die selteneren Typen ihre Berücksichtigung. Wollte man über die Zahl 600 hinausgehen, so würde die Genauigkeit nicht in dem Masse erhöht als die Mehrarbeit zunimmt. Neuere Geröllzählungen von RENZ und KLEIBER haben ihre Grenze auch in der Zahl 400. Wenn nicht Raum und Fläche als Vergleichsbasis in Frage kommen, sondern nur die Zahl, so wird es möglich, steindurchsetzte Grundmoräne oder sandige Kiesbänke in die Untersuchung einzubeziehen. Die Gerölle, die in einem Aufschluss zur Bestimmung kommen, müssen in den meisten Fällen zerschlagen werden, damit eine frische Bruchfläche sichtbar wird. Bis dann ca. 400 Steine bestimmt sind, werden sicher einige Stunden für eine Zählung vorgesehen werden müssen.

Zusammenfassung und Auswertung der Zählresultate

Die absoluten Zählwerte der vier ersten Gruppen werden zusammengezählt und für jede Gruppe der prozentuale Anteil berechnet. Das gleiche Verfahren gilt auch für die vier Gruppen der kristallinen Gesteine. Diese gesonderte, prozentuale Umrechnung ist deshalb notwendig, weil die Sedimentgerölle mengenmässig so stark dominieren, dass die kristallinen im Prozentanteil des Gesamtwertes zu wenig zur Geltung kämen. Bei einer Gesamtzahl von ca. 400 Geröllen werden die Prozentwerte für die Sedimentgruppen durch Reduktion aus den Zählresultaten hervorgehen; damit bieten sie grössere Gewähr dem tatsächlichen Bestand nahe zu kommen, als das bei den kristallinen Gruppen der Fall ist. Hier müssen meist die Zählwerte noch vervielfacht werden, um die Prozente zu bekommen. Eine oder zwei zusätzliche Zählungen, und zwar ausschliesslich für kristalline Gesteine mit einem errechneten Mittelwert, können die Streuung kompensieren.

Jeder Aufschluss in diluvialer oder alluvialer Ablagerung ist also durch 8 Prozentwerte seines Geröllbestandes charakterisiert. Diese Werte bekommen erst einen Sinn, wenn sie zu einem Bezugssystem gehören. Ein solches ist durch die Zeit der Ablagerung gegeben. Man wird also zunächst die Werte aller Geröllvorkommnisse zusammenstellen, welche einwandfrei der gleichen eiszeitlichen Ablagerung angehören. Begreiflich werden auch hier von Zählung zu Zählung Schwankungen auftreten; aber ein Mittelwert kann das Merkmal der Eiszeit stabilisieren.

Der verfügbare Raum gestattet es nicht, Zähl- und Gruppenwerttabellen als Belege zu bringen und zu diskutieren, wenn gleich der ganze Gedankengang auf ein zahlenmässiges Erfassen der Merkmale tendiert. Für die würmeiszeitlichen Ablagerungen nennen wir zunächst einen Mittelwert aus 24 kiesigen Obermoränen; dann einen zweiten aus 7 Zählungen von Grundmoränengeröllen und schliesslich einen dritten aus 5 Zählungen kopfgrosser Steine der Drainagegräben. Zur Vervollständigung dienen noch die Werte der 286 erratischen Blöcke.

	M	F	H	O	A	P	S	Amph.
Obermoränen	16	5	60	19	60	10	9	21
Grundmoränen	12	6	57	25	42	11	8	39
Steinhaufen	34	18	30	19	53	15	6	26
Errat. Blöcke	34	12	36	18	59	18	21	2

Die vorliegende Tabelle zeigt, dass sich die Geröllführung während derselben Eiszeit verschieden ausgewirkt hat. Da ist einmal

festzustellen, dass sich mit der Grössenordnung das Mengenverhältnis verschiebt. Der Unterschied zwischen Obermoräne und Grundmoräne hat wohl zeitliche Ursache, da diese am Anfang und jene am Schlusse der Eiszeit zur Ablagerung kam. Mit einer Einstreuung älteren Materials ist deshalb am ehesten bei der Grundmoräne zu rechnen. Beim Vergleich mit den andern Eiszeiten wird man die Mittelwerte der Obermoränen benützen, weil ja von den früheren Diluvialablagerungen meist nur Aufschlüsse in Schottern oder Übergangskegeln zu Geröllbestimmungen benutzt werden konnten.

Die Risseiszeit wird in unserm Gebiete durch den Ittingerschotter repräsentiert. 10 Zählungen von sieben verschiedenen Orten haben durch ihre Gruppenwerte das Mittel derselben geliefert.

Die Mindelvereisung hat ihre Ablagerungsprodukte als jüngeren Deckenschotter auf dem westlichen Seerücken, dem Schienerberg und dem Kohlfirst deponiert. Dazu kommen noch Aufschlüsse aus der Umgebung von Bischofszell und vom Ölberg bei Schaffhausen. In diesem Bereich sind in 9 weit auseinander liegenden Aufschlüssen 15 Geröllaufnahmen erfolgt und daraus die Gruppenmittelwerte errechnet worden.

Für die Günzeiszeit steht leider nur eine einzige Zählung zur Verfügung. Sie stammt aus einer kleinen Kiesgrube am Rücken des Neuhauserwaldes. Ihre Gruppenwerte müssen also das ganze Zeitalter repräsentieren.

Eine Zusammenstellung der eiszeitlichen Gruppenmittel wird die Änderung der Geröllführung deutlich machen.

	M	F	H	O	A	P	S	Amph.
I. Günz	—	1	21	78	14	42	—	44
II. Mindel	3	21	35	44	24	21	20	33
III. Riss	5	7	41	47	26	25	11	36
IV. Würm	16	5	60	19	60	10	9	21

Eine erste Feststellung ist die, dass die Gruppenreihen nicht kontinuierlich zu- oder abnehmen. So liegen die Mindel- und Risswerte ziemlich nahe beieinander. Diese Annäherung wäre vielleicht so zu deuten, dass die Risseismassen viel Deckenschottermaterial übernommen haben, wobei dann die Auslesegesteine noch besonders zur Geltung kommen konnten. Diese sind vor allem in der Gruppe der ostalpinen Sedimente = O und bei den Amphiboliten = Amph. vertreten.

Die Reihen der helvetischen Decken = H und des westlichen Kristallins = A zeigen deutlich an, dass die Eismassen des Vorder- rheintales besonders gegen den Schluss des Diluviums geröllliefernd

waren. Warum die Reihe für helvetische Flyschgesteine = F und die für Silvrettakristallin = S so schlagartig mit der Mindeleiszeit einsetzen und nachher wieder ausklingen, ist vorläufig noch nicht zu erklären. Die Zusammenstellung soll hauptsächlich als Vergleichsbasis dienen, wenn es sich darum handelt, einzelne, zweifelhafte Schottervorkommnisse der zugehörigen Eiszeit einzuordnen. Als erstes Beispiel nehmen wir die Schotterrelikte, welche südlich Weinfeldern und der Thur auftauchen. 7 Zählungen von gleichviel Aufschlüssen erbrachten folgende mittlere Gruppenwerte:

M	F	H	O	A	P	S	Amph.
5	10	35	50	27	25	13	35

In diesen Werten zeigt sich die grösste Annäherung an die der Risseiszeit. Auch hier erkennt man die Beteiligung von Deckenschottermaterial. Das zweite Beispiel betrifft Schotter Spuren am Steilhang nördlich der Thur zwischen Kradowf und Bischofszell-Nord. 6 Zählungen sind in ihren Gruppenwerten zu nachstehenden Mittelwerten vereinigt worden:

M	F	H	O	A	P	S	Amph.
3	7	30	59	19	27	11	43

Die hier noch stärker zutage tretende Anlehnung an die Werte der Mindeleiszeit ist nicht verwunderlich, wenn man weiss, dass dieses Geröllager im Stosschatten des Hohlensteiner Deckenschotters liegt. Ein drittes Beispiel soll noch erwähnt werden. Die Aufschlüsse dafür sind drei Kiesgruben am Südhang des Braunauerberges nordöstlich von Wil. Drei Zählungen lieferten folgende Mittelwerte:

M	F	H	O	A	P	S	Amph.
3	7	30	60	28	17	11	44

Auch hier wird man unschwer erkennen können, dass älteres, eiszeitlich gefördertes Material vorliegt.

Bei diesen Vergleichen, wo es sich darum handelt, 8 Werte mit denen der Vergleichsbasis in Übereinstimmung zu bringen, wird es nicht ausbleiben, dass der eine oder andere von ihnen sich nicht befriedigend einfügen lassen will. Ist das schon bei den Mittelwerten zu beobachten, um wievielmehr muss sich das bei den Gruppenwerten der einzelnen Zählungen auswirken. Das achteilige Zahlenbild ist eben noch kein ideales Merkmal und würde auch in graphischer Darstellung keine Übersichtlichkeit gewährleisten. Eine Vereinfachung im Sinne einer Reduktion der 8 Gruppenwerte ist

möglich, wenn man diejenigen mit gleichsinnigem Verhalten im Ablauf der Eiszeiten vereinigt. Nach unserer Tabelle zeigen die Werte M, H und A steigende Tendenz und können so zusammengefasst werden. Deutlich absteigend sind die Werte O und P. Ihre Vereinigung ist damit auch begründet. Schliesslich können auch die drei restlichen Prozentwerte der Gruppen F, S und Amph. zusammen-

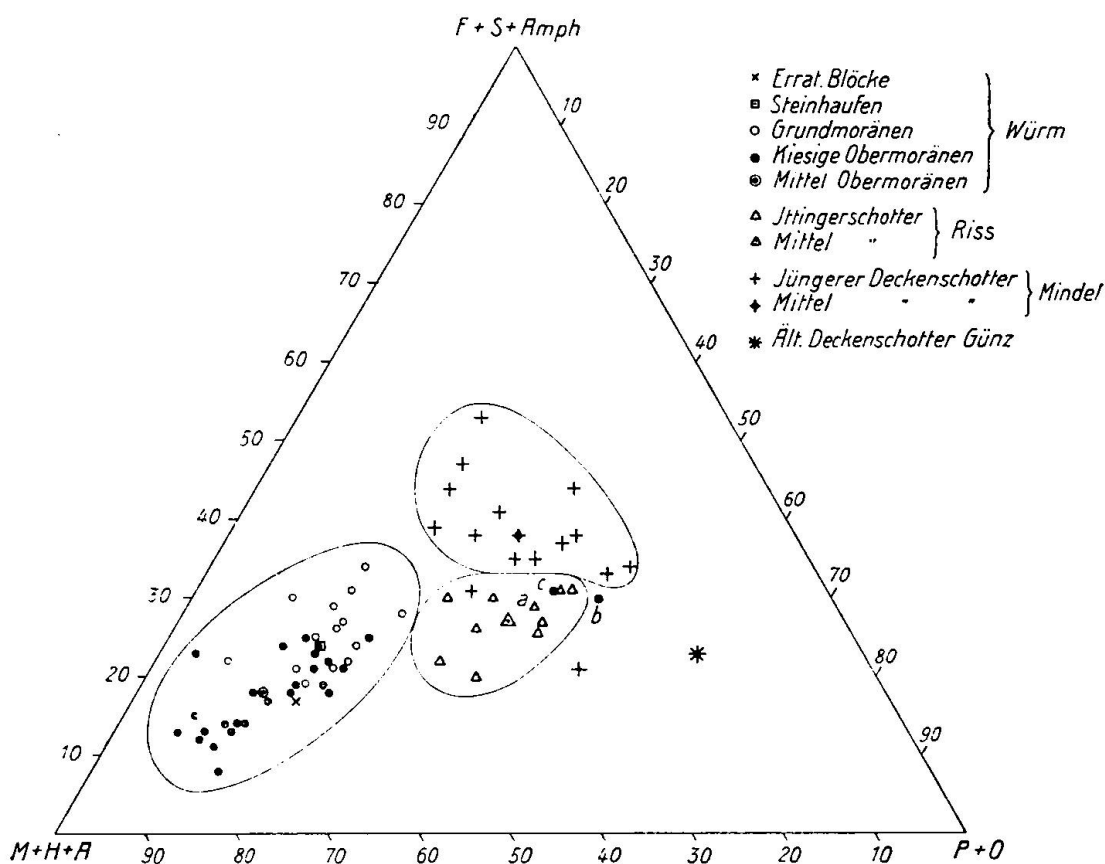


Fig. 1. Dreiecksprojektion der petrographischen Geröllanalysen im Rheingletschergebiet

M = Sedimenttypen der subalpinen Molassezone; H = Sedimenttypen der helvetischen Deckenzone; A = Kristallin aus Aar-Gotthardmassiv und Aduladecke; P = Penninisch-unterostalpinen Kristallin; O = Ostalpine Sedimente; F = Sedimenttypen der helvetischen Flyschzone; S = Oberostalpinen Kristallin = Silvrettadecke; Amph. = Amphibolite der Silvrettadecke

gefasst werden. Bei dieser Reduktion der 8 Gruppenwerte auf 3 ist es gegeben, dass man für die graphische Darstellung die Dreiecksprojektion wählt. Zur Projektion müssen dann die drei Werte noch auf 100 umgerechnet werden, was ja hier sehr einfach ist, weil von jeder Summe nur die Hälfte zu nehmen ist. In der Dreiecksfläche ergeben die drei Zahlen einen Punkt, der damit den Geröll-

bestand einer lokalen Ablagerung repräsentiert. Stammen die Projektionszahlen aus Mittelwerten, so wird der zugehörige Punkt zum Schwerpunkt eines Ablagerungsbereiches. Die Projektionszahlen aus den Mittelwerten der vier Eiszeiten sollen hier folgen und zeigen, dass ihre Punkte als Zentrum eines Feldes erscheinen, um das sich die Punkte jeder einzelnen Zählung scharen.

	M+H+A:2	P+O:2	F+S+Amph.:2
I. Günz	17	60	23
II. Mindel	30	32	38
III. Riss	37	36	27
IV. Würm	68	15	17
Grundmoräne	56	18	26
Steinhaufen	59	17	24
Erratische Blöcke	65	18	17

Den Projektionszahlen der vier Eiszeiten habe ich noch diejenigen der Grundmoränen, Steinhaufen und Blöcke angeschlossen, um zu zeigen, dass auch diese in das Feld der würmeiszeitlichen Ablagerungen gehören. Der Punkt der ältesten Eiszeit, der ja von einer einzigen Zählung stammt, und so als Zentrum eines Diluvialzeitraumes gelten kann, hat genügend Raum um sich für die Punkte späterer Zählungen in solchen ältesten Aufschlüssen. Sollte beim Studium dieser Arbeit die Vermutung auftauchen, es könnten vielleicht bei den Zählungen die seltenen Gesteinstypen zur Charakteristik verwendet werden, so möchte ich aus langjähriger Erfahrung nur bemerken, dass es keine Gesteinsart gibt, welche ausschliesslich nur einem Eiszeitalter angehört. Bei den 146 Zählungen und Bestimmungen, die ich im Rheingletschergebiet zwischen Bodensee und Rafzerfeld durchgeführt habe, ist mir diese Illusion vergangen. Der Geröllbestand als Ganzes muss erfasst werden, und das ist bedingt möglich, weil jeder Gesteinstyp einer der 8 Zonengruppen zugewiesen werden kann.

Nur in wenigen Einzelbeispielen konnte angedeutet werden, welche Zusammenhänge aufzudecken möglich sind zwischen örtlicher Ablagerung und Eiszeitalter. Der Hauptteil der Aufgabe muss einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Denke ich zurück an die Tage mit ihrer spannenden Forscherfreude, so verbindet sich mit dieser Erinnerung auch der herzliche Dank an den verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. P. NIGGLI, aus dessen Anregungen immer wieder der Impuls zu vertiefter Naturbetrachtung kam.

Eingegangen: 5. Dezember 1947.