Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 62 (1969)

Heft: 2

Artikel: Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes

Autor: Gasser, Urs / Nabholz, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163708

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: 01.10.2025

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 62/2	Seiten 467–516	Mit 6 Textfiguren, 2 Tabellen und 2 Tafeln (I–II)	Basel, Dez. 1969

Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes

von URS GASSER und WALTER NABHOLZ
Geologisches Institut der Universität, Sahlistrasse 6, 3000 Bern

ZUSAMMENFASSUNG

Aus den pleistozänen glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen des schweizerischen Mittellandes wurden 289 Proben sedimentologisch untersucht, die sich auf die unteren Teile der fünf hauptsächlichen pleistozänen Gletscher verteilen (Rhone-, Aare-, Reuss-, Linth- und Rheingletscher). Bestimmt wurden die Granulometrie, die Schwer- und Leichtminerale sowie die Calcit- und Dolomitgehalte der Sandfraktion. Die Resultate sind in Tabellen, Diagrammen und in Karten übersichtlich dargestellt und werden in der Reihenfolge der verwendeten Methoden diskutiert.

Die Untersuchungen führten zum überraschenden Schluss, dass die pleistozäne Sandfraktion im Mittelland zum ganz überwiegenden Teil nicht aus dem alpinen Einzugsgebiet der Gletscher stammt, sondern von den Gletschern aus dem Molasseuntergrund aufgearbeitet und nur wenige Kilometer transportiert wurde. Die Sedimentpetrographie des Pleistozäns im Mittelland spiegelt den unmittelbar unterliegenden Molassegrund wider. Damit ist unwiderlegbar ein Argument gefunden, das die kräftige Erosionswirkung belegt, welche die pleistozänen Gletscher auch noch in ihrem Auslauf ins Mittelland hinaus gehabt haben müssen.

RÉSUMÉ

Nous avons examiné la constitution sédimentologique de 289 échantillons, provenant des dépôts pleistocènes glaciaires et fluvioglaciaires du plateau suisse; ils se répartissent sur les parties inférieures des cinq principaux glaciers pleistocènes (glacier du Rhône, de l'Aar, de la Reuss, de la Linth et du Rhin). Nous avons déterminé de la fraction psammitique la granulométrie, les minéraux lourds et légers ainsi que le contenu du calcite et de la dolomie. Les résultats de nos analyses sont présentés non seulement par tous les chiffres obtenus et des diagrammes, mais également, pour être plus instructifs, sur 10 cartes (Planches I et II et Figs. 1 et 2).

Nos travaux nous ont amenés à la conclusion inattendue que, dans le plateau suisse, la fraction sableuse du pleistocène provient presque entièrement du soubassement molassique de chaque glacier et qu'elle n'a alors subi qu'un transport très court et en principe négligeable (de quelques kilomètres au maximum). Avant le début de nos travaux, nous supposions que cette fraction sableuse contiendrait assez d'éléments prouvant qu'elle provenait des mêmes régions alpines que les différents glaciers. Contrairement à cette supposition, la pétrographie sédimentaire du pleistocène reflète celle du soubassement molassique immédiat. Ainsi nous avons trouvé une preuve d'une puissante érosion qu'on doit attribuer aux glaciers pleistocènes même dans leurs parties peu inclinées dans le plateau suisse, proches des régions frontales de ces glaciers.

ABSTRACT

289 samples from Pleistocene glacial and glaciofluvial sands of the Swiss 'Mittelland' were investigated on heavy mineral, light mineral and carbonate content. Further the size frequency distributions of these sands have been examined. The samples include deposits of the lower parts of

the five main glaciers, which covered the Swiss 'Mittelland' in Pleistocene times (glacier of the Rhone, the Aar, the Reuss, the Linth and the Rhine river). All results obtained are listed in table 1 and – in sake of better understanding – plotted on several diagrams and on 10 maps (Plates I and II, Fig. 1 and 2).

The investigations led to the following astonishing conclusions: The psammitic detritus from the Pleistocene glaciers of the Swiss 'Mittelland' does not originate from alpine regions. It is nearly entirely reworked material from the Molassic basement. This fact proves the intensive erosion of these Pleistocene glaciers, even in their lower, little inclined part of the Swiss 'Mittelland'. The Pleistocene sands reflect the sedimentary petrography of the immediately underlying Molassic sands.

INHALT

Seite

Einleitung 469
Die Proben und die Untersuchungsmethoden (Erläuterungen zu Tabelle 1) 472
Resultate der Schwermineralanalyse 475
Resultate der Leichtmineralanalyse 478
Resultate der Karbonatbestimmungen 482
Resultate der Siebanalyse 486
Schlussfolgerungen 490
Literatur 511
Geologische Karten 514
Literaturliste für die Molasseproben, die zum Vergleich mit dem Pleistozän berücksichtigt wurden 515

Verzeichnis der Textfiguren, Tabellen und Tafeln

Fig. 1. Kartenskizze 1:1 250000 gleicher Feldspatkonzentrationen in den Molassesandsteinen des schweizerischen Mittellandes. 480
Fig. 2. Kartenskizze 1:1 250000 gleicher Feldspatkonzentrationen in den pleistozänen Sandablagerungen des schweizerischen Mittellandes. 481
Fig. 3. Karbonatgehalte und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sande im schweizerischen Mittelland. 484
Fig. 4. Schwermineralgehalt und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland. 487
Fig. 5. Schlämmstoffgehalt und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland. 489
Fig. 6. Sortierungskoeffizient und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland. 489
Tab. 1. Zusammenstellung der Resultate aller an den Proben ausgeführten Untersuchungen. . 492
Tab. 2. Zusammenstellung der Karbonatwerte, die aus den Karten in JENNY und DE QUERVAIN (1960 und 1961) gemittelt wurden. 510

Tafel I Karte A Situation der neu untersuchten Pleistozänproben im schweizerischen Mittelland und der zum Vergleich berücksichtigten Molasseproben.
Karte B Hornblende und Pyroxen im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes.
Karte C Epidot in den Molassesandsteinen des schweizerischen Mittellandes.
Karte D Epidot im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes.

Tafel II Karte A Gesamtkarbonatgehalt der Molassesandsteine des schweizerischen Mittellandes.
Karte B Gesamtkarbonatgehalt im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes.
Karte C Dolomitgehalt im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes.
Karte D Calcitgehalt im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes.

Einleitung

Ausserordentlich zahlreich sind die Arbeiten, die sich mit dem Pleistozän – oder, wie man früher sagte, mit dem Diluvium – im schweizerischen Mittelland befassen. Zur Hauptsache behandeln diese vielen Arbeiten Fragen der Datierung oder der Morphogenese, liegt es doch in der Tat jedem Erdwissenschaftler nahe, herauszufinden, zu welchem Gletscher und zu welcher Eiszeit bestimmte Moränenzüge, bestimmte Schotterfluren usw. gehören. Hinzu tritt die Untersuchung des reichen morphologischen Formenschatzes, den wir der Eiszeit verdanken.

Mit derartigen Fragen befasst sich die vorliegende Arbeit nicht. Sie gilt vielmehr dem Ziel, abzuklären, von welcher Art und von welcher Bedeutung die Aussagen sind, die aus der sedimentpetrographischen Untersuchung der Sandfraktion der verschiedenen Gletschergebiete hervorgehen. Zu Beginn unserer Untersuchungen spielten wir mit dem Gedanken, es könnten sich vielleicht in den Schwer- und Leichtmineralen der pleistozänen Sandfraktion im schweizerischen Mittelland bestimmte Assoziationen finden, die nur für einzelne Gletschergebiete charakteristisch sind. Damit hätte man in der Sandfraktion ein Analogon zu jenen erratischen Blöcken gefunden, die man als Leitgesteine bezeichnet, so wie etwa der Smaragdidgabbro oder das Vallorcinekonglomerat Leitgesteine des Rhonegletschers, der Gasterngranit des Aaregletschers, der Windgällenporphyr des Reussgletschers, der Sernifit und der Puntegliasgranit des Linth- und Rheingletschers sind.

Unsere Untersuchungen aber führten uns zu geologisch bedeutsamen Aussagen völlig anderer Art, dazu nämlich, dass sich in der Sandfraktion der pleistozänen Ablagerungen, und zwar speziell der Moränen, jeweils in erster Linie der Molasseuntergrund widerspiegelt, den der Gletscher in seinen letzten paar Kilometern überfahren hat. Die Konsequenz aus dieser überraschenden Feststellung wird in den Schlussfolgerungen näher zu betrachten sein.

Der Gang unserer Untersuchungen spielte sich folgendermassen ab: im weitausgedehnten Gebiet der pleistozänen Ablagerungen, die im schweizerischen Mittelland den Felssockel aus tertiärer Molasse bedecken, suchten wir in mehr oder weniger regelmässiger Verteilung nach guten Aufschlüssen, an denen wir Pleistozänproben entnahmen. Unser Interesse galt von Anfang an der *Sandfraktion* 0,02–2 mm, der am Aufbau des mittelländischen Pleistozäns eine wesentliche Bedeutung zukommt. Wir haben zwar keine Berechnungen darüber vorgenommen, welchen Anteil die Sandfraktion am Volumen sämtlicher Moränen und fluvioglazialen Schotter-Sand-Schüttungen im Mittelland hat, halten uns aber auf Grund des Gesamteindrucks und einer Anzahl Probezählungen zur Aussage berechtigt, dass die Sandfraktion gegenüber den Fraktionen $< 0{,}02$ volumenmässig sicher überwiegt, wahrscheinlich auch gegenüber den Fraktionen > 2 mm.

Im einzelnen schwankt der Sandanteil natürlich stark, je nachdem, ob es sich um Obermoränen, Grundmoränen oder fluvioglazial geschüttete Schotter-Sand-Komplexe handelt. PORTMANN, 1956b, S. 32, gibt als Mittelwerte der Rhonegletscher-Ablagerungen über der Molasse im Gebiet der Jurafuss-Seen für die Obermoränen einen Sandanteil von 70% an, für die Grundmoränen von 64%. In einem grossen Riss-Grundmoränenaufschluss nördlich Bern fanden wir Sandanteile, die bei einem aus 25 Proben ermittelten Durchschnitt von 61% zwischen 27,6% und 84,4% schwanken (vgl.

LÜTHY, MATTER und NABHOLZ, 1963, S. 140–143). In fluvioglazialen Schottern kann die Psammitfraktion gegenüber der Psephitfraktion stark zurücktreten. Als Beispiel sei auf die Hochterrassenschotter des Glattals östlich und nördlich Zürich hingewiesen, die von ZINGG (1935) sorgfältig untersucht wurden. Am Aufbau dieser Schotter nimmt die Sandfraktion durchschnittlich mit über 20% teil (ZINGG, 1935, S. 110), und zwar schwankt sie zwischen 16 und 21% (op. cit. Tab. 1, S. 125 und Tab. 10, S. 132). Am gesamten Aufbau des Pleistozäns im schweizerischen Mittelland indessen sind die fluvioglazialen Schotter deutlich weniger stark beteiligt als die Moränen (vgl. Geol. Generalkarte der Schweiz, 1:200000).

An den Aufschlüssen, deren Streuung über das schweizerische Mittelland aus Karte A, Tafel I, hervorgeht, entnahmen wir aus vorwiegend sandigen Sedimentlagen Proben. Die Areale, welche die 5 pleistozänen Hauptgletscher im Mittelland bedeckten, unterscheiden sich in ihrer Grösse. Rhone- und Aaregletscher nehmen etwa die westliche Hälfte ein, in die östliche Hälfte des Mittellandes teilen sich der Reuss-, der Linth- und der Rheingletscher (vgl. ALB. HEIM, 1919, Tafel X: Ausbreitung der diluvialen Gletscher, oder Geotechn. Karte der Schweiz, Blatt 2, 1. Aufl. 1935: Vergletscherungskarte der Schweiz, 1:1000000, oder R. FREI, 1912, Karte der diluvialen Gletscher der Schweizer Alpen, 1:1000000, Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz, N.F. 41, Spez. Karte 74). Ungefähr der Grösse dieser Gletscherareale entsprechend liegt die jeweilige Anzahl der Proben verteilt; etwas bevorzugt ist dabei einzig die Umgebung von Bern, bzw. der Aaregletscher, was uns verziehen sei. Nähere Angaben über die Proben und die daran ausgeführten sedimentpetrographischen Laboruntersuchungen enthält der nächste Abschnitt.

Ähnliche Untersuchungen am Pleistozän des schweizerischen Mittellandes, die den Schwerpunkt auf die Schwer- und Leichtmineraluntersuchung legen, sind bisher nur ganz vereinzelt und bruchstückweise durchgeführt worden. Diesbezügliche erste Angaben finden sich in VON MOOS (1935) und dann in PORTMANN (1956b, S. 47–49), ferner in GEIGER (1943) und in DEVERIN (1948), die aber alle in unserer Tabelle 1 nicht berücksichtigt werden konnten, da entweder die Schwerminerale mit Salzsäure aufgearbeitet wurden (Zerstörung des Apatits) oder Prozentzahlen fehlen. Mit modernen sedimentpetrographischen Methoden, die im Prinzip den unsrigen entsprechen, hat F. HOFMANN (1957a) die auf den Höhen des Tannenbergs NW St. Gallen gelegenen Schotter bearbeitet, die bis zu jenem Zeitpunkt als Deckenschotter betrachtet wurden. Für die obersten Schotter und Sande stellt er «völlige materialmässige Übereinstimmung mit den unmittelbar darunterunterliegenden Komplexen der Oberen Süsswassermolasse» fest und deutet sie deshalb als Produkt der pliozänen Bodenseeschüttung. Einen etwas tiefer gelegenen Schotterkomplex (Grimm-Etschberg) zählt er auf Grund der abweichenden sedimentpetrographischen Zusammensetzung mit Vorbehalt weiterhin zu den Deckenschottern. Die Arbeit enthält am Schluss den Hinweis: «Differenzierte sedimentpetrographische Untersuchungen an älteren schweizerischen Deckenschottern dürften für eine Klarstellung deren altersgemässer Stellung nicht aussichtslos sein.» In unseren Untersuchungen haben wir älteste Pleistozänablagerungen wie Deckenschotter mit Absicht nicht berücksichtigt, da ihre stratigraphische Stellung und Zuordnung jeweils zu unsicher ist. – Enge Verwandtschaft mit unserer Untersuchungsmethodik zeigt eine weitere Arbeit von HOFMANN (1959), in der er sich den Magnetitvorkommen in diluvialen Ablagerungen des Kantons Schaffhausen widmet. Hier bespricht HOFMANN die Resultate seiner sedimentpetrographi-

schen Untersuchung von 25 diluvialen Sanden, die aus Deckenschottern, Rinnenschottern, Niederterrassenschottern und jungdiluvialen Schottern der Umgebung von Schaffhausen entnommen sind. Er kommt zum Schluss, dass der Magnetit aus vulkanischen Tuffen des Hegaugebietes stammt, ebenso ein Teil der Schwerminerale Apatit, Hornblende, Pyroxen und Titanit. HOFMANN erkennt, dass im Sandanteil seiner Proben z.T. die unterlagernde Molasse aufgearbeitet ist und gelangt damit neben seiner hauptsächlich auf den Magnetit hinzielenden Fragestellung zu einem Resultat, das wir in unserer vorliegenden Arbeit in wesentlich breiterem regionalem Rahmen behandeln. Die in unserer Tabelle 1 aufgeführten Proben 255, 256 und 257 wurden in der Nähe von Proben entnommen, die in HOFMANN (1959) aufgeführt sind; sie zeigen die von HOFMANN bereits 1957 erwähnten sedimentpetrographischen Charakteristika. Einen Hinweis verdienen ferner die nach unserer Methode untersuchten Quartärproben VON SALIS (1967) aus den Entlebucher Schottern, die wir indessen nicht berücksichtigten, weil der Waldemmegletscher nicht bis ins eigentliche Mittelland hinausreicht.

Etwas zahlreicher sind granulometrische und morphometrische Angaben über das Pleistozän im Mittelland (z.B. PORTMANN 1956, JAYET 1966), die wir aber in unseren Zusammenstellungen nicht einbeziehen konnten, weil wir die Granulometrie nur in Beziehung zu den Schwermineralen, Leichtmineralen und Karbonatwerten näher untersuchten. Dagegen verwerteten wir die umfangreichen Karbonatbestimmungen zwischen Frick–Aarau–Sursee und Kreuzlingen–Wattwil–Linthebene von JENNY und DE QUERVAIN (1960 und 1961), die zwischen Kalk- und Dolomit-Anteil unterscheiden. Die vielen Gesamtkarbonatangaben aus der Literatur, die nicht in Kalk- und Dolomit-Anteil aufgegliedert sind, mussten unberücksichtigt bleiben.

Unter den Bearbeitungen von Quartärablagerungen ausserhalb der Schweiz sei vor allem auf die Dissertation von C. H. EDELMAN (1933) «Petrologische Provincies in het Nederlandsche Kwartair» hingewiesen, die das klassisch gewordene Modell für unsere erstmals in der Schweiz in grösserem Rahmen durchgeführte Arbeit bildet. Ferner sei unter ausländischen Arbeiten, in denen ein in der Nähe der Schweiz gelegenes Pleistozängebiet (Riss-Lechplatte) hinsichtlich seiner Schwermineralführung untersucht wurde, die Arbeit WEYL (1952) erwähnt.

Unsere Arbeit ist durch einen Forschungsbeitrag von seiten des Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung möglich geworden, für den hier zuerst gedankt sei. Ein Blick auf die Tabelle 1 zeigt, dass die Untersuchung der 289 Proben sehr viel Zeit beanspruchte. Allen Mitarbeitern vom Geologischen Institut in Bern, die während der letzten paar Jahre geholfen haben, gilt unser herzlicher Dank, vorab PD Dr. A. MATTER und Dr. I. THUM, sowie Frau S. ANDEREGG, Fräulein M. SCHUMACHER und den Herren W. FLÜCK, H. ISCHI, CH. KUPFERSCHMID, E. MOERI, J. VAN STUIJVENBERG. Gedankt sei auch Herrn Dr. A. SIEHL vom Geologischen Institut der Universität Bonn für seine anregende Kritik bei der Niederschrift des Manuskripts. Sehr erfreulich war ferner die Zusammenarbeit mit PD Dr. T. PETERS vom benachbarten Mineralogisch-Petrographischen Institut, der sich mit der Tonfraktion aus unseren Proben befasste, und hierüber im Anschluss an unsere Arbeit selbst berichtet (S. 517).

Die Proben und die Untersuchungsmethoden

(Erläuterungen zu Tab. 1)

In der Einleitung haben wir bereits gesagt, nach welchen Gesichtspunkten wir uns bei der Probeentnahme leiten liessen. In Tabelle 1 (am Schluss des Textes vor der Literatur) sind die Resultate der Laboruntersuchungen an den 289 Proben festgehalten; wir halten deren Veröffentlichung für wichtig, einesteils deshalb, damit spätere Arbeiten, denen vielleicht andere Fragestellungen zugrunde liegen, unsere Resultate mitverwenden können; andernteils enthebt uns die Publikation der Tabelle 1 der Notwendigkeit, hier einen erschöpfenden Kommentar über die Fakten zu geben, die man herauslesen kann. Die vorliegende Publikation ist derjenige Kommentar zu Tabelle 1, der uns im gegenwärtigen Zeitpunkt von Interesse erscheint. Nur am Rande sei vermerkt, dass der grösste Zeitaufwand unserer Arbeit in den Laboruntersuchungen steckt, deren Resultate in Tabelle 1 wiedergegeben sind.

Über die Verteilung der Proben auf die 5 hauptsächlichen pleistozänen Gletschergebiete im schweizerischen Mittelland und über ihre geologisch-stratigraphische Zuordnung (Formation und Alter) gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Anzahl der untersuchten Proben

	Moräne Würm (davon verschwemmte Moräne)	Schotter und Sande Würm	Moräne Riss	Schotter u. Sande Intergl. Riss-Würm und älter	Untersuchte Proben
Rhonegletscher inkl. Saanegletscher	30 (10)	29	1	28	88
Aaregletscher	37	17	1	28	83
Reussgletscher	14 (3)	25		3	42
Linthgletscher (inkl. Sihlgletscher)	10	23		8	41
Rheingletscher	23 (16)	12			35
Total	114 (29)	106	2	67	289

Die Zuordnung der Proben zu den einzelnen oben und in Tabelle 1 ausgeschiedenen Gletschergebieten bot in einigen Fällen Schwierigkeiten oder sieht auf den ersten Blick nicht selbstverständlich aus, sind doch Mischgebiete des pleistozänen Eises oder Überschneidungen zwischen verschiedenaltrigen Fluss- und Gletschergebieten im Mittelland recht häufig (vgl. Tafel X in Alb. Heim, 1919). So finden sich z.B. die Plateauschotter von Selzach, die am Jurarand westlich Solothurn liegen, unter «Aaregletscher» aufgeführt, und zwar entsprechend ihrem eindeutig Auskunft gebenden Geröllbestand (Proben 29–38 der Tab. 1). Auch andere präwürme Aareschotter (Proben 180–250) liegen in Gebieten, die der spätere Würm-Rhonegletscher überdeckte. Bei den Proben, die wir unter «Reussgletscher» angegeben haben, muss z.T. an

den Eisstrom gedacht werden, den der Aaregletscher über den Brünig ins Reussgletschergebiet entsandte. Das Entsprechende gilt für den Linthgletscher, der sich bei Weesen mit dem Arm des Rheingletschers vereinigte, der von der Diffluenz bei Sargans durch das Walenseetal hinausfloss.

Erläuterungen zu den Vertikalkolonnen in Tabelle 1

Formation und Alter

Wir bemühten uns, die Zuweisung für alle 289 Probelokalitäten unter Berücksichtigung der neuesten jeweils zutreffenden geologischen Karten oder Literaturangaben vorzunehmen; deshalb ist das Literaturverzeichnis ziemlich umfangreich geworden. Leider fehlte auf Tabelle 1 der Platz für den Hinweis auf die Literaturzitate zu jeder Probe. Für die Gebiete östlich Bern waren uns die Publikationen und Karten von HANTKE sehr nützlich; westlich Bern konnten wir die vielen mit minuziösen Kartierungen verknüpften Dissertationen von Fribourg benutzen. Was die Alterszuweisungen betrifft, hielten wir uns an die bestehende Literatur, obwohl es uns klar ist, dass wir in einigen Gebieten arbeiteten, in denen die Altersfrage der Moränen und Schotterablagerungen neu überprüft werden sollte. Für die lithologischen Formationsbezeichnungen hielten wir uns unter Berücksichtigung der Literatur- und Kartenangaben an unsere Beobachtungen im Gelände; insbesondere machten wir den Unterschied zwischen Moräne und verwaschener Moräne. Hiezu sei bemerkt, dass nicht nur der Übergang von Moräne zu verwaschener Moräne, sondern besonders auch derjenige von letzterer zu Schottern und Sanden fliessend ist; so braucht es beispielsweise nicht zu verwundern, dass Pleistozänablagerungen auf neueren Karten des st. gallisch-thurgauischen Rheingletscherquartärs, die das westlichere Geologenauge mit der Schottersignatur auszeichnen würde, die Moränenfarbe tragen.

Einige Reihen unserer Proben gehören zu zusammenhängenden Pleistozänprofilen, die wir aufgenommen haben; wir verzichten hier auf deren Veröffentlichung mit all den zugehörigen, im einzelnen oft reizvollen quartärgeologischen Detailbeobachtungen, um unser Hauptthema nicht zu verwässern. Gerade diese zusammenhängenden Profilserien – speziell solche vom Lac de la Gruyère (Kt. Freiburg) und vom Buechberg am Zürcher Obersee – führten uns zum Schluss, dass die Altersunterschiede innerhalb des Pleistozäns die Sedimentpetrographie der Sande nicht spürbar zu beeinflussen vermögen.

Siebanalyse

Wir benutzten die in Bern übliche Methode, nach der wir schon früher die Korngrössenanalyse von Pleistozänproben durchführten (siehe LÜTHY, MATTER und NABHOLZ, 1963, S. 128), d.h. wir entkarbonatisierten die Proben zuerst mit 10%iger Salzsäure, um einen direkten Vergleich der Granulometrie von Quartärsanden mit Molassesandsteinen, die infolge ihrer Verfestigung vom Karbonatgehalt befreit werden müssen, zu ermöglichen. Da wir aber nicht zum vornherein auf die unter Umständen wesentlichen Informationen aus den nicht entkarbonatisierten Lockerproben verzichten wollten, wurden rund die Hälfte der Proben auch ohne vorherige Salzsäurebehandlung gesiebt. Für das weitere Prozedere verweisen wir im Detail auf

unsere oben angegebene Publikation von 1963 und wiederholen hier nur, dass wir im Durchflussautomaten den Schlämmstoffanteil < 0,02 mm bestimmten und für jede Probe eine granulometrische Summenkurve der Sandfraktion (0,02–2 mm) erstellten, nachdem in der Rotap-Siebmaschine 15 Minuten gesiebt und die einzelnen Fraktionen gewogen worden waren. Aus den 167 Summenkurven (soviele Proben zeigen auf Tabelle 1 die Ergebnisse der Siebanalysen) lasen wir den Medianwert ab (bei 50% der Summenkurve) und bestimmten die ebenfalls auf Tabelle 1 angegebenen Quartilwerte 1 bei 25% der Summenkurve und Quartilwerte 3 bei 75% der Summenkurve. Aus den beiden Quartilwerten wird nach TRASK der Sortierungskoeffizient = Q_3/Q_1 (wobei $Q_3 > Q_1$) gebildet, der die Vorstellungskraft des Feldgeologen vor allem dann anspricht, wenn man ihn mit den von FÜCHTBAUER (1959) verwendeten Adjektiven ausdrückt, die von sehr gutem, über guten, mittelmässigen, schlechten zu sehr schlechtem Sortierungsgrade führen. Den jeweiligen Zahlenwert des Sortierungskoeffizienten an den Grenzen zwischen den in Adjektiven ausgedrückten Sortierungsgraden zeigt Figur 6 rechts auf der Ordinate. Die Diskussion der Ergebnisse aus der Korngrössenanalyse findet sich weiter hinten im Text (S. 486).

Schwermineralanalyse

Wir untersuchten von allen 289 Proben auf Tabelle 1 (Angabe in Kornzahl %) die Fraktion 0,06–0,4 mm nach der in Bern üblichen Methode, die in MATTER, 1964, S. 399, beschrieben ist. Da wir mit Essigsäure entkarbonatisieren, bleibt der Apatit, dem unter den Schwermineralen ein recht grosser Anteil zukommen kann, erhalten. Aus diesem methodischen Grund können unsere Resultate mit den von andern Autoren vorgenommenen Schwermineralanalysen nur dann verglichen werden, wenn der Apatit mitberücksichtigt und nicht infolge Aufbereitung mit Salzsäure zerstört wurde.

Leichtmineralanalyse

Von 208 Proben (vgl. Tab. 1) bestimmten wir die Leichtminerale der Fraktion 0,1–0,15 mm (Angabe in Kornzahl %) nach der Methode, die in MATTER, 1964, S. 400, erläutert ist. In manchen Proben war ein Teil der Feldspäte stark zersetzt. Darunter litt die Reproduzierbarkeit der Resultate, die je nach der Beurteilung der Zersetzungsprodukte unterschiedlich ausfielen.

Karbonatbestimmungen

Die letzen 4 Vertikalkolonnen der Tabelle 1 zeigen die Calcit- und Dolomitwerte, die wir mit der komplexometrischen Titrationsmethode an insgesamt 274 der 289 Proben bestimmten (Angabe in Gewichts-%). MATTER, 1964, S. 392, beschreibt die Methodik in allen Einzelheiten und weist auch darauf hin, dass die mit dem Passonapparat (calcimètre de BERNARD) durchgeführten Bestimmungen für den Dolomitgehalt Fehler ergeben können (op. cit., S. 392). Nach der letztgenannten Methode führten JENNY und DE QUERVAIN, 1960 und 1961, ihre Karbonatbestimmungen aus; wir haben die aus dieser für uns wichtigen Arbeit hervorgehenden Karbonatwerte in unserer Tafel II berücksichtigt, und zwar mit Mittelwerten, die wir nach den Angaben unserer Tabelle 2 bildeten.

Resultate der Schwermineralanalyse

Als Grundlage unserer Betrachtungen sollen die Karten B, C und D der Tafel I sowie Tabelle 1 dienen.

Um das Verständnis für die etwas ungewohnte Darstellungsweise zu erleichtern, seien kurz die Arbeitsstationen rekapituliert, die uns zu dieser Darstellung bewogen haben: Schon früh sahen wir uns in unserer Hoffnung getäuscht, die einzelnen Gletschereinzugsgebiete würden sich in ihrer Schwermineralvergesellschaftung grundsätzlich unterscheiden. Alle untersuchten Sandproben der Gletscherareale lassen sich grob als hornblendereiche Granat-Epidot-Apatit-Assoziation kennzeichnen. Als höchst interessant erwiesen sich die gegenseitigen Mengenverhältnisse dieser Hauptminerale in bezug auf ihre geographische Lage.

Das eindrücklichste Beispiel bilden die Ablagerungen des Rhonegletschers im Bereich des Gletscheraustrittes ins Mittelland am oberen Genfersee (vgl. Tab. 1): Der Epidot als Hauptmineral inneralpiner Pleistozänablagerungen beherrscht bis in die Gegend östlich von Vevey das Bild. Im Gebiet des Mt. Pélerin tritt sein Anteil am Spektrum plötzlich fast ganz zurück, um dann in nordwestlicher Richtung gegen das Plateau hin wieder anzusteigen. Dieselbe Zunahme der Epidotgehalte von praktisch 0% am Alpennordrand auf z.T. über 90% im Mittelland lassen sich auch bei den Austrittsstellen des Saane-, Aare-, Sihl-, Linth- und Rheingletschers ins Alpenvorland beobachten. (Beim Reussgletscher ist die alpennahe Probendichte zu gering; vgl. Tafel I, Karte D.) Der epidotfreie Streifen in den Pleistozänablagerungen entlang des Alpennordrandes erinnert dermassen an die Schwermineralführung der Molassegesteine, dass wir uns entschlossen, alle verfügbaren und nach unserer Methodik eruierten Schwermineraldaten der Molasse-Literatur synoptisch darzustellen und mit unseren Pleistozändaten zu vergleichen.

Auf der Karte C der Tafel I wurden die Linien gleichen Epidotgehaltes der Molassesandsteine interpoliert. Die Darstellung hängt natürlich sehr von der Probendichte ab, welche durch die in der Literatur bearbeiteten Gebiete gegeben und sehr unterschiedlich ist[1]). Demnach hat die Karte nur rein schematischen Wert, doch charakterisiert sie die bisherigen Kenntnisse der Epidotverteilung in der Molasse recht treffend. Epidotfreie Molasseschichten finden sich nach den gesichteten und in der «Literaturliste für die Molasseproben» zusammengestellten Publikationen

- in der aufgeschuppten und gefalteten, stampischen bis (?) frühaquitanen Molasse entlang des Alpennordrands;
- in den ebenfalls stampischen Molassegesteinen entlang des Jurasüdfusses;
- in den Glimmersanden der Oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz;
- in der Oberen Süsswassermolasse des südwestlichen Bodenseegebietes (Bodenseeschüttung nach HOFMANN, 1957, S. 306).

---

[1]) Die verwerteten Lokalitäten aus der Literatur sind in der Karte A der Tafel I eingetragen. Die beigefügten Buchstabenindizes beziehen sich auf die Publikationen und sind auch in der hintenstehenden «Literaturliste für die Molasseproben» aufgeführt. Sie erlauben so leicht das Auffinden der betreffenden Literatur.

Diese vier Areale zeichnen sich auf der Karte C eindeutig ab. Alle übrigen Molasseablagerungen – vom tieferen (?) Aquitan an aufwärts – weisen eine starke Epidotvormacht auf. Dies gilt vor allem für den Hörnlischuttfächer, dann auch für den hier nicht berücksichtigten Napfschuttfächer und die Gebiete des bernischen Mittellandes. Die Raffung der Konzentrationskurven im Thunerseegebiet ist auf den als stampisch geltenden, kristallinreichen Blumenschuttfächer zurückzuführen, dessen Sandmaterial Epidotvormacht zeigt. Diese Aussagen beruhen allerdings nur auf wenigen Stichproben. Eine eingehende sedimentpetrographische Untersuchung dieses Gebietes steht noch aus.

Die Karte D (Tafel I) zeigt nun die nach gleichen Kriterien gezeichnete Epidotverteilung in der pleistozänen Sandfraktion. Die Übereinstimmung mit dem Molasseuntergrund ist frappant. Obschon wegen der beschränkten Probenzahl etwas rudimentär, lassen sich deutlich die oben beschriebenen epidotarmen Areale wiedererkennen:

- Der Streifen entlang des Alpennordrandes, unterbrochen durch die Epidotausstrahlung im Bereich der Blumenschuppe.
- Allerdings nur schwach ausgeprägt, die subjurassische Zone im Gebiet von Solothurn.
- Das Ablagerungsgebiet über den Glimmersanden in der Nord- und Nordostschweiz.
- Andeutungsweise die Bodenseeschüttung im Gebiet von Konstanz.

Andererseits bilden die Gebiete des Hörnli, des östlichen Napfs und des westlichen Mittellandes – wie in der darunterliegenden Molasse – Zentren der Epidotvormacht. Besonders interessant sind in diesem Zusammenhang auch die frischen Epidote der Pleistozänproben im weitern Bereich des Napfschuttfächers. Für F. HOFMANN (1957, S. 9) sind nämlich gerade die unverwitterten Epidote für die Molasse dieser Gegend typisch.

Dem Vorwurf der Überinterpretation kann entgegengehalten werden, dass die Übereinstimmung der Schwermineralspektren der Pleistozänablagerungen mit der darunterliegenden Molasse durchaus nicht nur auf den Epidot beschränkt ist. Sie ist hier der extremen Gehaltsunterschiede wegen nur am augenfälligsten. Ganz eindeutig zeigen sich die Parallelen zur Molasse auch in folgenden Punkten (vgl. Tab. 1):

- im erhöhten Staurolithgehalt der Pleistozänproben im Bereich der tertiären Bodenseeschüttung (vgl. HOFMANN, 1957, S. 306);
- im sehr hohen Granatgehalt – begleitet von Staurolith und Disthen – über der nordostschweizerischen Glimmersandrinne (vgl. HOFMANN, 1960);
- in der Spinellführung des Pleistozäns über dem subalpinen Stampien (vgl. GASSER, 1968, S. 293), was für den Bereich des Sihlgletschers besonders schön zutrifft.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen – ebenso bei der Anfertigung der Karten C und D der Tafel I – wurde bewusst eine Gruppe von Mineralen, die einen wichtigen Anteil der pleistozänen Schwermineralspektren ausmachen, ausgeklammert, nämlich die Hornblenden und sehr untergeordnet die Pyroxene[2]). So sicher der Epidot der Pleistozänproben aus der Molasse stammen muss – dies beweist die epidotfreie

[2]) Wird im folgenden von Hornblendekonzentrationen gesprochen, versteht sich der geringe Anteil an Pyroxenen immer miteingeschlossen.

Schranke entlang des Alpennordrandes –, so eindeutig gelangten die Hornblende und der Pyroxen mit den Gletschern ins Mittelland hinaus, denn die Molassesedimente führen nur sehr untergeordnet Hornblende und praktisch keinen Pyroxen. Damit liefert uns die Hornblende ein geeignetes Mittel, die Ausstrahlung des inneralpinen Sandmaterials im Pleistozän des Mittellandes zu studieren. In der Karte B der Tafel I sind die Linien gleicher Hornblendekonzentrationen in der schon bekannten Weise dargestellt. Die Austrittstellen der Gletscher ins Mittelland zeichnen sich durch hohe Hornblendegehalte aus, die dann in der allgemeinen Fliessrichtung des Eisstromes sehr rasch abnehmen. Deutlich ausgeprägt ist dieses Phänomen beim Rhone-, Aare- und Reussgletscher.

Etwas komplexer sind die Verhältnisse im Bereich des Rheingletschers: hier halten die hohen Hornblendewerte bis weit ins Vorland an. Der Grund dafür bleibt fraglich. Das Argument eines grösseren kristallinen Liefergebietes mag im Vergleich mit den aus dem Helvetikum stammenden Gletschern stimmen, nicht aber für den Rhonegletscher, dessen Liefergebiet zur Hälfte kristallin ist. – Möglich ist auch, dass die absolute Grösse des Einzugsgebietes – der Rheingletscher hatte weitaus das grösste (vgl. S. 482) – eine Rolle spielt. Leider sind Untersuchungen an entsprechenden rezenten Flußsanden nur am Rhein (MÜLLER, G. und HAHN, C., 1964; HAHN, C., 1969) durchgeführt worden, so dass auch auf diese Weise keine vergleichenden Rückschlüsse möglich sind. Die rezenten Hornblendegehalte des Alpenrheins sind nach den obigen Autoren (1964, S. 374) nie höher als 25% des gesamten Schwermineralspektrums. – Eine andere Deutungsmöglichkeit wäre in der leichten Spaltbarkeit der Hornblenden gegeben. Bei fortschreitendem Transport zerteilen sich die Hornblenden immer mehr, so dass sie ihren Kornzahlprozentgehalt trotz entgegenwirkenden Faktoren bis weit ins Vorland hinaus beibehalten konnten. Dies würde allerdings für den Rheingletscher bedingen, dass er eine von den andern Gletschern verschiedene Hornblendezusammensetzung führt, oder dass er etwas anders geartete Transporteigenschaften besass. – Eine letzte Deutungsmöglichkeit, die uns plausibel erscheint, beruht auf folgender Überlegung: Nur im Einzugsgebiet des Rheingletschers – und nirgends weiter westlich – kommt Silvrettakristallin vor, das umfangreiche Amphibolitkomplexe enthält. Diese Amphibolitkomplexe, die potentielle Hornblendelieferanten sind, bedecken im Einzugsgebiet des Rheins eine grössere Fläche als die penninischen Ophiolithe oder andere Gesteinskomplexe, die man als potentielle Hornblendelieferanten bezeichnen könnte. Gegen den Rhein zu wird das Silvrettakristallin mit seinen Amphiboliten und anderen basischen Gesteinen vorwiegend durch das Talsystem der Ill entwässert, die erst bei Feldkirch, d.h. wenig südlich des Bodensees in den Rhein mündet. Die Ill führt heute in ihrem Oberlauf unter den Schwermineralen – ohne Berücksichtigung von Granat und Apatit – etwa 50 Korn-% Hornblende, an ihrer Mündung in den Rhein noch über 35% (vgl. HAHN, 1969, Fig. 17, S. 271; die aus den Figuren HAHN herauslesbaren Werte haben wir auf das in der vorliegenden Arbeit angewandte System, bei dem der Granat gesondert von den übrigen Schwermineralen gezählt wird, transformiert). Der Hornblendegehalt des heutigen Rheins springt bei der Mündung der Ill von weniger als 10 Korn-% der Schwerminerale auf über 20% hinauf (op. cit. Fig. 14, S. 269). Im Pleistozän müssen wir entsprechende Verhältnisse annehmen, was die hohen Hornblendewerte im Rheingletschergebiet bis weit ins Mittelland hinaus erklären könnte.

Klar prägt sich dagegen die hornblendefreie Hörnli- und östliche Napfmolasse sowie der westschweizerische Molasseuntergrund durch. Ob der leichte Hornblendeanstieg mit wesentlichem Anteil an Alkalihornblende am Jurafuss auf Molasseeinfluss zurückzuführen ist – hier sind wir im Bereich der oligozänen Glaukophanschüttung (FÜCHTBAUER, 1964, S. 201) –, oder ob es sich um pleistozän zugeführte Hornblende aus den Alpen handelt, kann nicht entschieden werden.

Undiskutiert blieb bislang auch die Gruppe der Granate. Die Gehalte sind besonders in der Molasse derart unterschiedlich, dass ihnen bei der gegebenen Probedichte überhaupt keine Aussagekraft zukommt. Sie wurden ja auch, wie es sich bei Schwermineraluntersuchungen im Alpenvorland eingespielt hat, für sich gezählt und auf die Summe der nicht opaken Schwerminerale umgerechnet. Zu erwähnen bliebe die generell niedrigere Granatführung der Pleistozänablagerungen, verglichen mit dem Molasseuntergrund.

Zusammenfassend stellen wir folgendes fest: Die Schwermineralführung des Molasseuntergrundes paust sich mit erstaunlicher Genauigkeit auf die pleistozänen Gletscherablagerungen durch. Einzig die Hornblende und der wenig häufige Pyroxen sind neue Elemente im Schwermineralspektrum, die nur durch pleistozäne Vorgänge ins Mittelland gelangen konnten.

Wir halten uns an dieser Stelle bewusst an die nur deskriptive Schilderung der gefundenen Tatbestände, um dann im letzten Kapitel, den «Schlussfolgerungen», den möglichen Mechanismus, der zum beschriebenen Zustand führte, zu diskutieren. Zunächst interessiert aber die Frage, ob auch in den Hauptgemengteilen der pleistozänen Sande – den Leichtmineralen und den Karbonaten – eine solche Durchpausung des Molasseuntergrundes zu beobachten ist.

Resultate der Leichtmineralanalyse

Sinnvoll ist ein Vergleich der Hauptgemengteile der Pleistozänsande mit den Sandsteinen des Molasseuntergrundes erst dann, wenn eine deutliche sedimentpetrographische Gliederung des letzteren gegeben ist. Durch das schwache Axialgefälle des gesamten Molassebeckens nach E werden sedimentpetrographische Unterschiede des stratigraphischen Molasseprofils auf die Fläche übertragen: in der Westschweiz besteht der Molasseuntergrund vorwiegend aus Oligozän und älterem Miozän, und gegen E lagern sich die jüngeren Molassestufen dachziegelartig auf die älteren im W. Am besten lassen sich die sedimentpetrographischen Gegebenheiten am Feldspatgehalt darlegen. Die Figur 1 zeigt – der wenigen verfügbaren Daten wegen stark schematisiert – die Konzentrationen des Feldspats in der Molasse: Das feldspatreichste Glied der Molassegesteine ist die Granitische Molasse des «Aquitans». So lassen sich die hohen Feldspatwerte auf Figur 1 auch direkt mit dem Auftreten von Granitischer Molasse in Verbindung bringen. Zusammenhängende Gebiete Granitischer Molasse finden sich

- im Plateau suisse (auf Fig. 1 unterbelegt), im bernischen Seeland und in einem Streifen, der dem Unterlauf der Aare im S folgt;
- in der subalpinen Zone, die sich von der westlichen Thunerseegegend bis zum Bodensee hinzieht.

In allen übrigen Molassesedimenten tritt der Feldspat mengenmässig stark zurück. Dies gilt sowohl für das liegende Stampien in der Genferseegegend und entlang des Alpennordrandes als auch für das gesamte Hangende vom «Burdigalien» bis ins «Tortonien». Letzteres umfasst das zentrale und östliche Mittelland in Form der grossen Schuttfächer des Napfs und des Hörnli fast ausschliesslich.

Vergleicht man die Feldspatkonzentrationen der Pleistozänablagerungen der Figur 2 mit denen in der Molasse (Fig. 1), sind grosse Gemeinsamkeiten auf den ersten Blick kaum herauszulesen. Und doch sind sie da, nur werden sie durch das wesentlich differenziertere Kartenbild des Pleistozäns etwas verschleiert. Diese komplexere Aufteilung hat zwei Gründe, nämlich den methodischen eines besser verteilten Probenetzes, dann aber einen zweiten genetischen, worauf im folgenden noch näher eingegangen werden muss. Versuchen wir vorerst die Analogien in den beiden Feldspatverteilungskarten (Fig. 1 und 2) – und somit das Mass der Durchpausung der Molasse ins Pleistozän – herauszuschälen:

- Generell weist das Pleistozän der Westschweiz höhere Feldspatgehalte auf als das der Ostschweiz. Sowohl das feldspatreiche Aquitanien im W wie die feldspatarme tortone Hörnlischüttung im E drücken dem Pleistozän ihren Stempel auf.
- Auch die hohen Feldspatanreicherungen im subalpinen Bereich (am Thunersee, Vierwaldstättersee, oberen Zürichsee und oberen Bodensee) können direkt mit der subalpinen Granitischen Molasse in Zusammenhang gebracht werden.
- Die demgegenüber feldspatarme, alpennahe Zone des Pleistozäns zwischen Genfersee und Thunersee spiegelt die Verhältnisse in der dortigen subalpinen stampischen Molasse wider, die ebenfalls feldspatarm ist.

Als neues Element und auffälligster Unterschied zu der Feldspatverteilung in der Molasse treten im Pleistozän entlang der Aare und der Reuss Korridore gleichen Feldspatgehaltes auf, die sich von den Konzentrationen ihrer Umgebung abheben. Längs der Aare ist die Feldspatkonzentration niedriger als die der Umgebung, bei der Reuss ist es umgekehrt. Ähnliche Verhältnisse wie bei der Reuss sind auch bei der Rhone angedeutet, doch lassen sich wegen der schwachen Probedichten keine schlüssigen Aussagen machen. Diese Korridore abweichenden Feldspatgehaltes, die ja mit den Hauptachsen des ehemaligen Gletscherfliessens zusammenfallen, gehen auf den Einfluss pleistozän aus den Alpen heraustransportierten Materials zurück. Die Gründe, weshalb im Bereich der Reuss und der Rhone hohe, in den übrigen Gletscherhauptachsen gleichmässig tiefere Feldspatgehalte auftreten, liegen in den Einzugsgebieten der verschiedenen Gletscher. In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind in grober Schätzung die inneralpinen Einzugsgebiete der in Frage stehenden pleistozänen Gletscher zusammengestellt, aufgeteilt nach Sedimentanteilen (inkl. niedrig-metamorpher Gesteine) und Kristallinanteilen (inkl. hoch-metamorpher Gesteine). Die Werte berücksichtigen das Relief nicht, sondern sind rein flächenmässig ermittelt.

Die Einzugsgebiete mit hohem Kristallinanteil – mit einem Sediment-Kristallin-Koeffizienten um 1 (vgl. nachstehende Tabelle) – gehören zu den Gletschern mit den starken Feldspatkonzentrationen in ihrer Hauptachse, nämlich zum Reussgletscher und zum Rhonegletscher (gemeint ist hier die wenig deutlich ausgeprägte Achse längs des Genfersees). Der Aaregletscher mit einem kleineren kristallinen Hinterland führt entsprechend feldspatärmeres Material hinaus ins Mittelland. Die nachstehende Ta-

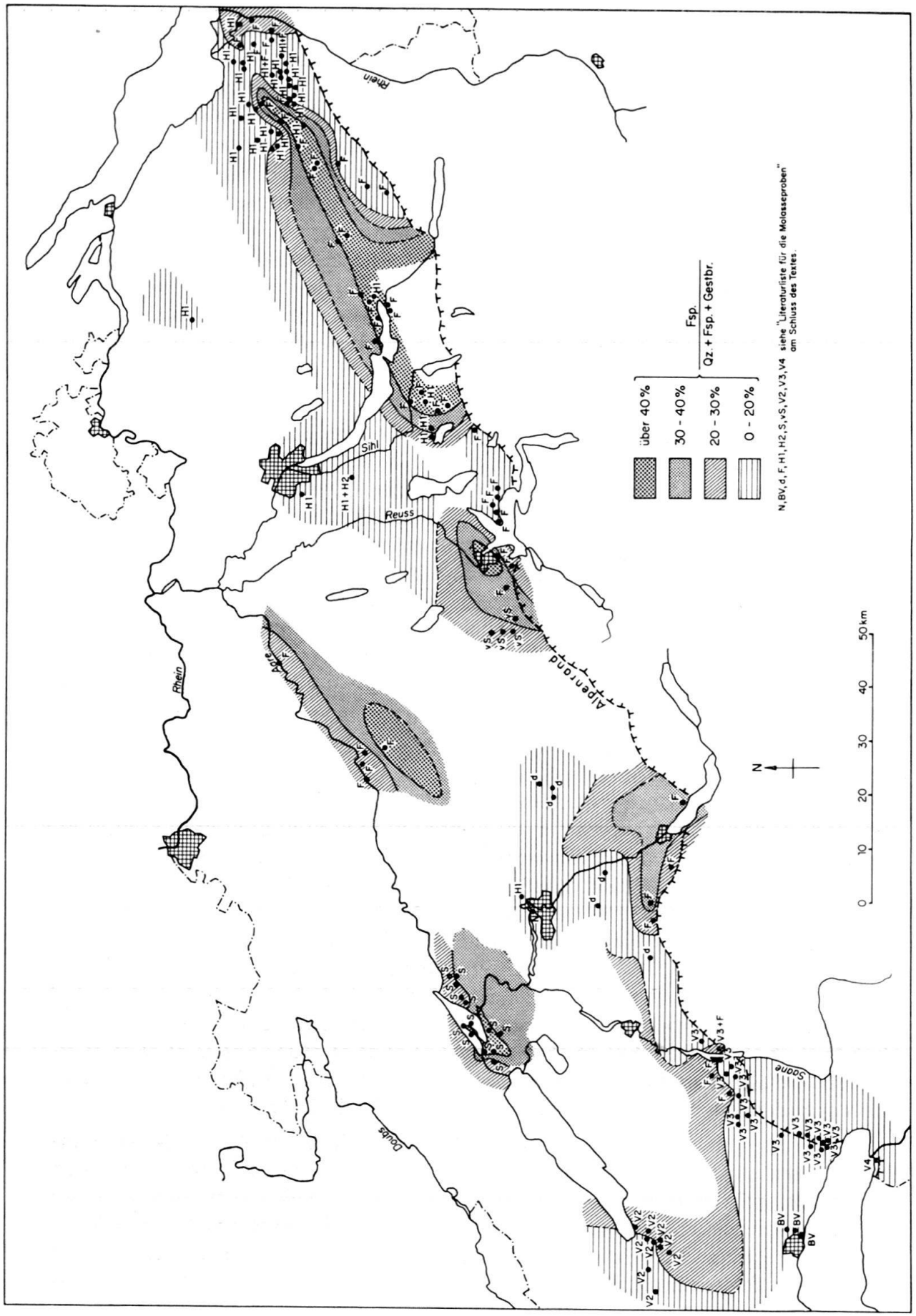


Fig. 1. Kartenskizze 1:1250000 gleicher Feldspatkonzentrationen in den Molassesandsteinen des schweizerischen Mittellandes.

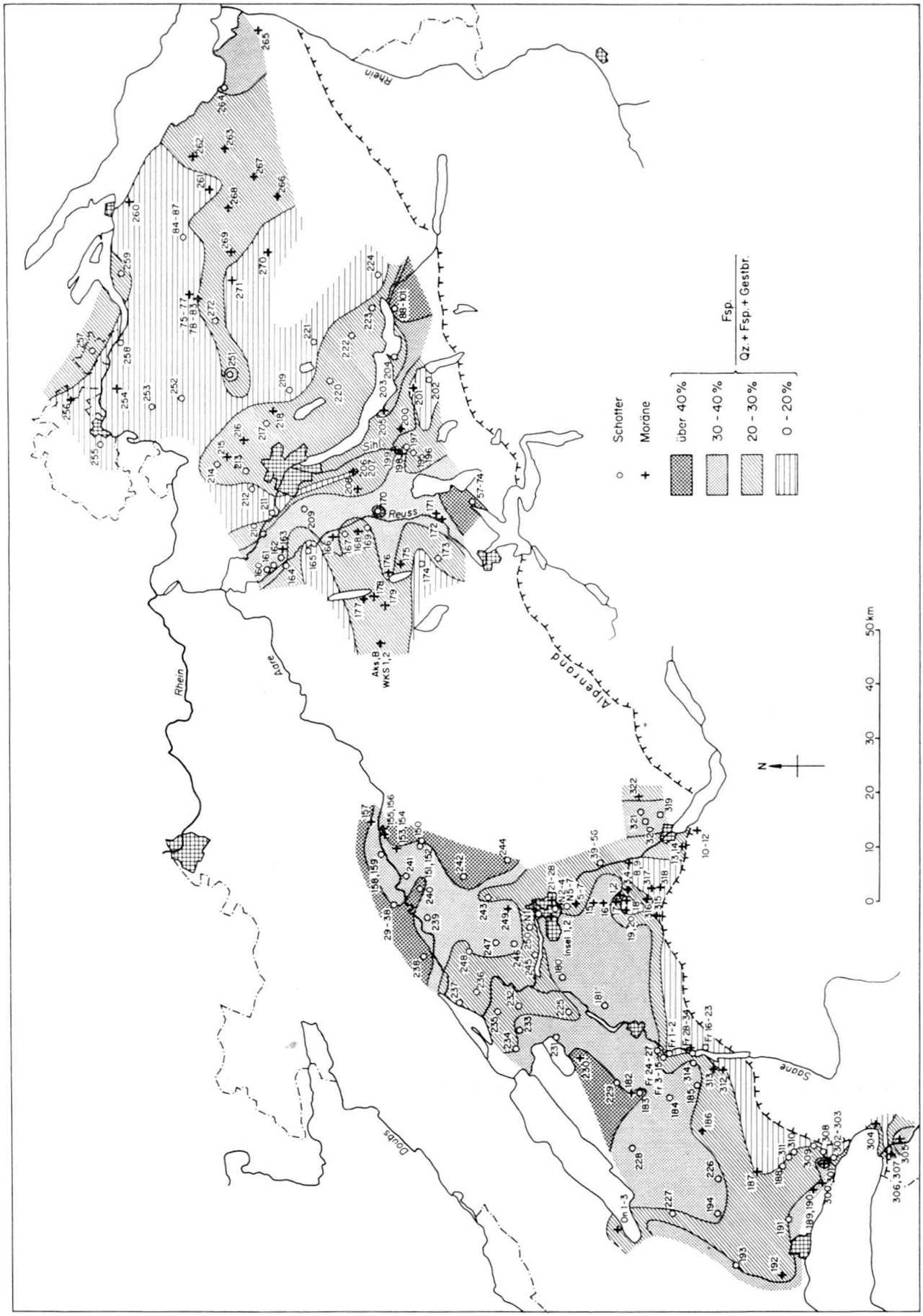


Fig. 2. Kartenskizze 1:1 250000 gleicher Feldspatkonzentrationen in den pleistozänen Sandablagerungen des schweizerischen Mittellandes.

belle gibt auch Auskunft über die absolute Grösse der Einzugsgebiete. Hier steht das des Rheingletschers an erster Stelle. Möglicherweise besteht zwischen der Grösse dieses Hinterlandes und der oben besprochenen (S. 477), weit ins Mittelland reichenden Ausstrahlung der Hornblende im Bereich des Rheingletschers ein direkter Zusammenhang (vgl. auch S. 491).

	Inneralpines Einzugsgebiet in km²	davon Sedimente km²	davon Kristallin km²	Verhältnis Sedimente/ Kristallin
Rhonegletscher	5300	2300	3000	0,8 = ca. 1
Saanegletscher	700	700	—	— —
Aaregletscher	2500	2100	400	5,3 = ca. 5
Aare-Reuss-Mischzone	350	350	—	— —
Reussgletscher	1800	1050	750	1,4 = ca. 1
Linthgletscher	1100	1100	—	— —
Rheingletscher	6100	5000	1100	4,5 = ca. 4

Die übrigen Leichtminerale lassen keine weiteren Aussagen zu: Der Anteil an Gesteinsbruchstücken inkl. Chert in der Grössenordnung von 10–20% variiert in allen Pleistozänablagerungen etwa gleich und ist auch in der Molasse in ähnlichen Prozentsätzen vertreten. Der Quarz muss sich als drittes ausgezähltes Leichtmineral bei etwa konstantem Gesteinsbruchstückgehalt komplementär zum Feldspat verhalten.

Abschliessend stellen wir fest: Auch in den Leichtmineralen ist eine deutliche Abhängigkeit vom Molasseuntergrund vorhanden, doch wird diese in den Hauptabflussrichtungen des Eises erheblich modifiziert durch Einflüsse des Hinterlandes der Gletscher.

Resultate der Karbonatbestimmungen

Schwierig wird ein Vergleich von Molasseuntergrund und Pleistozänbedeckung bei den Karbonatwerten. Wie bei den Schwer- und Leichtmineralanalysen werden sich auch hier zwei Effekte überlagern, nämlich die Durchpausung der sedimentpetrographischen Verhältnisse der Molasseoberfläche einerseits und die Einflüsse aus dem alpinen Einzugsgebiet der Gletscher andererseits. Nur lassen sich die gegenseitigen Anteile am Endresultat nicht mehr so eindeutig ablesen, da inneralpines und aus der Molasse stammendes Karbonat nicht zu unterscheiden sind. Überwiegt jedoch der Faktor der Durchprägung so stark, wie wir aus den Resultaten der Schwer- und Leichtmineralanalysen herauszulesen glaubten, dann müssen auch Karten gleicher Karbonatkonzentrationen von Molasse und Pleistozän grundsätzlich übereinstimmen.

Auf der Tafel II sind die Karten gleichen Karbonatgehalts für Molasse und Pleistozän dargestellt. Die Karte A zeigt den Gesamtkarbonatgehalt der Molassesandsteine des schweizerischen Mittellandes. Die Informationen sind relativ spärlich, mit Ausnahme der Ostschweiz, die durch die zahlreichen Untersuchungen von F. Hofmann recht dicht besetzt ist. Man erkennt

- die karbonatreiche Hörnlischüttung, begrenzt durch
- die karbonatarmen Glimmersande der Oberen Süsswassermolasse im N und

- durch den subalpinen Molassestreifen der karbonatarmen Granitischen Molasse im S.
- Diese wird ihrerseits im S abgelöst durch die karbonatreiche subalpine stampische Molasse.

Schwieriger wird die Interpretation in der Zentral- und Westschweiz:

- Obschon schwer unterbelegt, kontrastiert die Napfschüttung mit wesentlich geringerem Karbonatgehalt stark zur Hörnlischüttung. A. MATTER (1964, S. 418) gibt für seine Napfschichten meistens Werte zwischen 20–40%.
- Das Karbonatmaximum im Bereich der Lägern (nordwestlich von Zürich) ist bedingt durch die Grobkalkfazies der Oberen Meeresmolasse (U. BÜCHI und F. HOFMANN, 1960).

In der Westschweiz manifestiert sich allein

- die subalpine Zone entlang des Alpennordrandes mit einem Maximum in der Gegend des Mt. Pélerin.

Die Granitische Molasse des westlichen Mittellandes, wo besonders tiefe Werte zu erwarten wären, ist überhaupt nicht belegt.

Die entsprechenden Werte für das Pleistozän sind auf Karte B der Tafel II zusammengestellt. Die Probedichte in der Nordostschweiz konnte dank der Resultate von V. JENNY und F. DE QUERVAIN (1960), die bei unserer Auswertung mitberücksichtigt wurden, erheblich erhöht werden. Aus der Karte A der Tafel I können die Loaklitäten dieser Proben entnommen werden (Q-Indices), Tabelle 2 zeigt die von uns vorgenommene Unterteilung der Proben. Betrachtet man die Gesamtkarbonatgehalte des Pleistozäns in bezug auf ihre Abhängigkeit vom Molasseuntergrund, ist die globale Übereinstimmung offensichtlich:

- Das Pleistozän der Ostschweiz ist durch die Beeinflussung der tortonen Hörnlischüttung karbonatreich,
- das der Westschweiz wegen der unterlagernden Granitischen Molasse karbonatarm.

Gegenüber einer weiter ins Detail gehenden Deutung ist Vorsicht geboten. Wohl darf man in den niedrigen Karbonatgehalten des nordostschweizerischen Pleistozäns die Auswirkung der unterliegenden tertiären Glimmersandrinne sehen. Aber schon der Karbonatmaximumstreifen zwischen Genfer- und Thunersee ist nicht mehr deutbar. Die Wirkungsbereiche der beiden Faktoren – Molasseuntergrund und inneralpines Einzugsgebiet – überlagern sich unauflösbar. Es ist anzunehmen, in diesen alpenrandnahen Gebieten überwiege der Anteil an inneralpinem Karbonat, das dann die sonst scharf durchgepausten Grenzen des Molasseuntergrundes etwas verwischt und gegen NW hin verschmiert. Dasselbe gilt auch für den ostschweizerischen Alpenrand, wo die karbonatarme subalpine Granitische Molassezone völlig verwaschen ist.

In Figur 3 wurde eine etwas andere Darstellungsweise gewählt, um die Abhängigkeit der Pleistozänsande von der unterliegenden Molasse zu veranschaulichen: Das karbonatärmste Molasseschichtglied ist – wie oben erwähnt – die Granitische Molasse. Ferner ist auch die Glimmersandrinne der Oberen Süsswassermolasse sehr karbonatarm. Nach unserer Hypothese müssen sich Pleistozänproben, die über oder

sehr nahe diesen Molasseschichten zur Ablagerung gelangten, ebenfalls durch niedrige Karbonatwerte auszeichnen. Die Diagramme der Figur 3 zeigen den Karbonatgehalt der Pleistozänsande der einzelnen Gletscher in Abhängigkeit ihres Molasseuntergrundes einerseits und ihrer mittleren Korngrösse andererseits. Die Resultate des Rhone- und Aaregletschers sowie des Rheingletschers bestätigen unsere Ansichten klar: die schwarz angelegten Zeichen (über oder sehr nahe dem «Aquitan» bzw. Glimmersand abgelagert) liegen eindeutig tiefer. Nicht so gut kommt diese Tendenz bei den andern Gletschern zum Ausdruck. Wohl haben die über dem «Aquitan» abgelagerten Pleistozänproben mit kleinen Medianwerten – so gut sich dies an den geringen Probenzahlen ablesen lässt – tiefere Karbonatwerte als die über der restlichen Molasse abgelagerten Proben. Gegen die grösseren Medianwerte hin verschwindet

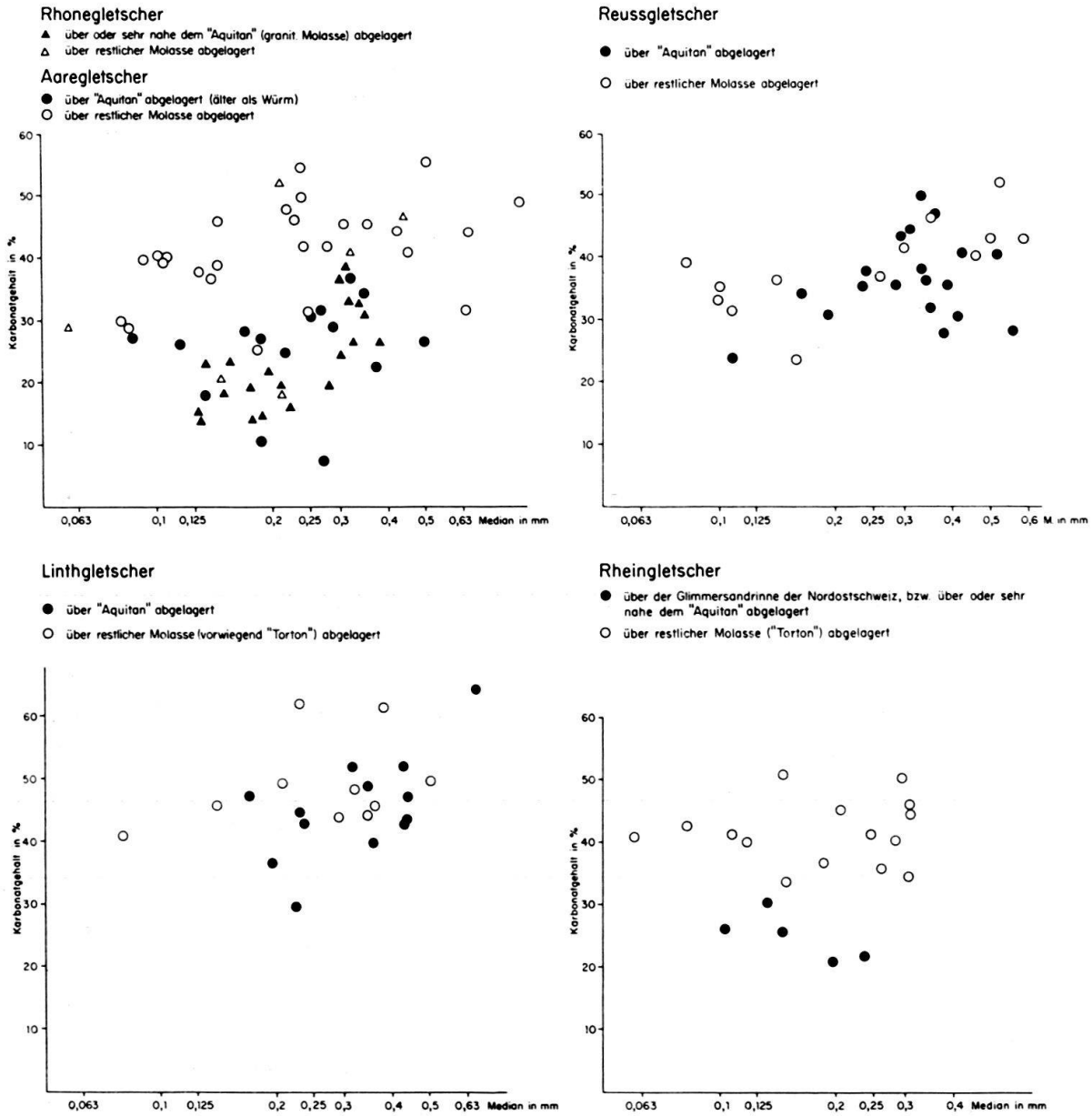


Fig. 3. Karbonatgehalte und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sande im schweizerischen Mittelland.

dieser Unterschied. Mit andern Worten: die über dem «Aquitan» abgelagerten Proben weisen einen Trend zur Zunahme des Karbonatgehaltes gegen grössere Mediane auf, der bei den restlichen Proben mit höherem Karbonatgehalt nicht vorhanden oder aber viel schwächer ist. Die Erklärung hiefür liegt nahe: Die wichtigsten Aquitanausbisse beschränken sich für alle Gletscher mit Ausnahme des Rhone- und Aaregletschers auf einen schmalen, subalpinen Streifen. Hier wirkt sich der Einfluss des in jedem Fall karbonatreichen Hinterlandes besonders aus. Und zwar wird dieser Einfluss in den höheren Korngrössenbereichen am wirksamsten, die der Granitischen Molasse gar nicht zur Verfügung stehen.

In den Karten C und D der Tafel II wurde der Gesamtkarbonatanteil der Pleistozänproben noch in seine Bestandteile Dolomit und Calcit aufgegliedert. Besonders eindrücklich kommt auf Karte C die Differenz im Dolomitgehalt zwischen Ost- und Westschweiz zum Ausdruck:

- Die hohen Dolomitwerte im ostschweizerischen Pleistozän entsprechen genau den Verhältnissen in der unterlagernden Molasse. Die tortone Hörnlischüttung weist nach F. HOFMANN (u.a. in HOFMANN, 1965, S. 96) sehr hohe Dolomitgehalte auf.
- In den pleistozänen Dolomitgehalten zeichnet sich auch der dolomitarme subalpine Granitische Molassestreifen zwischen Vierwaldstättersee und Bodensee ab, was aus der Gesamtkarbonatkarte (Karte B) nicht hervorging.
- Die südlich anschliessende, alpennächste Zone mit viel Dolomit bildet das dolomitreiche, unterliegende subalpine Stampien ab.

Das westliche Mittelland hat keine dolomitreichen Molassekomplexe. Deshalb sind auch im Pleistozän keine ausgeprägten Dolomitanreicherungen festzustellen.

Die Konstellation der pleistozänen Calcitkonzentrationen auf Karte D der Tafel II lässt sich am besten begreifen, wenn man sie nicht isoliert betrachtet, sondern immer mit dem Gesamtkarbonat- und Dolomitgehalt (Karte B und C der Tafel II) in Beziehung setzt: Da die Westschweiz keine hohen Dolomitwerte aufweist, ist das Bild der Calcitkonzentrationen in diesem Abschnitt gleich dem der Gesamtkarbonatgehalte. In der Ostschweiz dagegen geben – bei gleicher Betrachtungsweise – die Minima der Calcitgehalte im Bereich der Hörnlischüttung die Areale grösster Dolomitvormacht wieder, ohne etwas über den Gesamtkarbonatgehalt auszusagen. Die rasche Abnahme des Dolomitgehaltes von E gegen W ist dann bei ungefähr gleichem Gesamtkarbonatgehalt natürlich gekoppelt mit einer entsprechenden Calcitzunahme gegen W, wie sie uns auf dem E-Abschnitt der Karte D entgegentritt. Gerade diese letzte Überlegung, aber auch die Fragestellung in bezug auf die Karbonatgehalte des Pleistozäns im allgemeinen, bringt uns der Problemstellung der Arbeit von V. JENNY und F. DE QUERVAIN (1960) derart nahe, dass sich eine kurze Diskussion ihrer Resultate lohnt. Im zweiten Teil der eben zitierten Arbeit (1960, S. 473) sind die Resultate der Untersuchungen zusammengefasst. Die Autoren erkennen im Gebiet der Rheingletscherablagerungen den Einfluss des tertiären Untergrundes, versuchen aber, die Unterschiede in der Karbonatzusammensetzung des Pleistozäns prinzipiell auf Basis der Gletschereinzugsgebiete zu erklären. Unsere Ansicht, die dem Molasseuntergrund die fast ausschliessliche Verantwortung für die Zusammensetzung des darüberliegenden sandigen Pleistozäns zuschreibt, vermag einige ungelöste Probleme der Arbeit von V. JENNY und F. DE QUERVAIN zu erhellen:

- Die «Kalkabnahme vom Suhrental bis zum Reusstal, das heisst von W nach E bei einer bescheidenen Zunahme an Dolomit» (op. cit. S. 473) wurde schon oben als zunehmender Einfluss der dolomitreichen tortonen Hörnlischüttung gegen E gedeutet.
- «Die Niederterrasse von Erlinsbach-Rupperswil, die wenigstens vorwiegend Rhonematerial führt, weicht vor allem durch den tiefen Kalkgehalt in der Grobfraktion total von den Ablagerungen der südlichen Seitentäler ab» (op. cit. S. 473). Die karbonatarmen pleistozänen Ablagerungen im Gebiet Erlinsbach-Rupperswil befinden sich über karbonatarmer Granitischer Molasse, während die der südlichen Seitentäler über stratigraphisch höheren und somit karbonatreicheren Molasseschichten liegen.
- «Im allgemeinen zeigen die südlichen Vorkommen ... (z.B. Gebiete Aadorf, Wil, Bazenheid, Gossau) sehr hohe Dolomitgehalte. Weiter im Norden (besonders gegen Westen) nimmt der Dolomitgehalt ab» (op. cit. S. 474). Diese Aussagen spiegeln genau die Petrographie des Molasseuntergrundes wider und zeigen, wie der Einfluss der Hörnlischüttung gegen N und NW dem der Glimmersandrinne weicht. Auch die folgende Beschreibung (op. cit. S. 474) der Verhältnisse bei den Niederterrassenschottern des Rheintals von Heimishofen abwärts erweckt den Eindruck, als würden die unterliegenden Molasseglimmersande und das «Aquitan» behandelt: «Tiefer Kalkgehalt im Feinsand (12%), was weiter unten auch für das Grobe gilt. Westlich von Eglisau ... finden wir überall Areale mit auffallend kleinem Kalkgehalt, daneben auch andere mit viel höheren Werten. ... Ganz aus der Reihe fallen zum Beispiel die Analysen der Niederterrasse bei Kaiserstuhl mit ihrem sehr hohen Kalkgehalt im Feinanteil. In dieser Region konnten die wenigen Analysen noch keine Abklärung bringen.» Ein Blick auf die geologische Karte zeigt, dass die fraglichen karbonatreichen Proben praktisch über dem Kimmeridgekalk des Juras abgelagert sind. Gerade was die Grenzzone Jura–Molasseland anbelangt, hat auch PORTMANN (1956b, S. 36, 42) im Gebiet der Jurarandseen die extreme Abhängigkeit des Moränenmaterials vom Untergrund festgestellt.

Auch die Karbonatgehalte erhärten also unsere Arbeitshypothese von der Wichtigkeit des unmittelbar unterliegenden Molasseuntergrundes bei der Bildung der Pleistozänablagerungen. Während in den Gesamtkarbonatwerten die Grenzen zu den liegenden Molasseeinheiten durch Einwirkungen aus dem Hinterland etwas verwischt sind, paust sich der Untergrund bei gesonderter Betrachtung der Dolomit- und Calcitanteile wieder scharf durch.

Resultate der Siebanalyse

Die Vorstellung, aus den Werten der Siebanalyse allein eindeutige Kriterien über das Ablagerungsmilieu eines Probenkollektivs zu erhalten, hat sich – wie die Literatur zeigt – in den meisten Fällen als zu optimistisch erwiesen. Zuviele Faktoren wirken am Zustandekommen einer bestimmten Korngrössenverteilung mit. Vor allem können gleiche hydrodynamische Bedingungen – und dies ist einer der wichtigsten Faktoren – in den verschiedensten Milieus vorkommen. Zudem wird diesen hydrodynamischen Gegebenheiten bei der Probeentnahme viel zu wenig Rechnung getragen. Rein prak-

tisch ist es meist unmöglich, in einem Aufschluss eine unter einheitlichen physikalischen Bedingungen geschüttete Sedimentprobe zu entnehmen. So repräsentieren auch unsere Pleistozänproben – am wenigsten vielleicht noch die aus unverschwemmten Moränen – eine Vielzahl von physikalischen Ablagerungseinheiten. Durch den Siebvorgang wild vermischt, liefern sie einen für genetische Probleme glazialer Sedimente wenig aussagekräftigen Mittelwert. Unsere Ansprüche an diese sedimentologische Methode sind in der vorliegenden Auswertung denn auch beträchtlich tiefer angesetzt: Die Siebanalyse soll hier im wesentlichen deskriptiv, zur näheren Charakterisierung der untersuchten Sedimente dienen. Damit wird uns die Möglichkeit gegeben, die korngrössenmässig fein klassierten Proben in Beziehung zu setzen mit ihren sedimentpetrographischen Eigenschaften, wie es oben mit den Karbonatwerten (Fig. 3) bereits geschehen ist.

Von den übrigen vielen Möglichkeiten (z. B. Hornblendegehalt in Beziehung zum Median, Feldspatgehalt in Beziehung zum Median usw.), die allerdings zum Thema dieser Arbeit wenig Neues bringen, wird allein die Abhängigkeit der Schwermineralgewichtsanteile von der mittleren Korngrösse (Fig. 4) besprochen. Einzig Figur 6, als Diagramm der Sortierungskoeffizienten in Beziehung zu den Medianwerten, zeigt

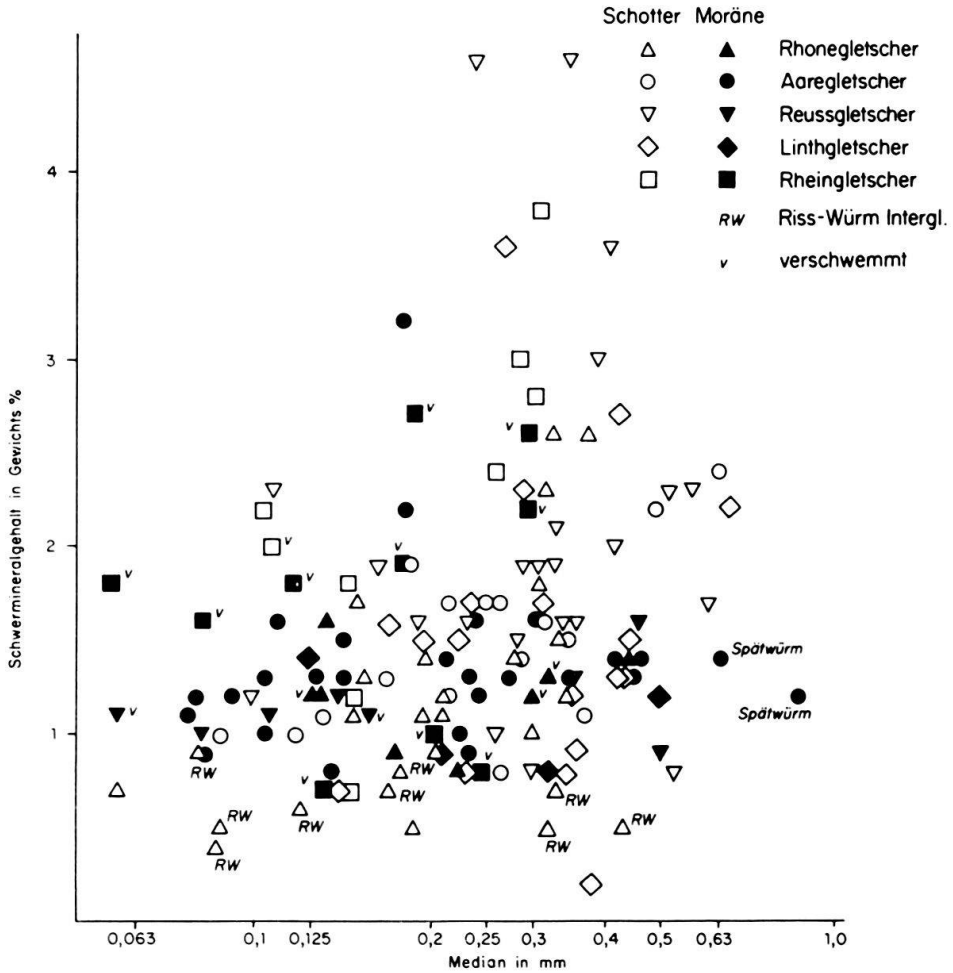


Fig. 4. Schwermineralgehalt und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland.

Parameter, die rein aus der Siebanalyse gewonnen wurden. Figur 5 mit dem Schlämmstoffgehalt in Beziehung zum Median nimmt – so betrachtet – eine Mittelstellung ein, da der Schlämmstoffgehalt nicht direkt durch die Siebanalyse, jedoch im selben Arbeitsgang ermittelt wird. Nicht weiter ausgeführt wird an dieser Stelle die doppelte Anfertigung von Siebanalysen – einmal mit der entkalkten, einmal mit der unentkalkten Lockerprobe[3]) – was eine sehr detaillierte Aussage über die relative Verteilung der Karbonatgehalte in den verschiedenen Fraktionen einer Probe ermöglicht.

Das Diagramm der Schwermineralgewichtsanteile in Abhängigkeit von den Medianwerten (Fig. 4) ergibt ein ziemlich wirres Bild: Die meisten aller Pleistozänproben – sowohl Moränen (schwarz ausgefüllte Zeichen) wie Sandanteil aus Schottern (nicht ausgefüllte Zeichen) – haben einen Gewichtsanteil an Schwermineralen zwischen 0,3–2%, unabhängig von ihrer mittleren Korngrösse. Im Feld oberhalb 2% Schwermineralgehalt sind dann mit zwei Ausnahmen nur noch Schottersande anzutreffen (die drei Moränenproben des Rheingletschers sind stark verschwemmt, worauf das v hinweist). Auch ist diese Schwermineralanreicherung mehr oder weniger an die Fraktion der Grobmittelsande (0,2–0,63 mm) gebunden. Eine der Voraussetzungen für hohe Schwermineralgehalte in glazialem und periglazialem Milieu ist demnach das fliessende Wasser, das durch selektiven Transport die Mineralgemische zu verändern vermag. Daneben wird aber auch die Art des Ausgangsmaterials eine grosse Rolle spielen. So könnten vielleicht die Hornblenden für die extremen Schwermineralgehalte der Schottersande bei Küssnacht am Rigi (= höchste Werte auf dem Diagramm) verantwortlich gemacht werden: Als relativ grosse Schwerminerale im Hinterland im Überfluss vorhanden, wurden sie auf ihrem Transport mit den ihnen hydrodynamisch zugehörigen und demnach etwas gröberen Leichtmineralen vermischt. Diese Vermischung war um so geringer, je weniger Leichtminerale von der Grobmittelsandfraktion zur Verfügung standen. Und das Angebot an Grobmittelsanden dürfte – wie wir später noch ausführen werden (vgl. S. 491) – in unmittelbarer Alpenrandnähe noch klein gewesen sein. Dieser Deutungsversuch bietet sich allerdings lange nicht für alle Proben mit hohem Schwermineralgehalt an.

Figur 5 zeigt die Schlämmstoffgehalte der Pleistozänproben, bezogen auf ihre Mediane. Es sind mehrheitlich die Moränensande, die einen Schlämmstoffanteil über 20% aufweisen. Wegen der fehlenden Durchwässerung konnte das feinste Material nicht ausgewaschen werden. Zwar entspricht nur eine kleine Anzahl der Moränenproben diesem Postulat; viele haben einen sehr geringen Schlämmstoffgehalt. Ob hier Auswaschung vorliegt oder ob der Schlämmstoff primär fehlt ist nicht zu entscheiden. Andererseits können Schotterzwischenlagen durchaus sehr hohe Feinstanteile haben, wie die Riss-Würm-Interglazialablagerungen des Rhonegletschers zeigen. Es handelt sich wohl um Tümpelbildungen innerhalb eines Schotterfeldes. Der leichte Trend zu höheren Schlämmstoffgehalten bei geringeren Medianen ist verständlich,

---

[3]) In der Tabelle 1 sind die Werte von nicht entkalktem Probenmaterial mit einem n gekennzeichnet. Die Unterschiede der für die Diagramme (Fig. 3–6) verwendeten Parameter (Median- und Quartilwerte) zwischen entkalkter und nichtentkalkter Probe sind in den allermeisten Fällen so gering, dass sie vernachlässigt werden können. Um den Umfang der Tabelle 1 nicht zu vergrössern, haben wir aus demselben Grund darauf verzichtet, die Werte der Siebanalysen doppelt zu geben, nämlich für die jeweilige nicht entkalkte und entkalkte Probe.

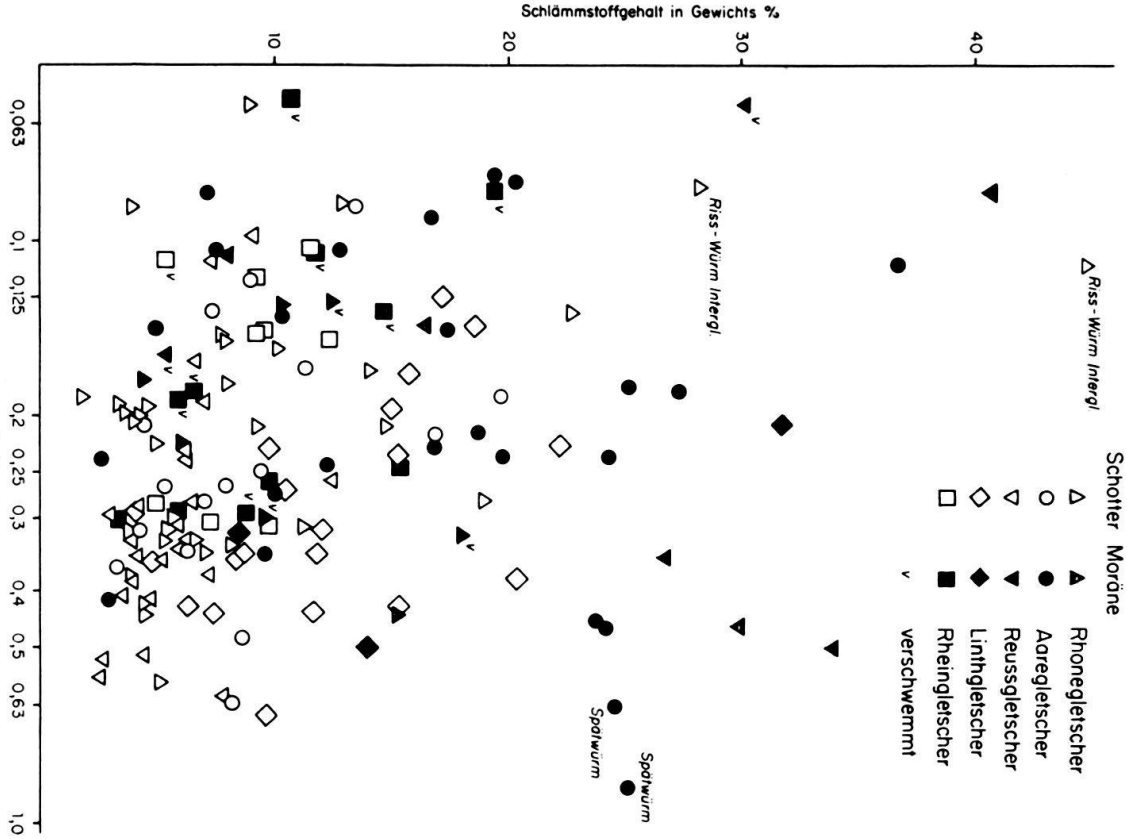


Fig. 5. Schlämmstoffgehalt und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland.

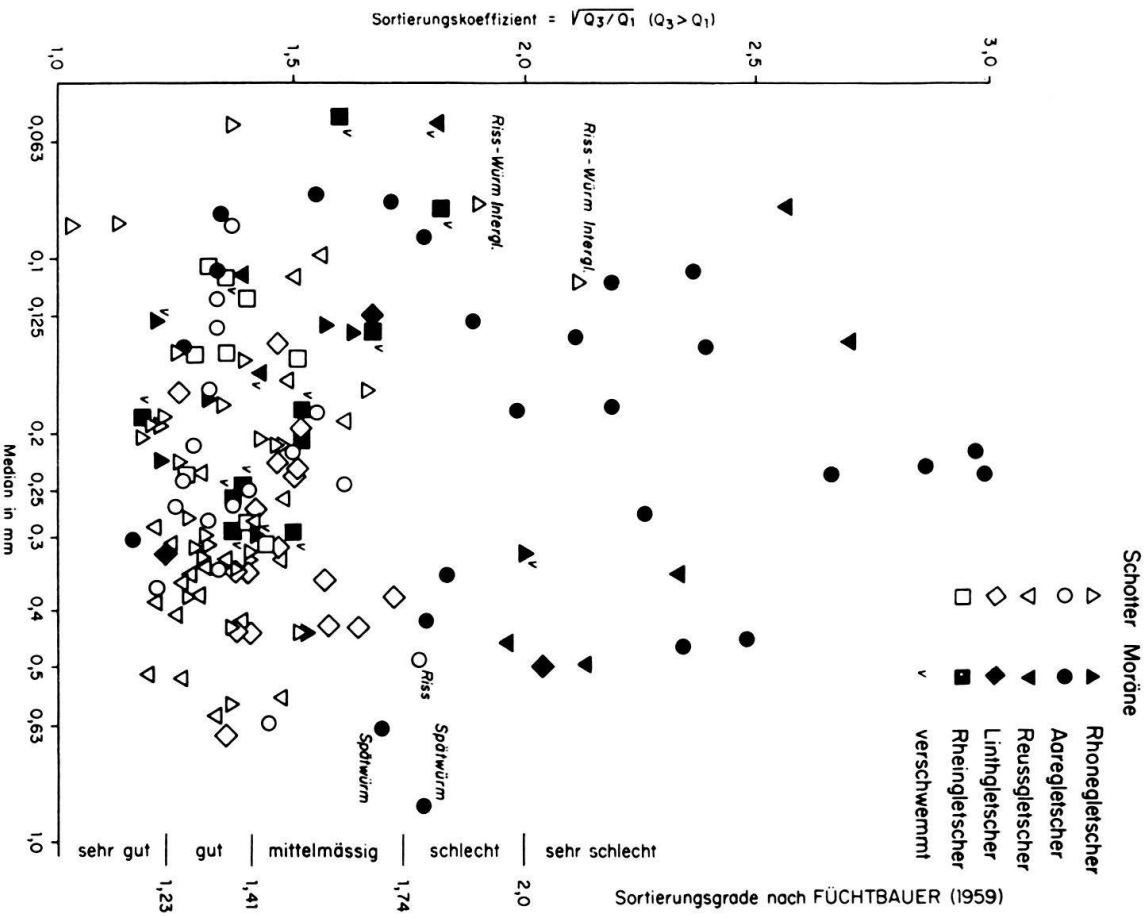


Fig. 6. Sortierungskoeffizient und mittlere Korngrösse (Median) der pleistozänen Sandablagerungen im schweizerischen Mittelland.

da der feinere Bereich (< 0,02 mm) einer schon feinen Probe per definitionem zum Schlämmstoff geschlagen wird.

In Figur 6 sind die Sortierungskoeffizienten in Beziehung zur mittleren Korngrösse aufgetragen. Wie erwartet fällt der Grossteil der Moränensande in die schlechten bis sehr schlechten Sortierungsgrade. Die schlecht sortierten Riss-Würm-Interglazialbildungen, die wieder aus dem Rahmen fallen, sind lakustre Sedimente. Die schlechte Sortierung kam dadurch zustande, dass bei der Probenahme mehrere ganz unterschiedliche physikalische Einheiten mitaufgesammelt wurden. Der Hauptschwarm der Punkte – überwiegend Schottersande – liegt im Sortierungsfeld «sehr gut» bis «mittelmässig» mit dem Schwerpunkt bei «gut». Die Korngrösse hat auf die Sortierung in diesem Fall keinen Einfluss. Es verwundert, dass fluvioglaziale Bildungen einen doch so guten Sortierungsgrad erreichen können und noch mehr, dass unverschwemmte Moränensande vereinzelt bis sehr gut sortiert sind. Da die Sortierungsgrade der Molassesande genau im Bereich «sehr gut» bis «mittelmässig» liegen, bietet sich der Schluss an, nicht die fluvioglazialen Kräfte hätten den Sanden zur guten Sortierung verholfen, sondern diese hätten bereits gut sortiert als Bestandteil der Molasse vorgelegen. Damit würde auch die Siebanalyse einen weitern Hinweis zu unserer These liefern, die Pleistozänbedeckung sei ein Abbild der unmittelbar unterliegenden Molasse. Leider sind Resultate der Siebanalysen von soviel unkontrollierbaren Faktoren beeinflusst, dass dieser Schluss sehr gut den wahren Gegebenheiten entsprechen kann, aber nicht muss: Wohl erhält FRIEDMANN (1962, S. 750) in seiner Arbeit über die Milieubedingtheit der Sortierung für fluvioglaziale Sande extrem schlechte Sortierungskoeffizienten. HAHN (1969, S. 243) findet für die fluviatilen Sande des rezenten Rheineinzugsgebietes zu 90% mässige bis schlechte Sortierung. Andererseits gibt GEES (1965, S. 213) für Sande aus den inneralpinen Oberläufen einiger Schweizer Flüsse durchwegs Werte an, die sich mit denen der Schottersande in unserem Diagramm decken. Einige Zehner von Kilometern Flusstransport müssten u.U. – aus den Daten von GEES zu schliessen – schon genügen, um einen Sand gut zu sortieren. Ob solche fluviatile Transportbedingungen bei der Bildung der vorliegenden pleistozänen Schotterfelder realisiert waren, ist heute noch eine umstrittene Frage (vgl. z.B. JAYET, 1966).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass uns die Siebanalyse nur bedingt weitere Argumente liefert für unsere These der strengen Abhängigkeit der Pleistozänsande vom Molasseuntergrund. Dagegen konnten einige unterschiedliche Eigenschaften innerhalb der Pleistozänproben aufgezeigt werden. Dabei ist die Information, dass grössere Schwermineralanreicherungen ausschliesslich auf Schottersande, d.h. auf «durchwässerte» Proben beschränkt sind, die interessanteste.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Schwer- und Leichtmineralanalysen sowie der Karbonatbestimmungen lassen kaum Zweifel an der Richtigkeit unserer These, die – nochmals kurz wiederholt – lautet:

Die Pleistozänsande, unabhängig von ihrem Alter und unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten geologischen Formation, spiegeln in ihrer Sedimentpetrographie den ihnen unmittelbar unterliegenden Molasseuntergrund wider.

Diese rein deskriptive Feststellung hat natürlich folgende wichtige genetische Konsequenz:

Das pleistozäne Sandmaterial im schweizerischen Mittelland ist hauptsächlich an Ort und Stelle vom Gletscher aufgearbeitete Molasse und hat nach seiner Aufarbeitung nur noch einen unwesentlichen Transport in der Grössenordnung von höchstens wenigen Kilometern erfahren. Nicht berücksichtigt ist in dieser Aussage jener Anteil, der als Flussfracht direkt in die Seen, bzw. über die Landesgrenzen hinaus gelangt ist.

Unsere Aussage beschränkt sich wohlverstanden auf die Sandfraktion. Wie die hier anschliessende Arbeit von T. PETERS zeigt, lassen sich die Verhältnisse ohne weiteres auf die pleistozäne Tonfraktion übertragen. Was die Geröllfraktion anbelangt, meldet J. P. PORTMANN (1956b:33) für Moränengerölle der Grössenklasse 2–10 cm im Bereich des Neuenburger Juras ebenfalls sehr hohe Werte (ca. 70%) an autochtonem, jurassischem Material. Im Molassebecken dagegen besteht die Schotterfraktion praktisch aus rein alpinen Gesteinen. Dies führt zu der zunächst etwas paradox anmutenden Feststellung, dass Ton- und Sandanteil der Pleistozänablagerungen überwiegend aus dem lokalen Untergrund aufgearbeitet, während die Schotter aus den Alpen, bzw. aus den alpennahen Nagelfluhschuttfächern der Molasse herangetragen wurden. Verständlicher wird dieses Phänomen mit der Überlegung von der Verfügbarkeit des Materials: Natürlich werden aus den Alpen nicht nur Psephite heraustransportiert, die durch anschliessenden Flusstransport zu Geröllen geformt werden, sondern auch Sand und Ton. Nur stehen dem Gletscher und dem zugehörigen fliessenden Wasser, dem im Gletschernährgebiet keine sehr grosse Rolle zukommt, unverhältnismässig mehr Gesteinsbruchstücke in der Psephitfraktion zur Verfügung als Sand und Ton. Denn die in den Alpen stark verbreiteten Hartgesteine werden viel eher in der Psephit- als in der Sandfraktion anfallen. Man denke dabei auch an die im Pleistozän des Mittellandes weit verbreiteten erratischen Blöcke. Sandige Gesteinskomplexe, die leicht verwittern, sind demgegenüber in den Alpen eine grosse Seltenheit. Hinzu kommt, dass die leicht erodierbaren Mergel des Helvetikums und die Tonschiefer des Penninikums wesentlich mehr Pelit- als Sandfraktion liefern. (Absolut gesehen wird natürlich von einem Gletscher mit grossem Einzugsgebiet mehr alpiner Sand ins Mittelland befördert als von einem mit kleinem alpinem Einzugsgebiet.)

Genau umgekehrt liegen die Verhältnisse in der Molasse. Gerölle aus den Mergeln der Molasse gibt es kaum, aus den Sandsteinen nur in sehr untergeordneter Menge, da diese sehr wenig widerstandsfähig sind und sofort zu Sand desintegrieren. Allein die Nagelfluhablagerungen können im Molassebecken Gerölle liefern. Nur lassen sich diese zweitzykligen Gerölle, die ja ursprünglich auch aus den Alpen stammen, nur in speziellen Fällen von den erstzykligen, pleistozänen unterscheiden. So werden also im Molassebecken wenig Gerölle, mehr Ton und sehr viel Sand anfallen. Herrschen an einer gegebenen Stelle im Pleistozän des Mittellandes physikalische Bedingungen, die – wie sie im einzelnen auch geartet sein mögen – gerade zur Schüttung von Schottern führen, werden sich nur Schotter ablagern können, die zur Verfügung stehen, nämlich alpine. Sind dagegen die physikalischen Bedingungen zur Sandsedimentation gegeben, wird es Molassesand sein, der sich ablagert. Der wohl vorhandene

Fortsetzung des Textes auf S. 508

Tab. 1. Zusammenstellung der Resultate aller an den

Abkürzungen

In Rubrik «Formation und Alter»:

M	Moräne	sW	Spätwürm
vM	verschwemmte Moräne	W	Würm
Sch	Schotter	fW	Frühwürm
RSch	Rückzugsschotter	R–W	Riss-Würm
VSch	Vorstoßschotter	sR	Spätriss
S	Sande	R	Riss

Weitere Abkürzungen sind in einzelnen Abschnittstiteln angegeben.

			Siebanalyse						Schwerminerale ohne Granat in								
															TiO_2-Gruppe		
Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	Rutil	Brookit	Anatas
Rhonegletscher inkl. Saanegletscher, über																	
188	553600/156150	Sch W	n	0,21	0,150	0,33	1,48	14,8	24	28	34	4	2	6	4	0	2
189	548700/149350	M W							13	5	39	11	0	0	1	0	0
190	548700/149350	M W							13	6	38	7	3	13	3	0	0
191	543700/154500	vM W	n	0,32	0,150	0,61	2,00	18,1	37	59	15	6	2	5	1	0	0
300	550820/148060	vM W							13	4	67	4	0	1	1	0	0
301	554125/147980	M W							11	5	64	4	0	3	1	0	0
302	555500/147600	Sch W							23	39	17	3	0	7	2	0	0
303	555100/146900	Sch W							14	41	16	4	0	3	2	0	0
306	555250/136560	M W							2	46	16	2	0	2	0	0	2
307	555250/136560	M W							3	53	17	1	0	3	0	0	0
308	556600/148670	Sch W							21	39	13	6	0	0	1	0	5
309	557270/150150	Sch W							16	19	16	1	0	15	1	0	0
310	557250/153700	Sch W							26	12	42	2	0	14	1	0	1
311	556400/155250	Sch W							15	34	31	3	0	4	3	0	1
312	571250/167580	vM W							42	33	18	7	4	6	3	2	2
313	571800/168650	vM W							55	25	27	8	3	8	5		
über stampischer Molasse am Jurafuss und im westschweizerischen Mittelland abgelagert (z. T. vom																	
On 1	542860/187180	M W							63	52	0	3	0	6	3	0	0
On 2	542860/187180	M W							47	53	3	4	0	3	1	0	0
On 3	542860/187180	M W							35	53	6	0	0	2	2	0	0
153	613700/227350	vM W	n	0,30	0,198	0,40	1,42	9,65	34	66	6	1	0	6	2	0	0
154	613700/227350	M W	n	0,13	0,90	0,221	1,57	10,45	25	60	19	1	0	10	1	0	0
155	614760/229960	M W	n	0,224	0,208	0,31	1,22	6,15	41	72	2	2	0	4	0	0	0
156	615200/230000	M W	n	0,175	0,125	0,217	1,32	4,55	31	75	5	1	0	5	0	0	0
157	616350/232700	M W	n	0,133	0,071	0,188	1,63	22,85	35	69	9	1	1	8	0	0	1
192	532850/156200	vM W							15	51	17	2	0	1	1	0	0
193	534900/163630	Sch W	n	0,21	0,153	0,33	1,47	9,3	14	58	18	1	0	2	1		

Pleistozänproben ausgeführten Untersuchungen.

In Rubrik «Siebanalyse» steht in der ersten Vertikalkolonne *n*, wenn Siebanalysenwerte auf *nicht entkarbonatisierte* Proben zurückgehen.

In Rubrik «Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %» bedeutet T: Analyse der Tonfraktion ist in der nachstehenden Arbeit PETERS, T. (1969): *Tonmineralogie einiger Glazialablagerungen im schweizerischen Mittelland* enthalten.

In Rubrik «Übrige Schwerminerale»:

AH	Alkalihornblende	A	Andalusit
D	Disthen	P	Pyroxen
S	Sillimanit	Sp	Sphalerit
Z	Zoisit		

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	*Baryt*	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
subalpiner stampischer Molasse abgelagert.																	
0	1	0	2	0	12	5 P	100	1,1	34	30	19	17	0	50,4	1,7	52,1	29,6
3	0	3	0	0	33	5 P	100	1,3	21	30	31	18	2	42,5	3,8	46,3	11,2
0	0	10	0	0	11	9 P	100	1,3	41	30	13	16	1	47,7	4,9	52,6	9,8
0	0	0	0	0	10	2 AH	100	1,3	21	40	32	7	5	36,1	4,6	40,7	7,8
0	0	0	0	0	19	4 P	100	1,7	33	24	34	9	3	49,1	2,3	51,4	21,3
0	0	2	0	0	18	3 P	100	1,7	20	26	35	19	5	45,0	0,6	45,6	75,0
0	0	0	0	0	24	3 AH, 5 P	100	1,6	39	30	20	11	2	48,0	1,7	49,7	28,2
3	0	0	0	3	23	4 AH, 3 P, 1 D	100	1,6	21	38	24	17	2	48,7	2,9	51,6	16,7
3	0	0	0	8	13	8 AH, 2 P	100	0,7	33	33	18	16	4	90,8	1,2	92,0	75,6
1	0	0	0	3	16	2 AH	100	5,9	28	31	32	9	25	83,7	1,7	85,4	49,2
0	0	0	0	1	30	1 AH, 5 P, 3 D	100	1,3	21	45	25	9	2				
4	0	0	0	2	28	1 AH, 12 P	100	1,2	34	36	23	7	1	50,1	2,4	52,5	20,8
3	1	0	0	0	25		100	0,4	33	32	22	13	1	48,1	0,2	48,3	240,5
0	2	0	1	0	16	1 AH, 2 P	101	1,0	27	32	23	18	1	52,1	1,7	53,8	30,6
1	2	0	0	2	19	3 AH, 2 P	100	0,9	28	35	18	19	0	39,1	4,2	43,3	9,3
		0	0	0	13	4 P	100	1,1	24	40	22	14	0	39,6	2,2	41,8	18,0
Aaregletscher herstammend).																	
0	6	1	0	0	24	3 AH, 2 P	100	1,0	37	35	22	6	3	33,8	3,0	36,8	11,1
1	2	0	0	5	26	1 D, 1 P	100	0,7	31	38	25	6	2	26,8	5,9	32,7	4,5
1	1	7	0	0	23	2 AH, 3 D	100	1,1	23	37	35	5	0	27,9	6,6	34,5	4,2
6	0	0	0	0	6	7 D	100	1,2	19	35	38	8	2	22,5	2,2	24,7	10,2
0	0	1	0	0	8		108	1,2	26	28	41	5	1	12,4	1,5	13,9	8,3
2	0	0	0	0	10	7 D, 1 AH	100	0,8	21	28	42	9	0	14,4	1,7	16,1	8,5
0	1	1	0	0	11	1 AH	100	0,9	25	29	33	13	1	16,2	3,1	19,3	5,2
3	0	0	0	1	6	2 D	100	1,6	30	26	35	9	1	17,6	5,0	22,6	3,5
0	3	0	0	7	14	3 AH	100	1,2	32	34	23	11	1	20,8	2,5	21,3	8,3
1	1	0	0	3	14	1 AH	100	1,2	16	49	30	5	0	16,8	3,0	19,8	5,6

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	TiO_2-Gruppe: Rutil	Brookit	Anatas
																	über «aquitaner»
150	613440/224200	Sch fW	n	0,15	0,114	0,221	1,39	8	31	69	13	3	1	4	2	0	0
151	612650/224950	Sch fW	n	0,28	0,25	0,41	1,28	19	47	86	3	1	0	0	3	0	0
152	612650/224950	Sch fW	n	0,195	0,165	0,24	1,20	3,47	17	83	6	1	0	0	0	0	0
181	583560/189880	SchR-W	n	0,155	0,125	0,195	1,25	10,2	36	58	17	5	1	4	1	0	0
182	566100/183250	M W							24	75	8	2	1	1	0	0	0
183	566000/183450	Sch W							20	70	13	3	0	3	0	0	0
187	553200/160550	M W							42	43	26	4	0	2	0	0	0
194	544800/167760	Sch W	n	0,31	0,24	0,42	1,32	11,3	24	49	13	2	0	2	1	0	1
225	581500/196640	Sch W	n	0,328	0,246	0,425	1,31	6,7	48	61	13	1	0	6	1	0	0
227	544350/176760	Sch W							18	71	10	2	0	2	1	0	0
228	556550/184150	Sch W	n	0,188	0,155	0,236	1,23	1,9	19	80	8	0	0	3	0	0	0
229	570050/187380	SchR-W							13	78	9	6	0	3	0	0	0
230	572700/194010	vM W	n	0,128	0,105	0,155	1,21	12,5	9	81	5	2	0	1	2	0	0
231	576250/197930	Sch W							10	71	10	2	2	6	1	0	0
232	582780/205350	Sch W	n	0,317	0,245	0,410	1,29	3,9	17	86	4	0	0	0	1	0	0
233	578200/205050	Sch W							20	65	14	1	0	1	1	0	0
234	574200/205700	Sch W	n	0,334	0,245	0,418	1,30	8,2	69	69	6	1	0	2	0	0	0
235	580700/209100	Sch W	n	0,380	0,295	0,485	1,28	4	47	76	6	3	0	6	0	0	2
236	585050/212900	Sch W							20	70	6	1	0	0	0	0	0
237	583450/217000	Sch W	n	0,344	0,260	0,493	1,38	7,1	20	61	6	3	0	2	0	0	0
241	606200/227010	Sch W	n	0,178	0,128	0,234	1,35	8	20	63	10	3	0	7	1	0	0
245	592400/202400	Sch W	n	0,300	0,214	0,370	1,31	5,8	32	78	6	0	0	1	0	0	0
249	599500/206650	vM W							14	72	9	4	0	1	0	0	0
Ins. 1	599000/199650	vM W							8	75	12	1	0	5	1	0	0
Ins. 2	599000/199650	vM W							27	89	1	0	0	1	1	0	0
N 1	599450/202400	M R		0,126	0,694	0,190	1,54		9	83	6	2	0	1	0	0	
	(Mittelwerte von 22 Proben)																
																	über «burdigaler» und
Fr 2	573760/177740	M W							11	67	16	6	1	2	2	0	0
Fr 24	575220/179480	M W							22	64	12	1	0	1	2	0	0
Fr 27	574940/179480	M W						T	19	81	10	3	0	2	0	0	0
Fr 1	574200/177710	SchR-W		0,43	0,31	0,58	1,37	4,45T	26	55	14	14	0	0	3	0	0
Fr 14	574560/178750	SchR-W		0,33	0,23	0,46	1,41	5,44T	14	70	19	7	0	4	0	0	0
Fr 15	574560/178750	SchR-W		0,32	0,225	0,45	1,41	5,54T	33	47	17	9	2	18	2	0	1
Fr 17	575360/170660	SchR-W		0,225	0,188	0,30	1,26	5,04T	44	18	17	7	1	2	1	0	0
Fr 18	575360/170660	SchR-W		0,44	0,295	0,68	1,52	4,7	20	21	3	2	0	6	1	0	0
Fr 19	575360/170660	SchR-W		0,195	0,147	0,22	1,22	4,62T	21	25	18	4	0	3	0	0	0
Fr 20	575360/170660	SchR-W						T	40	26	24	6	2	7	3	1	2
Fr 22	575360/170660	SchR-W							54	9	34	6	3	10	5	0	0

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
Molasse abgelagert.																	
1	1	0	0	0	6		100	1,7	16	30	41	13	2	16,7	1,8	18,5	9,3
0	0	0	0	0	7		100	1,4	25	30	29	16	1	18,3	1,4	19,7	13,1
0	1	0	0	0	9		83	1,1	22	24	40	14	0	19,9	2,0	21,9	10,0
1	3	0	0	0	7	1 AH, 2 P	100	1,3	38	14	33	15	0	21,7	1,7	23,4	12,8
2	1	0	0	1	9		100	1,3	30	22	40	8	2	14,7	2,5	17,2	5,9
1	1	0	0	0	7	2 D	100	1,1	16	34	41	9	0	13,6	1,7	15,3	8,0
1	1	1	0	0	20	1 AH, 1 P	100	2,0	28	33	19	20	8	39,6	2,8	42,4	14,1
0	0	0	0	1	28	2 P, 1 AH	100	1,8	26	31	33	10	4	36,5	2,0	38,5	18,3
1	0	0	0	0	17		100	2,6	26	32	25	17	0	23,5	3,0	26,5	7,8
3	1	0	0	0	10		100	1,4	38	22	30	10	1	14,3	2,9	17,2	4,9
3	0	0	0	0	4	2 D	100	0,5	32	23	34	11	1	12,1	2,8	14,9	4,3
1	0	0	0	0	3		100	1,3	16	31	40	13	1	14,3	4,5	18,8	3,2
0	0	0	0	0	4	3 AH, 2 D	100	1,2	29	21	43	7	1	11,9	3,3	15,2	3,6
1	0	0	0	1	5	1 AH	100	1,0	32	28	32	8	2	16,3	2,9	19,2	5,6
1	1	1	0	0	6		100	2,3	32	27	27	14	0	30,1	3,1	33,2	9,7
2	0	0	0	0	14	2 AH	100	1,6	22	31	42	5	2	20,5	3,7	24,2	5,5
1	1	1	0	5	10	2 AH, 1 P, 1 D	100	1,5	32	22	30	16	0	30,1	2,8	32,9	17,5
1	0	0	0	0	5	1 AH	100	2,6	21	38	25	16	1	23,5	3,0	26,5	7,8
5	0	0	0	0	16	2 AH	100	2,2	31	19	27	23	0	21,2	4,1	25,3	5,2
4	1	0	0	0	21	1 AH, 1 P	100	1,2	21	45	26	8	0	27,7	2,9	30,6	9,6
0	1	0	0	1	9	5 P	100	0,8	26	32	34	8	0	12,0	2,2	14,2	5,5
0	1	0	0	0	13	1 P	101	1,0	30	31	26	13	0	32,6	4,0	36,6	8,2
2	0	0	0	0	12		100	1,2	22	37	35	6	0	20,2	1,5	21,7	13,5
1	0	0	0	0	5		100	0,3	18	43	30	9	0	23,1	2,7	25,8	8,6
1	0	0	0	0	7		100	0,8	19	44	30	7	0	28,3	4,0	32,3	7,1
1	0	0	0	0	2			1	53		42	4	1	17,0	3,7	20,7	4,6
jüngerer Molasse abgelagert.																	
4	0	0	0	1	1		113	0,7	60		28	12	0	38,4	3,2	41,6	12,0
0	0	0	0	0	19	1 D	112		18	41	31	10	0				
2	0	0	0	0	2		124		14	44	28	14	0	30,0	4,5	34,5	6,6
0	0	11	0	0	3		35	0,5	72		13	15	0	57,9	1,7	59,6	34,0
0	0	0	0	0	0		63	0,7	35	26	18	21	0	55,4	1,7	57,1	32,5
3	1	0	0	0	0		102	0,5	42	19	12	27	0	55,9	2,4	58,3	23,2
0	0	35	0	0	19		108		42	23	25	10	0	48,2	5,2	53,4	9,2
1	0	50	0	2	14		91		40	30	17	13	1	55,0	4,9	59,9	11,2
0	0	25	0	1	22	2 AH	88		34	22	25	19	0	42,8	4,7	47,5	9,1
0	3	17	0	1	7	1 AH	138		41	25	19	15	0	40,6	5,1	45,7	7,9
1	2	3	0	0	27		107							57,7	4,4	62,1	13,1

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	Rutil	TiO_2-Gruppe: Brookit	Anatas
Fr 23	575360/170660	SchR-W		0,205	0,142	0,29	1,43	4,27T	14	6	4	7	2	3	4	0	1
Fr 25	575220/179420	SchR-W		0,58	0,45	0,85	1,37	5,2	18	18	22	25	6	14	7	1	1
Fr 26	575220/179420	SchR-W							22	66	14	4	0	7	3	0	0
Fr 28	574600/173150	Sch S R-W							25	17	35	14	10	14	2	1	1
Fr 31	574600/173100	S R-W		0,110	0,048	0,215	2,12	44,88	29	66	19	2	1	5	0	1	0
Fr 32	574600/173100	S R-W							16	64	21	2	1	4	1	0	0
Fr 33	574600/173060	S R-W		0,081	0,042	0,152	1,90	28,34	13	74	11	6	3	3	1	1	0
Fr 34	574600/173060	S R-W		0,169	0,096	0,265	1,66	14,14	21	75	11	0	2	6	1	1	0
Fr 3	573800/178480	S R-W		0,205	0,170	0,235	1,18	4,21T	11	88	7	0	0	0	0	0	0
Fr 4	573800/178480	S R-W		0,088	0,087	0,092	1,03	4,04T	4	83	13	1	0	0	1	0	0
Fr 5	573800/178480	S R-W						T	2	86	3	3	2	1	0	0	0
Fr 6	573800/178480	S R-W						T	5	78	12	1	0	2	0	0	0
Fr 8	573850/178520	S Sch R-W						T	13	87	5	2	0	2	0	0	0
Fr 9	573850/178520	S Sch R-W							18	68	16	3	0	0	0	0	0
Fr 10	573850/178520	S Sch R-W						T	7	76	9	3	0	3	2	0	0
Fr 11	573850/178520	S Sch R-W		0,087	0,083	0,105	1,13	12,95T	8	90	6	2	0	0	2	0	0
Fr 12	573850/178520	S Sch R-W		0,198	0,152	0,22	1,20	3,73T	10	92	2	1	1	2	1	0	0
Fr 13	573850/178520	S Sch R-W						T	16	79	8	1	0	1	1	0	0
184	566300/176200	Sch W	n	0,148	0,101	0,195	1,38	7,97	17	60	14	0	2	8	0	0	1
185	566320/170600	Sch W							23	57	18	3	1	2	4	0	0
186	559570/170740	M W	n	0,440	0,280	0,660	1,53	15,3	47	63	8	3	0	2	2	0	0
226	550700/168100	Sch W	n	0,059	0,042	0,079	1,37	9,0	22	56	15	4	0	6	1	0	0
314	572650/172500	R Sch W							34	56	22	3	0	6	1	0	0
																	im Alpeninneren
304	561620/139240	LM W							8	27	29	3	0	2	1	0	0
305	558550/134160	LM W							13	61	5	0	0	0	0	0	0
																	Aaregletscher, über subalpiner stampischer
13	612875/174900	M W		0,105	0,055	0,305	2,36	12,69T	15	44	29	0	0	1	1	0	0
14	612875/174900	M W		0,228	0,082	0,67	2,86	16,84T	9	30	40	2	0	3	0	0	0
315	600040/180340	M R							47	67	10	3	0	2	0	0	0
316	602450/181740	M W							16	57	13	8	1	13	2	0	1
317	604740/181010	M W							24	17	45	13	0	6	0	1	0
318	603860/179100	M W							1	4	13	31	0	28	17	0	0
319	616950/178240	Sch W							9	27	6	0	0	3	0	1	0
320	616270/181660	Sch W							79	46	5	3	1	1	0	0	0
321	618780/182880	Sch W							25	43	7	4	0	2	0	0	0
322	621500/183380	M W							37	27	20	6	1	7	4	0	1

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
0	0	71	0	0	2		119		12	30	31	27	0	59,4	5,2	64,6	11,4
1	3	0	0	0	2		125							48,0	3,4	51,4	14,1
1	0	0	0	0	3	1 D, 1 S	116							51,9	2,1	54,0	24,7
0	0	6	0	0	0		114	0,2						67,0	2,4	69,4	27,9
1	0	0	0	0	5		72	0,6						25,7	4,8	30,5	5,3
4	0	0	0	0	3		183	0,5						28,6	2,2	30,8	13,0
1	0	0	0	0	0		195	0,9						11,5	2,0	13,5	5,7
1	2	0	0	0	1		208	0,7						11,2	1,6	12,8	7,0
2	0	0	0	0	3		111	0,9	58		30	12	0	13,8	1,7	25,5	8,1
0	0	0	0	0	1	1 AH	204	0,5	58		35	7	0	17,2	4,9	22,1	3,5
0	0	0	0	1	4		116	1,0	63		31	6	0	33,6	4,5	38,1	7,4
1	0	0	0	0	5	1 AH	176	1,0	60		33	7	0	28,5	6,5	35,0	4,3
0	0	2	0	0	2		104	1,4	33	29	23	15	0	32,1	6,3	38,4	5,9
2	0	5	0	0	5	1 AH	110	0,8	67		26	7	0	28,5	5,4	33,9	5,2
1	0	0	0	0	6		106	0,8	48	15	30	7	0	32,3	5,9	38,2	5,4
0	0	0	0	0	0		123	0,4	36	20	33	11	0	21,2	4,4	25,6	4,8
0	0	0	0	0	0	1 AH	96	1,4	25	30	32	13	0	12,8	4,1	16,9	3,1
2	1	0	0	0	6	1 D	116	1,1	37	16	36	11	0	30,2	6,8	37,0	4,4
0	0	0	0	3	10	1 AH, 2 P	100	1,1	24	29	37	10	0	17,8	2,8	20,6	6,3
3	1	0	0	1	9		102	1,2	30	30	31	9	4	21,6	2,4	24,0	9,0
2	0	0	0	0	17	3 P	96	1,4	33	24	27	16	0	44,7	2,1	46,8	21,3
2	0	0	0	2	14		100	0,7	27	29	33	11	0	23,2	5,6	28,8	4,1
4	2	1	0	0	4	1 P	103	1,1	37	23	31	9	3	25,6	3,0	28,6	8,5
abgelagert (LM = Lokalmoräne)																	
0	0	1	0	3	23	1 AH, 9 P, 1 D	101	1,3	33	33	20	14	1	60,2	1,4	61,6	43,0
1	0	0	0	2	24	3 AH, 4 P	100	9,0	26	24	34	16	25	13,7	1,2	14,9	11,4
(und fraglicher aquitaner) Molasse abgelagert																	
1	0	0	0	0	24		100	1,3	16	48	29	7	2	43,4	1,7	45,1	25,5
1	0	0	0	0	24		100	1,0						46,1	1,5	47,6	30,7
0	1	5	0	0	10	2 P	100	0,7	14	42	28	16	0	56,5	0,7	57,2	80,7
2	0	0	1	0	1	1 P	100	1,0	20	40	28	12	0	40,5	3,8	44,3	10,6
2	0	1	1	1	10	3 P	100	1,1	30	54	7	9	0	51,7	1,9	53,6	27,2
0	0	2	1	0	3	1 D	100	0,8	48	40	2	10	0	46,2	0,6	46,8	77,0
0	0	0	0	0	54	9 P	100	2,3	22	30	41	7	25	11,0	1,8	12,8	6,1
0	2	0	0	0	21	21 P	100	2,4	18	34	34	14	5				
1	2	3	0	0	24	14 P	100	1,2	14	41	33	12	0				
2	0	0	1	0	14	17 P	100	0,6	30	28	28	14	1				

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	Rutil	Brookit	Anatas
															TiO_2-Gruppe		
								über stampischer Molasse am Jurafuss									
29	600800/229050	Plateauschotter, nach F. ANTENEN (1936, S. 75), Mindel-Riss, nach R. HANTKE (1959, S. 26 u. 37) Frühriss						T	22	77	11	2	0	1	0	0	0
30	600800/229050			0,168	0,117	0,22	1,37	11,48	17	73	11	3	0	1	1	0	0
31	600800/229050			0,088	0,065	0,123	1,37	13,54	20	72	13	4	1	2	0	0	0
32	600800/229050			0,265	0,202	0,38	1,37	8,00	15	86	1	2	0	0	0	0	0
33	600800/229050			0,118	0,085	0,152	1,34	9,00	21	81	9	2	0	1	1	0	1
34	600800/229050			0,25	0,185	0,36	1,40	9,51	21	87	5	0	0	3	0	0	0
35	600800/229050							T	39	78	6	2	1	5	0	0	0
36	600800/229050			0,185	0,113	0,27	1,55	19,74	49	74	7	3	1	2	2	0	0
37	600800/229050			0,217	0,152	0,34	1,50	16,92	24	77	8	3	0	3	0	0	0
38	600800/229050			0,49	0,275	0,86	1,77	8,7	23	91	3	0	0	0	0	0	0
158	611000/230800	E Sch R-W	n	0,37	0,30	0,44	1,21	3,47	25	53	13	6	0	3	0	0	1
159	611000/230800	E Sch R-W	n	0,133	0,099	0,178	1,34	7,4	26	69	17	1	0	4	0	0	1
								über «aquitaner» Molasse abgelagert									
180	591700/197350	F Sch R							48	60	19	1	0	3	0	0	0
238	591150/222400	Sch R	n	0,268	0,211	0,328	1,25	5,4	13	91	1	1	0	0	1	0	0
239	598900/222600	Sch R	n	0,284	0,208	0,365	1,32	7,1	13	72	5	0	0	1	0	0	0
240	604400/223700	Sch R							18	82	1	2	1	2	0	0	0
242	606620/215300	Sch R							13	75	6	1	0	8	1	0	0
243	603000/211500	Sch R	n	0,345	0,251	0,448	1,33	6,4	28	80	6	0	2	4	1	0	0
246	593950/206100	M W	n	0,182	0,083	0,328	1,98	27,4	13	77	13	0	0	2	0	0	0
247	593450/209200	Sch R							61	91	2	0	0	0	0	0	0
248	592930/214300	Sch R	n	0,630	0,470	0,985	1,45	8,3	18	72	6	2	0	1	1	0	0
250	597350/203500	Sch R	n	0,317	0,232	0,448	1,39	4,3	46	68	9	1	0	1	2	0	0
								über «burdigaler» und jüngerer Molasse abgelagert									
1	604200/186900	M W		0,245	0,153	0,395	1,61	12,29	33	73	8	7	0	4	1	0	0
2	604200/186900	M W		0,180	0,080	0,385	2,19	25,31	41	75	6	0	0	2	0	0	0
3	604900/185600	M W		0,45	0,158	0,97	2,48	23,92	12	67	17	1	0	7	2	0	0
4	604900/185600	M W		0,084	0,054	0,098	1,35	7,18	15	74	15	4	0	3	0	0	0
5	602550/194750	M W		0,080	0,041	0,120	1,71	20,30	54	50	22	0	0	18	2	0	0
6	602550/194750	M W		0,216	0,083	0,73	2,97	18,71	36	43	23	4	0	12	2	0	0
7	602550/194750	M W		0,128	0,077	0,275	1,89	9,97	24	45	24	3	0	8	3	0	1
8	609500/185125	M sW		0,64	0,36	1,03	1,69	24,77	34	22	32	2	0	6	3	0	0
9	609500/185125	M sW		0,875	0,44	1,40	1,78	25,22	26	38	22	3	0	7	0	0	0
15	602275/190650	M W		0,235	0,088	0,62	2,66	24,4	21	43	17	10	0	11	3	0	0
16	602100/190400	M W		0,143	0,065	0,37	2,39	17,4	39	54	14	2	0	6	1	0	0
17	603000/188250	M W		0,465	0,150	0,82	2,34	24,2 T	51	73	16	4	0	4	1	0	0
18	602875/186475	M W		0,235	0,076	0,68	2,99	19,8 T	39	49	9	2	0	19	7	0	0

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
abgelagert (E Sch = Emmeschotter)																	
2	2	0	0	0	5		101	1,6	3	54	29	14	0	28,0	5,7	33,7	4,9
0	1	0	0	2	6	1 AH, 1 D	100	1,3						25,8	2,9	28,7	8,8
3	0	0	0	0	5		100	1,0						22,7	4,5	27,2	5,0
0	1	0	0	1	8	1 D	100	1,7						30,2	1,6	31,8	18,8
1	0	0	0	0	4		106	1,0	19	41	37	3	0	22,5	3,7	26,2	6,0
0	0	1	0	0	4		101	1,7						29,1	2,2	31,3	13,2
1	1	0	0	1	4	1 AH	111	1,3						31,2	2,7	33,9	11,5
0	1	0	0	1	4	5 AH	99	1,9						24,6	2,6	27,2	9,4
2	1	0	0	2	3	1 AH	100	1,7						22,5	2,4	24,9	9,3
0	0	0	0	0	3	3 AH	35	2,2	11	37	44	8	0	23,9	2,8	26,7	8,5
1	0	0	0	0	18	4 AH, 1 P	100	1,1	17	33	35	15	0	20,2	2,2	22,4	9,2
2	1	0	0	0	4	1 AH	100	1,1	31	25	32	12	2	15,6	2,9	18,5	5,4
(F Sch = Forstschotter)																	
0	1	0	0	0	14	1 AH, 1 P	94	1,1	20	35	33	12	1	28,7	1,8	30,5	15,9
0	1	0	0	1	2	2 D	100	0,8	25	18	43	14	5	6,2	1,4	7,6	4,4
0	1	0	0	0	21		100	1,4	33	26	36	5	0	27,5	1,7	29,2	16,2
4	0	0	0	0	11	1 AH	100	1,5	16	23	49	12	1		1,1		
1	0	0	0	0	5		100	1,4	26	18	44	12	0	3,3	4,0	7,3	0,8
1	0	0	0	1	5		100	1,5	31	19	29	21	0	32,8	1,8	34,6	18,2
0	0	0	0	1	5	1 P	100	2,2	20	27	40	13	1	7,4	3,3	10,7	2,2
3	1	0	0	0	4	2 P	100	2,3	27	25	40	8	0	27,9	1,5	29,4	18,6
1	0	0	0	1	11	2 AH, 1 P	100	2,4	35	24	27	14	1	30,2	1,8	32,0	16,8
	3	0	0	0	12	3 P	100	1,6	37	24	28	11	0	33,9	3,1	37,0	10,9
(K Sch = Krauchtalschotter)																	
1	0	0	0	0	3	3 P	105	1,2	18	30	36	16	0	30,4	1,0	31,4	30,4
0	1	0	0	0	15	1 P	100	3,2						23,5	1,6	25,1	14,6
1	2	0	0	0	3		100	1,3						37,4	3,8	41,2	9,8
0	0	0	0	0	3	1 P	100	0,9	8	60	22	10	0	27,7	1,2	28,9	23,0
5	1	0	0	0	2		120	1,2						28,6	1,2	29,8	23,8
1	0	0	0	0	15		112	1,4	4	59	24	13	0	46,3	1,4	47,7	38,5
4	0	0	0	0	13		119	1,3						36,7	1,0	37,7	36,7
0	0	0	0	0	35		100	1,4	10	27	20	43	0	43,2	0,9	44,1	48,0
1	0	0	0	0	29		109	1,2						48,0	1,0	49,0	48,0
1	0	1	0	9	5		105	1,3						50,6	4,0	54,6	12,6
2	1	0	0	0	12	8 P	100	1,3	22	19	48	11	0	42,9	3,2	46,1	13,4
2	0	0	0	0	0		110	1,4	15	52	24	9	0	51,4	4,1	55,5	12,5
3	0	0	0	0	7	4 P	97	0,9	21	53	17	9	0	45,8	3,8	49,6	12,0

Tabelle I

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse						Schwerminerale ohne Granat in								
			n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1 : 25 %	Quartil 3 : 75 %	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	TiO_2-Gruppe Rutil	Brookit	Anatas
19	600750/185750	M W		0,137	0,065	0,29	2,11	10,4 T	36	61	11	4	4	10	1	1	0
20	600750/185750	M W		0,275	0,123	0,63	2,26	10,1	41	43	20	4	0	15	3	0	0
21	602700/199030	M W						T	16	60	20	3	0	4	0	0	0
22	602700/199030	M W		0,305	0,275	0,37	1,16	5,76	38	71	4	2	0	1	0	0	0
23	602700/199030	M W		0,143	0,104	0,168	1,27	5,00	25	70	11	1	0	4	1	0	0
24	602700/199030	M W						T	9	66	23	2	0	1	1	0	1
25	602700/199030	M W		0,24	0,175	0,28	1,27	2,76	21	82	4	0	0	1	0	0	0
26	602700/199030	M W		0,42	0,255	0,82	1,79	3,00	12	71	10	2	1	0	0	0	0
27	602700/199030	M W		0,092	0,049	0,156	1,78	16,64	15	68	5	2	0	2	0	0	1
28	602700/199030	M W		0,11	0,053	0,255	2,19	36,71	24	59	15	3	1	8	1	0	1
N 2	600160/198750	M W		0,106	0,064	0,169	1,67	25,9	9	85	6	2	0	1	0	0	0
N 3	600160/198750	M W		0,237	0,405	0,345	1,50	4,5	11	90	3	1	0	1	0	0	0
N 4	600160/198750	S W		0,427	0,277	0,667	1,54	5,3	15	81	8	2	0	0	0	0	0
N 5	601875/197050	M W		0,220	0,127	0,347	1,55	17,2	13	86	5	2	0	3	1	0	0
N 6	601875/197050	M W		0,082	0,057	0,142	1,48	30,5	6	86	7	3	0	1	0	0	0
N 7	601875/197050	M W		0,144	0,078	0,254	1,83	22,9	11	88	5	2	0	1	0	0	0
39	609358/190754	Schotter und Sande rezent – Würm und Seebodenablagerungen Riss – Würm aus Bohrung							42	38	18	3	0	5	2	0	1
40	609358/190754								18	43	8	9	0	3	2	0	0
41	609358/190754								31	46	9	4	0	2	3	0	0
42	609358/190754								32	61	10	7	0	1	0	0	0
43	609358/190754								21	43	21	11	0	11	0	0	0
44	609358/190754								35	63	8	7	0	6	2	0	1
45	609358/190754								32	71	7	1	0	3	1	0	0
46	609358/190754								15	55	11	3	0	3	0	0	0
47	609358/190754								14	62	9	4	0	6	0	0	0
48	609358/190754								19	55	17	3	0	7	1	0	0
49	609358/190754								15	89	4	1	0	2	0	0	0
50	609358/190754								21	65	9	3	1	6	1	0	0
51	609358/190754								31	76	4	2	0	1	0	0	0
52	609358/190754								34	58	11	4	0	4	0	0	0
53	609358/190754								12	55	14	2	0	4	0	0	0
54	609358/190754								14	47	25	3	0	3	1	0	1
55	609358/190754								13	52	22	3	0	5	3	0	0
56	609358/190754								9	68	10	6	0	3	1	0	0
244	609000/207400	K Sch-R	n	0,211	0,163	0,273	1,29	4,5	33	75	5	0	1	5	1	0	0
															im Alpeninneren		
10	614875/173425	M W		0,078	0,042	0,101	1,55	19,39	16	22	26	8	0	10	3	0	0
11	614875/173425	M W		0,350	0,158	0,530	1,83	9,69	23	31	31	1	0	10	1	0	0
12	614875/173425	M W		0,105	0,080	0,143	1,34	7,54	26	16	25	4	0	21	0	0	0

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
2	1	0	0	0	5		100	0,8	17	61	18	4	0	34,3	2,3	36,6	14,9
1	1	0	0	0	5	8 P	110	1,3						37,8	4,0	41,8	9,4
1	0	0	0	1	8	1 AH, 2 P	100	1,0	8	62	24	6	0	40,4	3,6	44,0	11,2
1	0	3	0	0	14	4 P	110	1,6						43,7	1,8	45,5	24,2
0	0	1	0	0	7	1 AH, 3 P	100	1,5						36,2	2,9	39,1	12,4
1	0	1	0	0	5		100	1,0						42,0	3,1	45,1	13,5
1	0	0	0	0	10	2 F	105	1,6	30	41	24	5	2	39,2	2,6	41,8	15,0
2	0	3	0	0	9	3 P	100	1,4						41,2	3,1	44,3	13,2
0	2	1	0	0	16	1 P	103	1,2						38,1	1,8	39,9	21,1
1	0	0	0	0	10	2 P	100	1,6	29	35	28	8	0	37,4	2,6	40,0	14,3
1	0	0	0	0	3			1	65		28	7	0	32,9	5,6	38,5	5,9
1	0	0	0	0	2			1	67		24	8	1	29,7	3,2	32,9	9,3
2	0	0	0	0	7			1	62		25	12	1	38,3	2,0	40,3	19,1
0	0	0	0	0	10			1						30,1	4,4	34,5	6,9
2	0	0	0	0	3			1						33,8	5,6	39,4	6,0
0	0	0	0	0	2			1						37,5	5,1	42,6	7,4
0	0	3	0	0	18	12 P	101	1,1	9	45	28	18	0				
1	0	1	0	1	19	14 P	100	1,1									
0	0	3	0	0	16	16 P	100	0,9									
0	1	3	0	0	14	3 P	72	0,9									
0	0	4	0	0	8	2 P	100	1,2									
2	0	1	0	0	11	1 P	101	1,1									
2	0	0	0	0	9	6 P	100	1,0									
0	0	0	0	0	24	2 P	100	1,0									
1	0	8	0	0	0	9 AH, 2 P	104	1,1									
2	1	0	0	0	11	4 P	100	1,1	23	47	20	10	0	40,9	2,8	43,7	14,6
1	0	0	0	0	2		101	1,3						35,2	2,5	37,7	14,0
1	0	1	0	0	10	3 P	105	1,8						33,0	3,8	36,8	8,6
6	0	0	0	0	13	1 AH, 2 P	100	1,8						33,9	3,2	37,1	10,5
3	0	1	0	0	12	4 P	103	2,0						37,0	6,3	43,3	5,8
1	0	0	0	0	20	2 P	100	0,7						35,4	5,2	40,6	6,8
1	0	1	0	0	17	1 P	100	1,4						35,8	4,8	40,6	7,4
1	0	1	0	0	11	2 P	100	0,7						36,0	8,3	44,3	4,3
4	0	1	0	0	10		211	0,8	24	47	25	4	0	34,9	5,5	40,4	6,3
	0	0	0	1	8		100	1,2	21	24	45	10	3	15,2	2,6	17,8	5,9
abgelagert																	
2	0	0	0	0	26	3 P	100	1,1	10	51	29	10	0	38,7	1,6	40,3	24,1
2	0	0	0	0	21	3 P	100	1,3						44,2	1,2	45,4	36,8
3	0	0	0	0	29	2 P	100	1,0						38,2	1,1	39,3	34,7

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	TiO_2-Gruppe: Rutil	Brookit	Anatas
									Reussgletscher, über subalpiner «aquitaner» Molasse								
57	676225/214800	Sch W		0,235	0,183	0,31	1,30	6,14	10	31	5	2	0	1	0	0	0
58	676225/214800	Sch W		0,42	0,295	0,57	1,39	4,74	8	22	2	3	0	2	0	0	0
59	676225/214800	Sch W		0,29	0,24	0,35	1,21	4,36	7	21	9	1	0	5	1	0	0
60	676225/214800	Sch W							16	22	4	0	0	0	0	0	0
61	676225/214800	Sch W		0,108	0,070	0,158	1,50	7,46	14	28	15	1	0	2	1	0	0
62	676225/214800	Sch W		0,52	0,43	0,61	1,19	4,54	5	9	3	0	0	1	0	0	0
63	676225/214800	Sch W		0,24	0,195	0,31	1,26	6,24	12	40	9	0	0	0	1	0	0
64	676300/214625	Sch W		0,38	0,275	0,46	1,29	7,28	3	23	5	0	0	1	0	0	0
65	676300/214625	Sch W		0,41	0,32	0,50	1,25	3,68	20	28	3	0	0	0	0	0	0
66	676300/214625	Sch W		0,35	0,255	0,42	1,28	4,22	9	31	3	1	0	0	0	0	0
67	676300/214625	Sch W		0,57	0,39	0,85	1,48	2,64	9	22	10	1	0	2	0	0	0
68	676300/214625	Sch W		0,39	0,31	0,45	1,21	4,06	16	24	3	0	0	0	0	0	0
69	676300/214625	Sch W		0,34	0,255	0,44	1,31	6,10	3	17	1	0	0	0	1	0	0
70	676300/214625	Sch W		0,33	0,24	0,44	1,35	6,24	7	26	7	0	0	0	0	0	0
71	676300/214625	Sch W		0,36	0,29	0,46	1,26	5,28	12	25	5	0	0	0	0	0	0
72	676300/214625	Sch W		0,33	0,22	0,48	1,48	4,16	8	32	7	1	0	5	0	0	0
73	676300/214625	Sch W		0,31	0,28	0,43	1,24	5,94	19	17	9	1	0	0	0	0	0
74	676300/214625	Sch W		0,285	0,215	0,43	1,41	5,64	12	25	2	0	0	0	0	0	0
									über «aquitaner» Molasse								
160	663650/251950	Silte, S& Sch W-sR	n	0,191	0,119	0,31	1,61	7,0	25	48	21	2	0	5	1	0	0
161	664200/251150	Silte, S& Sch W-sR	n	0,163	0,099	0,221	1,41	6,7	34	54	19	0	0	5	2	0	0
									über «burdigaler» und								
162	665200/250150	Sch W	n	0,30	0,24	0,47	1,40	3,1	51	34	8	1	0	8	2	0	0
163	665200/250150	VM W	n	0,059	0,038	0,125	1,81	30,23	7	61	14	3	0	2	0	0	0
164	665150/248700	Sch W	n	0,26	0,214	0,47	1,48	12,4	8	36	9	2	0	2	2	0	0
165	667850/244500	wie 160	n	0,61	0,46	0,82	1,33	7,9	68	37	9	2	0	7	3	0	0
166	669340/240220	M W	n	0,140	0,059	0,43	2,70	16,4	35	55	22	2	0	6	1	0	0
167	670000/237150	vM W							34	68	13	2	0	6	0	0	0
168	670640/235300	Sch W	n	0,099	0,061	0,148	1,56	9,1	25	60	16	0	0	8	1	0	0
169	671170/233700	Sch W							52	58	16	1	0	9	0	0	0
170	674550/231700	Sch W							25	40	18	1	1	10	1	0	0
171	673200/220550	vM W	n	0,158	0,108	0,221	1,43	5,4	33	53	14	2	0	7	0	0	0
172	673200/220550	M W							19	49	12	1	0	3	1	0	0
173	666300/220500	Sch W							25	35	15	0	1	3	0	0	0
174	664500/223700	Sch W	n	0,53	0,41	0,65	1,26	2,8	21	26	13	8	1	5	3	0	4
175	664770/227300	M W							10	72	8	2	0	6	0	0	0
176	662900/229970	M W							17	52	15	1	0	5	1	0	0
177	658660/234040	M W	n	0,082	0,033	0,217	2,56	40,7	9	69	20	1	2	3	1	0	0

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
(an der Grenze zur stampischen Molasse) abgelagert.																	
2	0	0	0	0	59		100	1,6	14	19	59	8	4	33,9	1,8	35,7	18,8
4	0	1	0	0	66		102	2,0						39,2	1,7	40,9	23,0
3	0	0	0	0	60		100	1,9						41,8	1,5	43,3	27,8
7	0	0	0	0	67		101	2,4						37,2	1,8	39,0	20,6
4	0	2	0	0	47		100	2,3						22,5	1,8	24,3	12,5
3	0	0	0	0	84		88	2,3						39,3	1,3	40,6	30,2
4	0	1	0	0	45		100	4,6						36,3	1,7	38,0	21,3
5	0	0	0	1	65		100	2,6	16	22	57	5	8	27,1	0,9	28,0	30,1
5	0	1	0	0	63		100	3,6						29,8	1,0	30,8	29,8
6	0	0	0	0	59		100	4,6						30,1	1,9	32,0	15,8
3	0	1	0	0	61		101	2,3						27,2	1,1	28,3	24,7
3	0	1	0	0	68	1 AH	100	3,0						33,5	2,2	35,7	15,2
2	0	0	0	0	79		100	1,6						35,0	1,5	36,5	23,5
4	0	0	0	0	63		100	2,1						36,3	2,0	38,3	18,1
2	0	1	0	0	67		100	1,6						45,2	2,1	47,3	21,5
8	0	1	0	0	46		101	1,9						48,3	2,0	50,3	24,1
1	0	0	0	0	72		100	1,9						42,8	1,9	44,7	22,5
1	0	1	0	0	71		102	1,5	11	25	57	7	5	34,3	1,3	35,6	26,3
am Jurafuss abgelagert																	
4	2	0	0	0	17		100	1,6	17	42	35	6	2	26,6	4,6	31,2	5,8
0	0	0	0	0	20		100	1,9	55		32	13	0	27,9	6,8	34,7	4,1
jüngerer Molasse abgelagert																	
3	1	0	0	0	41	2 P	100	0,8	14	40	38	8	4	38,1	3,7	41,8	10,3
2	0	0	0	0	18		100	1,1	35	33	23	9	6	33,3	2,2	35,5	15,1
0	0	0	0	0	48	1 D	100	1,0	18	27	30	25	3	34,0	3,2	37,2	10,6
3	0	0	0	0	38	1 P	100	1,7	74		17	9	2	39,4	3,9	43,3	10,1
3	0	0	0	0	11		100	1,2	15	42	36	7	2	30,4	6,2	36,6	4,9
0	1	0	0	1	9		100	2,0	68		24	8	2	25,6	6,2	31,8	4,1
0	0	0	0	2	13		100	1,2	26	43	24	7	0	26,0	7,4	33,4	3,5
2	0	1	0	0	11	2 P	100	1,5	26	30	29	15	2	26,6	4,5	31,1	5,9
2	0	0	0	0	26	1 P	100	0,8	29	25	41	5	1	33,9	9,9	43,8	3,4
0	0	0	0	0	24		100	1,1	53		39	8	0	19,4	4,0	23,7	4,9
0	0	0	0	0	34		100	1,6	20	34	32	14	0	25,1	3,2	28,3	7,9
2	0	0	0	0	44		100	1,3	36	33	24	7	6	47,6	2,0	49,6	23,8
5	0	0	0	0	33	2 P	100	0,8	27	44	15	14	2	50,2	2,1	52,3	23,9
0	0	0	0	0	12		100	0,9	71		23	6	0	32,8	1,5	34,3	21,9
0	0	0	0	0	26		100	0,8	22	38	36	4	3	32,7	2,6	35,3	12,6
2	0	0	0	1	0	1 P	100	1,0	52	14	27	7	5	35,4	4,0	39,4	8,9

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25 %	Quartil 3: 75 %	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	Rutil	TiO_2-Gruppe: Brookit	Anatas
178	658600/231920	M W							27	75	10	0	0	4	7	0	0
179	657120/229750	M W	n	0,107	0,075	0,145	1,38	7,8	14	71	18	3	0	1	1	0	0
AKS, B	651300/231300	M W	n	0,35	0,135	0,73	2,33	26,85	25	69	13	0	1	3	3	0	0
WKS 1	651300/231300	M W	n	0,50	0,22	1,0	2,13	34,0	40	80	11	0	0	2	0	0	0
WKS 2	651300/231300	M W	n	0,46	0,214	0,82	1,96	30,1	26	46	43	1	0	1	0	0	0
208	678650/235650	M W							34	40	15	3	0	8	4	0	1
Linthgletscher (inkl. Sihlgletscher), über																	
202	699400/222050	Sch W	n	0,38	0,20	0,59	1,72	20,4	13	3	13	13	4	46	11	0	8
224	718500/231750	Sch W	n	0,27	0,195	0,395	1,42	10,5	60	21	21	2	2	20	9	0	2
über subalpiner «aquitaner» Molasse abgelagert																	
88	710825/228650	interglaziale Sande und Tone, Würm-Riss		0,235	0,152	0,34	1,50	15,36	3	35	32	1	0	4	1	0	0
89	710825/228650			0,195	0,123	0,285	1,52	15,00	2	30	23	5	0	7	1	0	0
90	710825/228650			0,43	0,275	0,74	1,64	6,39	0	22	13	0	0	3	0	0	0
91	710825/228650							T	2	14	48	6	0	5	2	0	1
92	710825/228650			0,355	0,215	0,53	1,57	8,50	2	13	33	2	0	6	1	0	0
93	710825/228650			0,44	0,305	0,61	1,41	7,46	6	44	6	0	0	6	0	0	0
94	710825/228650			0,435	0,31	0,59	1,38	11,70	0	58	0	0	0	0	0	0	0
95	710825/228650	wie 88		0,225	0,145	0,315	1,47	22,26	2	22	12	10	0	10	0	0	0
98	710825/228650	Schotter mit Sandsteinlinsen (Würmvorstoss-schotter)		0,345	0,230	0,435	1,38	11,84	9	13	17	0	0	18	0	0	0
99	710825/228650			0,425	0,265	0,66	1,58	15,28	22	26	11	0	0	11	0	0	0
100	710825/228650			0,315	0,217	0,47	1,47	12,09	6	62	6	0	0	0	0	0	0
101	710825/228650			0,66	0,48	0,89	1,36	9,76	11	23	10	10	1	17	4	0	0
201	696650/225550	M W							63	0	25	12	3	32	8	0	4
203	703270/228920	Sch W							8	24	31	6	0	9	2	0	0
204	702670/229320	Sch W	n	0,23	0,153	0,35	1,51	9,8	0	38	22	0	0	9	3	0	0
223	712500/232650	Sch W	n	0,170	0,107	0,210	1,26	15,8	8	39	19	5	0	5	1	0	0
über «burdigaler» und																	
195	685750/225300	Sch W							53	31	32	3	2	14	7	0	1
196	685750/225300	Sch W							34	14	39	12	1	21	2	0	0
197	685700/255750	Sch W							71	34	27	4	3	13	9	0	0
198	685700/228150	M W	n	0,32	0,25	0,38	1,23	8,6	45	45	27	3	3	11	1	0	1
199	686300/228700	M W							40	27	38	3	3	16	4	0	0
200	690250/228000	M W							19	23	28	7	0	31	3	0	0
205	693220/230400	M W	n	0,207	0,074	0,68	3,03	31,8	19	53	17	3	0	6	0	0	0
206	682530/236750	M W							10	27	37	12	0	13	6	0	0
207	682270/236560	M fW	n	0,50	0,240	1,00	2,04	14,0	27	51	14	0	0	2	0	0	0
209	674830/245960	Sch W							38	43	21	2	1	5	4	0	0
210	671260/252860	Sch W							61	48	24	1	0	8	3	0	0
211	674040/250760	Sch W	n	0,344	0,240	0,470	1,40	8,6	64	48	12	3	0	13	3	1	3

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
0	0	0	0	1	3		103	0,9	64		24	12	1	35,9	2,2	38,1	16,3
0	0	0	0	0	5	1 P	100	1,1	62		29	9	2	28,1	3,5	31,6	8,1
2	0	0	0	1	7	1 P	100	1,3	29	32	30	9	3	44,3	2,3	46,6	19,3
0	0	0	0	1	6		100	0,9	35	31	23	11	1	40,5	2,8	43,3	14,5
1	1	4	0	0	2	1 P	100	1,1	30	36	25	9	22	36,8	3,7	40,5	9,9
2	0	0	0	0	25	2 P	100	0,4	27	35	27	11	0	53,3	3,0	56,3	17,7
subalpiner stampischer Molasse abgelagert																	
0	1	1	0	0	0		100	0,2	30	40	16	14	0	44,2	17,1	61,3	2,6
3	4	1	1	0	8	6 P	100	3,6	29	41	10	20	0	57,6	4,4	62,0	13,0
(z. T. nahe der Grenze zur stampischen Molasse)																	
5	0	11	0	0	8	3 P	72	1,7						37,6	5,1	42,7	7,3
2	2	9	0	0	16	5 P	101	1,5						33,5	3,0	36,5	11,1
0	0	16	0	0	46		31	1,3						39,6	3,1	42,7	12,7
1	0	1	0	0	21	1 P	104	0,7						32,1	4,3	36,4	7,4
3	0	11	0	0	28	3 P	101	1,3						37,0	2,8	39,8	13,2
0	0	25	0	0	19		16	1,5						43,5	3,5	47,0	12,4
0	0	17	0	0	25		12	1,3						39,1	4,4	43,5	8,8
0	0	7	0	0	37	2 P	41	1,5						24,9	4,6	29,5	5,3
0	0	26	0	0	26		23	1,2						45,3	3,6	48,9	12,5
0	0	11	0	0	41		27	2,7	3	17	68	12	3	49,6	2,4	52,0	20,6
2	0	13	0	0	13	6 P	16	1,7	2	36	41	21	0	48,9	2,9	51,8	16,8
0	2	21	0	0	9	1 P	87	2,2						61,4	2,9	64,3	21,1
0	2	0	0	0	2	12 P	101	0,5	32	33	18	17	2	49,7	4,3	54,0	11,6
1	1	1	1	1	20	3 P 1 Z	100	1,2	38	26	25	11	0	44,5	3,9	48,4	11,4
2	0	0	0	0	24	1 P 2 D	100	0,8	32	34	23	11	0	39,5	5,1	44,6	7,6
	1	2	0	0	22	4 P	100	1,6	68		21	11	0	35,2	12,0	47,2	2,9
jüngerer Molasse abgelagert																	
0	0	1	0	0	5	4 P	100	0,3	30	32	24	14	1	40,9	6,0	46,9	6,8
2	0	4	0	0	5		100	1,0	35	30	19	16	5	52,0	4,6	56,6	11,3
3	0	0	0	0	4	3 P	100	0,7	29	26	40	5	1	36,2	4,4	40,6	8,2
1	0	0	0	0	6	2 P	100	0,8	26	39	27	8	0	42,8	6,0	48,8	7,1
0	0	0	0	0	5	4 P	100	0,8	27	36	33	4	0	36,3	7,3	43,6	5,0
1	0	0	1	0	3	3 P	100	1,0	26	29	37	8	0	35,4	4,7	50,1	7,5
2	0	1	0	0	18		100	0,9	60		31	9	0	45,1	4,2	49,3	10,7
1	0	1	0	0	1	2 P	100	1,3	31	36	20	13	0	37,5	13,3	50,8	2,8
2	1	0	0	0	28	2 P	100	1,2	33	32	28	7	1	42,0	7,4	49,4	5,7
0	4	0	0	0	17	1 D	100	0,9	28	33	34	5	0	35,3	12,9	48,2	2,7
2	6	0	0	0	6	3 P, 1 D	100	0,6	26	30	30	14	0	39,8	8,1	47,9	4,9
	2	1	0	1	11		100	0,8	30	38	18	14	0	36,0	8,1	44,1	4,4

Tabelle 1

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse: n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25%	Quartil 3: 75%	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Schwerminerale ohne Granat in: Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	Rutil	TiO_2-Gruppe: Brookit	Anatas
212	678000/254900	Sch W							22	45	20	2	0	4	3	0	0
213	681930/256650	Sch W	n	0,36	0,28	0,45	1,27	5,0	16	33	10	4	0	3	6	0	0
214	682550/262250	Sch W							20	60	4	1	0	0	0	0	0
215	684630/258460	M W	n	0,125	0,076	0,211	1,67	17,2	35	58	7	0	0	4	1	0	1
216	687640/256150	M W							20	51	3	2	0	4	2	0	0
217	690500/252240	Sch W							13	47	7	3	0	5	1	0	0
218	694250/251340	M W							17	54	9	1	0	5	1	0	0
219	696350/248200	Sch W	n	0,290	0,208	0,420	1,42	4,2	11	54	2	0	0	2	0	0	0
220	699400/240850	Sch W							29	54	6	1	0	9	3	0	0
221	705700/243070	Sch W	n	0,140	0,062	0,135	1,47	18,6	19	72	11	1	1	6	0	0	1
222	707350/236400	Sch W							21	62	10	3	2	6	6	0	0
									Rheingletscher, über subalpiner Molasse								
265	763250/254680	vM W	n	0,133	0,071	0,198	1,67	14,6	49	33	36	1	0	7	3	0	0
									über «burdigaler» und								
75	712900/266450	vM W		0,26	0,19	0,355	1,37	9,72	14	37	9	1	0	3	1	0	0
76	712900/266450	vM W						T	16	38	11	1	0	1	0	0	0
77	712900/266450	vM W							24	48	8	0	0	2	0	0	0
78	713000/265150	M W		0,305	0,22	0,38	1,32	3,48	6	48	6	0	0	1	0	0	0
79	713000/265150	M W						T	18	45	17	2	0	1	1	1	1
80	713000/265150	M W						T	25	47	11	3	0	3	3	0	0
81	713000/265150	Sch W							40	53	4	2	0	1	2	0	0
82	713000/265150	Sch W							51	54	5	0	0	4	1	0	0
83	713000/265150	Sch W		0,285	0,205	0,40	1,40	5,06	28	60	3	1	1	1	0	0	0
84	763620/268360	M, z.T. vM W							22	44	1	0	0	0	0	0	1
85	763620/268360								30	48	3	1	0	3	2	0	0
86	763620/268360							T	27	43	6	1	0	0	0	0	1
87	763620/268360								10	39	11	2	0	1	3	0	1
251	700000/259400	Sch W	n	0,145	0,107	0,178	1,29	9,5	18	62	5	1	0	3	1	0	0
252	696150/266700	Sch W	n	0,310	0,221	0,460	1,44	9,8	61	39	7	2	0	1	1	0	0
253	693850/273700	VSch W	n	0,108	0,077	0,43	1,36	5,5T	18	32	14	0	0	5	1	0	0
254	696550/280150	vM W	n	0,182	0,125	0,290	1,52	6,6	83	37	9	2	1	2	5	0	0
256	695250/288350	vM W	n	0,188	0,158	0,221	1,18	5,9T	425	24	13	7	0	5	6	0	1
257	703700/284400	Sch W	n	0,103	0,075	0,130	1,32	11,5	73	47	16	3	1	1	1	0	0
258	706040/278750	Sch W	n	0,306	0,240	0,418	1,32	7,3	68	45	8	2	0	1	2	0	0
259	719140/278900	Sch W	n	0,148	0,097	0,221	1,51	12,3	24	55	10	2	1	1	1	0	1
260	732190/277600	vM W	n	0,057	0,040	0,103	1,60	10,7T	16	28	10	2	0	3	0	0	1
261	734350/263950	vM W							23	44	5	0	0	1	1	0	0
262	740580/266500	vM W	n	0,204	0,133	0,306	1,52	11,7	51	74	9	2	0	8	2	0	0
263	740800/260700	vM W							26	41	9	1	0	0	3	0	0

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
5	1	0	0	1	17	2 P	100	1,1	21	41	19	19	1	34,0	7,2	41,2	4,7
0	2	2	0	0	27	11 P, 1 D, 1 A	100	0,9	26	39	27	8	1	42,8	2,9	45,7	14,8
0	0	1	0	1	32	1 P	100	1,6	24	44	21	11	0	35,9	2,7	38,6	13,3
1	2	1	0	2	20	3 P	100	1,4	68		25	7	0	33,2	7,6	40,8	4,4
0	2	0	0	0	32	3 P, 1 D	100	3,3	19	55	22	4	0	37,2	3,8	41,0	9,8
0	3	0	0	0	27	7 P	100	1,0	29	32	24	15	0	34,2	2,2	36,4	15,5
1	0	0	0	0	22	7 P	100	0,2	12	57	22	9	1	30,1	9,4	39,5	3,2
0	1	0	0	0	31	9 P, 1 D	101	2,3	33	42	18	7	0	38,9	5,0	43,9	7,8
4	2	0	0	0	18	2 P, 1 D	100	1,3	25	41	24	10	0	31,8	11,6	43,4	2,7
1	4	0	0	0	3		100	0,7	24	42	19	15	3	26,8	18,8	45,6	1,4
1	1	0	0	0	6	2 P, 1 D	100	1,3	37	27	22	14	0	36,3	12,2	48,5	3,0
(Stampien bis «Aquitan») abgelagert																	
2	2	0	0	0	15	1 D	100	0,7	17	38	36	9	6	25,1	5,0	30,1	5,0
jüngerer Molasse abgelagert																	
2	5	0	0	0	40	2 D	101	2,4						24,3	11,0	35,3	2,2
0	8	0	0	0	41		101	1,7	12	65	16	7	0	24,3	15,4	39,7	1,5
1	6	0	0	0	32	3 D	102	4,6						27,8	10,5	38,3	2,6
0	4	0	0	0	39	2 D	100	1,0	16	55	18	11	0	25,6	8,8	34,4	2,9
1	7	0	0	0	23	1 D	109	1,4						24,1	18,5	42,6	1,3
1	4	0	0	0	28		102	0,4						24,8	19,2	44,0	1,2
2	5	0	0	0	31		100	3,1						26,7	15,3	42,0	1,7
0	5	1	0	0	28	2 D	100	3,7						26,5	16,1	42,6	1,6
0	4	0	0	0	30		101	3,0	1	49	22	28	0	26,9	13,3	40,2	2,0
1	6	2	0	0	0	44 AH, 1 D	101	0,9						29,2	12,2	41,4	2,3
0	6	0	0	0	36	1 D	101	1,9	19	46	18	17	0	32,2	12,3	44,5	2,6
0	4	0	0	0	45		100	2,0						24,5	20,9	45,4	1,1
1	6	0	0	0	37		102	1,1	19	49	17	15	2	25,8	17,8	43,6	1,4
3	5	0	0	0	21	1 D	100	1,8	33	23	31	13	0	27,8	23,0	50,8	1,2
1	7	0	0	1	36	1 P, 2 D	100	3,8	26	32	15	27	1	34,4	10,0	44,4	3,4
1	3	0	0	0	34	6 P, 4 D	100	2,0	41	30	18	11	1	29,5	11,8	41,3	2,5
0	7	2	0	0	29	5 D	100	1,9	49	29	13	9	0	27,9	8,8	36,7	3,2
2	22	0	0	2	13	2 P, 5 D	100	2,7	40	32	19	9	1	14,4	6,4	20,8	2,3
1	9	0	0	0	17	3 D	100	2,2	17	52	20	11	4	19,2	6,8	26,0	2,8
1	8	1	0	1	25	4 P, 2 D	100	2,8	27	38	15	20	1	35,0	11,2	46,2	3,1
0	9	0	0	0	18	1 D	100	1,2	53	14	22	11	0	30,1	3,5	33,6	8,6
0	8	4	0	0	41	2 P, 1 D	100	1,8	37	40	16	7	0	25,0	15,8	40,8	1,6
0	9	0	0	0	39	1 D	100	1,8	28	32	15	25	1	25,2	7,7	32,9	3,3
0	3	0	0	0	1	1 P	100	1,0	30	38	22	10	1	31,3	13,8	45,1	2,3
	3	1	0	0	41	1 P	100	1,9	36	37	23	4	0	24,1	6,5	30,6	7,7

Tabelle I

Proben-Nr.	Koordinaten	Formation und Alter	Siebanalyse						Schwerminerale ohne Granat in								
			n = nicht entkalkt	Medianwert mm	Quartil 1: 25 %	Quartil 3: 75 %	Sortierungskoeffizient	Schlämmstoffanteil < 0,02 mm in %	Granat	Epidot	Apatit	Turmalin	Spinell	Zirkon	TiO_2-Gruppe Rutil	Brookit	Anatas
264	752980/260980	Sch W	n	0,145	0,105	0,195	1,36	9,3T	28	43	16	2	0	2	0	0	0
266	732950/250900	vM W	n	0,246	0,178	0,345	1,39	15,4	51	70	1	3	1	4	2	0	0
267	736380/255450	vM W							26	33	9	2	0	5	1	0	0
268	730350/259980	vM W	n	0,295	0,182	0,410	1,50	8,9	15	51	6	2	0	1	1	0	0
269	724850/260620	vM W							26	83	5	0	0	4	0	0	1
270	722350/253050	vM W	n	0,295	0,217	0,410	1,37	5,8	30	55	6	4	1	5	1	0	0
271	716200/258360	vM W	n	0,082	0,049	0,163	1,82	19,4	28	42	3	2	0	1	1	0	0
272	710000/261850	Sch W	n	0,117	0,082	0,160	1,40	9,2	27	35	8	0	0	1	3	0	0
														im Jurainnern			
255	686650/282850	Sch W	n	0,236	0,185	0,299	1,27	6,2	295	22	15	1	0	3	4	0	0

pleistozäne alpine Sand nimmt in der Masse des Molassesandes einen so geringen Anteil ein, dass er darin zur Bedeutungslosigkeit verurteilt ist. Bei Tonablagerungen wird sich das Verhältnis um so mehr zugunsten des Molassetons verschieben, je weiter diese vom Alpenrand entfernt sind (vgl. anschliessende Arbeit von T. PETERS). Der Vorgang wird von F. J. PETTIJOHN (1957, S. 565ff.) als «progressiv dilution», als fortschreitende Verdünnung des Ursprungsmaterials bezeichnet. Diese Verdünnung ist in der pleistozänen Sandfraktion auf das eindrücklichste verwirklicht. Sie ist aber nur möglich, wenn immer neues Material zum alten hinzugefügt wird. Und damit kommen wir zu einem Hauptresultat unserer Untersuchung:

Die pleistozänen Sandablagerungen des Mittellandes liefern ein genaues Mass für die erosive Wirkung der Gletscher in den weichen Molassegesteinen[4]*. Da bis anhin sicher nicht der überwiegende Teil der Pleistozänsande als Molassesand angesehen wurde, hat man die Erosionskraft der Gletscher über der Molasse entsprechend stark unterschätzt.*

Mit den bisherigen Ausführungen ist wohl gezeigt, wie intensiv die Gletschererosion über dem Molasseuntergrund gewesen sein muss. Über die Art dieser Erosion ist noch nichts ausgesagt. Das Vorhandensein von Schichtung und oft sehr schöner Schrägschichtung deutet auf starke Wassereinwirkung. Man würde deshalb ohne wei-

[4]) Natürlich wurden von den späteren Eiszeiten neben Molassematerial je nach Örtlichkeit auch Ablagerungen der jeweils früheren Eiszeiten mitaufgearbeitet. Da aber auch der Sand dieser früheren Ablagerungen unmittelbar aus dem Molasseuntergrund stammt, müssen die Aufarbeitungsprozesse in allen Eiszeiten gleich gewesen sein. Das Pleistozän dürfte deshalb unter diesem Aspekt als Einheit betrachtet werden.

(Fortsetzung)

Kornzahl %							SM		Leichtminerale in Kornzahl %					Karbonat			
									Quarz								
Titanit	*Staurolith*	Baryt	Monazit	Chloritoid	Hornblende	Übrige Schwerminerale	Total-Kornzahl	Gewichtsprozent	dunkel	undulös	Feldspat	Gesteinsbruchstücke inkl. Chert	Glimmer	Calcit in Gewichts %	Dolomit in Gewichts %	Gesamt-Carbonat in Gewichts %	Calcit-Dolomit-Verhältnis
2	5	0	0	1	29		100	0,7	27	32	31	10	0	19,2	6,4	25,6	3,0
2	4	0	1	0	11	1 P	100	0,8	25	40	27	8	1	29,1	12,1	41,2	2,4
1	4	0	0	0	42	1 P, 2 D	100	1,5	32	30	29	9	1	27,2	8,5	35,7	3,2
0	0	0	0	0	31	6 P, 1 D	100	2,2	26	36	26	12	0	27,2	6,3	33,5	4,3
0	4	0	0	0	0	2 P, 1 D	100	1,0	31	30	28	11	2	15,3	29,5	44,8	0,5
1	3	1	0	0	22	2 P	100	2,6	26	41	16	17	0	31,4	18,8	50,2	1,7
1	4	1	0	0	39	3 P, 3 D	100	1,6	26	43	17	14	0	29,9	12,7	42,6	2,4
	13	0	0	0	34	3 P, 2 D	100	1,8	25	38	27	10	1	28,6	11,4	40,0	2,5
abgelagert																	
3	10	6	0	0	21	5 P, 10 D	100	0,7	29	35	15	21	0	16,0	5,5	21,5	2,9

teres annehmen, dass im subalpinen, südlichen Bereich aufgearbeitete Molasse irgendwo in der Nordschweiz zur Ablagerung gelangt. Dadurch müssten sich die aus der Molasse bekannten, sedimentpetrographischen Zonierungen im Pleistozän völlig verwischen. Demgegenüber steht unser eindeutiger Untersuchungsbefund, dass sich die sedimentpetrographischen Grenzen des Molasseuntergrundes prägnant in die Pleistozänsande durchpausen. Das an einer bestimmten Stelle aufgearbeitete Sandmaterial muss zum grössten Teil in unmittelbarer Nähe wieder abgesetzt worden sein. Es stellt sich fordernd die Frage nach dem Ablagerungsmechanismus. Und damit erreichen wir zugleich die Leistungsgrenze unserer Arbeitsmethodik sowie den uns selbst gesetzten Rahmen dieser Arbeit. Unser lose gespanntes Probennetz ist zu dünn, die physikalischen Bedingungen zu vielfältig und demnach unsere genetische Gliederung in Schottersande und Moränensande zu verallgemeinert, um über den Ablagerungsmechanismus mehr als einige Vermutungen zu äussern. Dass die Verhältnisse in den Hauptachsen des Eisabflusses, wo auch die grösste Durchwässerung stattfindet, von den übrigen Gebieten abzuweichen scheinen, ging aus unseren Leichtmineralanalysen (S. 479) hervor. In jedem Fall musste unmittelbar nach der Aufschürfung des Molasseuntergrundes durch den Gletscher ein *transporthindernder* Prozess einsetzen. Man könnte z. B. an die Einfrierung des Materials in Toteismassen denken oder an komplizierte Entwässerungssysteme unter der Eiskalotte, wo das Material wohl aufgewirbelt wird, aber nur zum kleinsten Teil den Ausweg aus dem Labyrinth findet. Solche Gedankengänge bleiben Spekulation. Nur die detaillierte Kartierarbeit des unsere Resultate im Auge behaltenden Quartärgeologen und die am rezenten Gletscher durchgeführten Beobachtungen des Glaziologen können weiterhelfen.

Tabelle 2. Zusammenstellung der Karbonatwerte, die aus den Karten in JENNY und DE QUERVAIN (1960 und 1961) gemittelt wurden.

Nr.[1])	Anzahl gemittelte Proben	Ablagerung[2])	Vol. % mit Passonapp. best.				Nr.[1])	Anzahl gemittelte Proben	Ablagerung[2])	Vol. % mit Passonapp. best.			
			Calcit	Dolomit	Gesamtkarbonat	Calcit/Dolomit				Calcit	Dolomit	Gesamtkarbonat	Calcit/Dolomit
Q 1	3	jS	15,5	3,5	19,0	4,43	Q 23A	9	jS	28,4	5,8	34,2	4,90
Q 2A	4	aS	31,6	3,6	35,2	8,77	Q 23B	4	jS	31,7	6,2	37,9	5,12
Q 2B	4	aS	33,2	4,0	37,2	8,30	Q 24A	12	jS	38,0	7,4	45,4	5,14
Q 2C	4	aS	32,2	2,6	34,8	12,39	Q 24B	9	jS	33,4	7,1	40,5	4,70
Q 3	5	M	55,0	3,0	58,0	18,33	Q 25A	4	M	38,0	5,1	43,1	7,46
Q 4	3	jS	45,5	2,0	47,5	22,75	Q 25B	5	M	41,4	7,0	48,4	5,92
Q 5	4	aS	41,5	2,0	43,5	20,75	Q 26	9	jS	17,5	12,5	30,0	1,40
Q 6	3	M	46,0	2,0	48,0	23,00	Q 27	6	aS	26,5	22,5	49,0	1,18
Q 7	3	jS	24,5	3,5	28,0	7,00	Q 28	8	aS	33,5	19,5	53,0	1,72
Q 8	6	jS	43,5	4,0	47,5	10,88	Q 29	7	aS	19,0	7,5	26,5	2,53
Q 9A	3	M	40,1	3,6	43,7	11,14	Q 30A	4	jS	20,4	10,7	31,1	1,91
Q 9B	3	M	41,0	2,5	46,5	17,61	Q 30B	4	jS	24,2	10,7	34,9	2,26
Q 9C	3	M	41,0	2,2	43,2	18,65	Q 30C	4	jS	18,7	9,3	28,0	2,01
Q 10A	4	jS	32,1	3,0	35,1	10,71	Q 31A	4	jS	28,2	11,6	39,8	2,43
Q 10B	3	jS	36,4	5,2	41,6	7,00	Q 31B	5	jS	30,2	12,6	42,8	2,39
Q 10C	5	jS	33,6	3,9	37,5	8,62	Q 31C	3	jS	30,3	12,2	42,5	2,48
Q 11	4	M	27,0	2,5	29,5	10,80	Q 32	5	jS	30,1	11,4	41,5	2,64
Q 12A	8	jS	29,7	5,6	35,3	5,31	Q 33A	5	M	32,8	9,7	42,5	3,38
Q 12B	4	jS	29,0	7,2	36,2	4,03	Q 33B	6	M	33,7	8,2	41,9	4,11
Q 13A	5	jS	25,2	3,6	28,8	7,00	Q 34	6	jS	25,9	10,8	36,7	2,40
Q 13B	5	jS	32,4	4,2	36,6	7,72	Q 35	6	jS	25,5	14,0	39,5	1,82
Q 14	6	jS	26,5	3,0	28,5	8,83	Q 36	3	M	22,5	15,5	38,0	1,45
Q 15A	2	jS	12,0	9,7	21,7	1,24	Q 37A	4	jS	30,5	9,5	39,5	3,21
Q 15B	3	jS	13,0	9,0	22,0	1,45	Q 37B	7	jS	27,2	19,9	47,1	1,42
Q 16	10	jS	33,0	11,0	44,0	3,00	Q 38A	9	jS	24,1	16,3	40,4	1,48
Q 17	4	jS	33,5	12,0	45,5	2,79	Q 38B	6	jS	23,8	16,3	40,1	1,46
Q 18	8	M+S	42,5	6,0	48,5	7,08	Q 39	9	M	29,5	22,0	51,5	1,34
Q 19	4	M	44,0	2,5	46,5	17,62	Q 40	3	jS	27,5	8,0	35,5	3,44
Q 20	4	M	30,5	3,0	33,5	10,18	Q 41	4	jS	26,5	18,5	45,0	1,43
Q 21	5	M	52,5	5,0	57,5	10,50	Q 42A	4	jS	25,7	18,5	44,2	1,39
Q 22	3	jS	29,0	3,5	32,5	8,28	Q 42B	5	jS	27,3	17,7	45,0	1,54

[1]) Die Nummer entspricht der Numerierung in Tafel II aus JENNY & DE QUERVAIN, 1961. Die Buchstaben A–C zeigen die von uns vorgenommene Unterteilung.

[2]) Bezeichnung der Ablagerungen nach JENNY & DE QUERVAIN (1960 & 1961):

jS Jungeiszeitliche Terrassenschotter (Niederterrasse, Rückzugschotter, Mittelterrasse)

aS ältere Schotter

M Moräne

M+S Moränen und Schotter

LITERATUR

(Ohne die Titel, die in der nachstehenden «Literaturliste für die Molasseproben, die zum Vergleich mit dem Pleistozän berücksichtigt wurden» aufgeführt sind. – Erläuterungshefte zu Karten: siehe unter Karten, hinter diesem Verzeichnis.)

ANDEL VAN, T. H. (1950): *Provenance, transport and deposition of Rhine sediments.* Diss. (Proefschrift) Univ. Groningen.

ANTENEN, F. (1914): *Beitrag zur Quartärforschung des Seelandes.* Eclogae geol. Helv. *13*/2, 184–232.

– (1936): *Geologie des Seelandes.* Verlag der Heimatkundekommission Biel.

BECK, H. (1958): *Glazialmorphologische Untersuchungen in der Gegend von Solothurn.* Diss. Univ. Fribourg.

BECK, P. (1938): *Bericht über die ausserordentliche Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Thun 1938.* Eclogae geol. Helv. *31*/1, 173–198.

– (1955): *Neue Gesichtspunkte zum Problem der übertiefenden Gletschererosion. Regionale Grundlagen für die Gliederung des alpinen Quartärs.* Eclogae geol. Helv. *47*/2, 366–373.

BLAU, R. V. (1966): *Molasse und Flysch im östlichen Gurnigelgebiet (Kt. Bern).* Beitr. Geol. K. Schweiz N.F. *125.*

BLUM, W. E. & MAUS, H. (1967): *Mineralogische Untersuchungen an Sedimentgesteinen und Böden des südlichen Oberrheingrabens und der Schwarzwaldvorbergzone. I. Mitteilung: Mineralbestand der Gesteine.* Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br. *57*, 175–202.

BRIEL, A. (1962): *Géologie de la région de Lucens (Broye).* Eclogae geol. Helv. *55*/1, 189–274.

BUGMANN, E. (1958): *Eiszeitformen im nordöstlichen Aargau.* Mitt. Aarg. Natf. Ges. *25* (Diss. Univ. Zürich 1956).

BURRI, C. (1930): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flußsanden. I. Die Sande des Tessin.* Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *9*/2, 205–240.

– (1931): *Schwere Mineralien aus den Goldsanden des Napfgebietes.* Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *11*/2, 416–417.

BURRI, F. (1951): *Geologie des Jensberges südlich von Biel (Kt. Bern).* Mitt. Natf. Ges. N.F. *8*, 29–54.

BURRI, M. & WEIDMANN, M. (1968): *Le graviers de Bioley-Orjulaz (VD).* Bull. Lab. Géol., Min., Géophys. et du Musée géol. de l'Univ. Lausanne *171.*

CAILLEUX, A. (1954): *Réponse à plusieurs communications de M. A. Jayet sur les dépôts glaciaires.* Eclogae geol. Helv. *47*/2, 305–307.

CRAUSAZ, CH. U. (1958): *Géologie de la région de Fribourg.* Bull. Soc. Frib. Sci. nat. *48*, 5–118.

DERBYSHIRE, E. (1965): *The internal Constitution of a Tasmanian End Moraine.* Journ. of Geology *73*/2, 377–381.

DÉVERIN, L. (1948): *Minéralogie des fonds de la torbière des Tenasses et de quelques dépôts glaciaires du canton de Vaud.* Soc. vaud. sc. nat. *64*, No. 271, 1–6.

DORTHE, J. P. (1962): *Géologie de la région au sud-ouest de Fribourg.* Eclogae geol. Helv. *55*/2, 327–406.

DOEGLAS, D. J. (1947): *Recherches granulométriques aux Pays-Bas.* Sess. extraord. Soc. belges de Géol. Bruxelles, 1946, 125–142.

EDELMAN, C. H. (1933): *Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair.* Diss. Univ. Amsterdam.

EDELMAN, C. H. & MAARLEVELD, G. C. (1958): *Pleistozän-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden.* Geol. Jb. *73*, 639–684.

EMMENEGGER, CH. (1962): *Géologie de la région Sud de Fribourg. Molasse du plateau et molasse subalpine.* Bull. Soc. Frib. Sci. nat. *51*, 5–166.

FÖRSTER, O. & VIDAL, H. (1968): *Die Existenz, Beschaffenheit und Bedeutung einer Zwischenschicht zwischen Gletschereis und Felsuntergrund.* Geol. Rdsch. *57*/3, 1019–1033.

FRASSON, B. A. (1947): *Geologie der Umgebung von Schwarzenburg (Kt. Bern).* Beitr. Geol. K. Schweiz N.F. *88.*

FRIEDMAN, G. M. (1962): *On Sorting, Sorting Coefficients, and the Lognormality of the Grain-Size Distribution of Sandstones.* Journ. of Geol. *70*/6, 737–753.

FÜCHTBAUER, H. (1959): *Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine.* Erdöl & Kohle *12*, 605–613.

FURRER, H. (1949): *Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A. mit spezieller Berücksichtigung des Interglazials auf Grund der Resultate der Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47.* Eclogae geol. Helv. *41*/2, 269–284.

GASSER, U. (1968): *Die innere Zone der subalpinen Molasse des Entlebuchs (Kt. Luzern): Geologie und Sedimentologie.* Eclogae geol. Helv. *61*/1, 229–319.

GASSER, U., MATTER, A. & NABHOLZ, W. K. (1964): *Sedimentologie eines temporären Aufschlusses von «Altmoräne» am Aarebord unter der Monbijoubrücke in Bern.* Mitt. Natf. Ges. Bern N.F. *21*, 100–112.

GEES, R. A. (1965): *Moment Measures in Relation to the Depositional Environments of Sands.* Eclogae geol. Helv. *58*/1, 209–213.

GERMAN, R. (1967): *Neue Wege der Eiszeitforschung im Alpenvorland.* Umschau *67*/9 (1. 5. 67) 275–280.

GERMAN, R. et al. (1967): *Ergebnisse der wissenschaftlichen Kernbohrung Ur-Federsee 2.* Oberrhein, geol. Abh. *16*, 45–110.

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

HANTKE, R. (1958): *Die Gletscherstände des Reuss- und Linthsystems zur ausgehenden Würmeiszeit.* Eclogae geol. Helv. *51*/1, 119–149.

– (1959): *Zur Phasenfolge der Hochwürmeiszeit des Linth- und des Reuss-Systems, verglichen mit derjenigen des Inn- und des Salzbach-Systems sowie mit der nordeuropäischen Vereisung.* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *104*, Schlussh., 390–402.

– (1959): *Zur Altersfrage der Mittelterrassenschotter. Die riss/würm-interglazialen Bildungen im Linth/Rhein-System und ihre Äquivalente im Aare/Rhone-System.* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *104*/1.

– (1961): *Die Nordostschweiz zur Würm-Eiszeit.* Eclogae geol. Helv. *54*/1, 123–132.

– (1963): *Chronologische Probleme im schweizerischen Quartär.* Jahresber. & Mitt. oberrh. geol. Ver. N.F. *45*, 45–60.

– (1963): *Die schieferkohleführenden Schotter am Buechberg (Zürcher Obersee).* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *108*, Schlussh., 454–465.

– (1967): *Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland.* Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz, I. Die Ältere und Mittlere Steinzeit, 7–26.

– (1967): *Allgemeines zur Erd- und Vegetationsgeschichte.* Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz, I. Die Ältere und Mittlere Steinzeit, 1–6.

– (1967): *Die würmeiszeitliche Vergletscherung im oberen Toggenburg (Kt. St. Gallen).* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *112*, Schlussh., 223–242.

HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz.* Bd. *1*: Molasseland und Juragebirge.

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

– (1959): *Magnetitvorkommen in diluvialen Ablagerungen des Kantons Schaffhausen.* Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *39*/1 + 2, 105–113.

HUBER, ROB. (1956): *Ablagerungen der Würmeiszeit im Rheintal zwischen Bodensee und Aare.* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *101*, 1–92.

INGLIN, H. (1959): *Molasse et Quaternaire de la région de Romont (Canton de Fribourg).* Bull. Soc. Frib. Sc. nat. *49*, 5–94.

JÄCKLI, H. (1962): *Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum.* Eclogae geol. Helv. *55*/2, 285–294.

JANIK, CH. V. (1967): *Die Genetik der Sedimente auf der Traunhochterrasse bei Linz.* Naturkundl. Jb. Stadt Linz 1967, 1–121.

JÄRNEFORS, B. (1952): *A Sedimentpetrographic Study of Glacial Till from the Pajala District, N. Sweden.* Geol. Föreningens i Stockholm Förhandl. *74*/2, 185–211.

JAYET, A. (1955): *Le problème du fluvioglaciaire*. Geogr. helv. *3*, 148–153.
– (1957): *Sur l'origine du caractère arrondi des galets glaciaires et fluvio-glaciaires*. Eclogae geol. Helv. *50*/2.
– (1966): *Resumé de géologie glaciaire régionale*. Genève (Institut de géologie, chez l'auteur), 56 p.

JENNY, V. & DE QUERVAIN, F. (1960): *Untersuchungen von Kalk- und Dolomitgehalt an Sanden quartärer Ablagerungen der Nordostschweiz*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *40*/1, 55–67.
– (1961): *Untersuchungen von Kalk- und Dolomitgehalt an Sanden quartärer Ablagerungen der Nordostschweiz*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *41*/2, 471–480.

LLIBOUTRY, L. (1964 & 1965): *Traité de Glaciologie*. Tome *1*, 1964 & Tome *2*, 1965. Masson, Paris.

LÜTHI, H., MATTER, A. & NABHOLZ, W. K. (1963): *Sedimentologische Untersuchung eines temporären Quartäraufschlusses bei der Neubrügg nördlich Bern*. Eclogae geol. Helv. *56*/1, 119–145.

MATTER, A. (1964): *Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet (Entlebuch-Tal der Grossen Fontanne, Kt. Luzern)*. Eclogae geol. Helv. *57*/2, 315–428.

MOOS VON, A. (1935): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *15*/2, 169–265.

MORNOD, L. (1947): *Sur les dépôts glaciaires de la vallée de la Sarine en Basse-Gruyère*. Eclogae geol. Helv. *40*/1, 15–35.

MÜLLER, A. (1938): *Die mechanische und mineralogische Konstitution der Saanesande*. Ber. Schwyz. Natf. Ges. *2* (1936–1938), 1–79.

MÜLLER, G. & HAHN, C. (1964): *Schwermineral- und Karbonatführung der Fluss-Sande im Einzugsgebiet des Alpenrheins*. N. Jb. Miner. Mh. *12*, 371–375.

NIGGLI, P. & E. (1952): *Gesteine und Minerallagerstätten. Bd. II: Exogene Gesteine und Minerallagerstätten*. Birkhäuser, Basel.

NUSSBAUM, F. (1907): *Über die Schotter im Seeland*. Mitt. Natf. Ges. Bern, Nrn. 1629–1664, 169–197.
– (1934): *Ältere und jüngere Diluvialschotter bei Bern*. Eclogae geol. Helv. *27*/2, 352–368.

PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter*. Bd. I–III. Tauchnitz, Leipzig.

PETTIJOHN, F. J. (1957): *Sedimentary Rocks*. Second edition. Harper & Brothers, New York.

PORTMANN, J. P. (1956a): *Les méthodes d'étude pétrographique des dépots glaciaires*. Geol. Rdsch. *45*/2, 411–454.
– (1956b): *Pétrographie des moraines du glacier würmien du Rhône dans la région des lacs subjurassiens (Suisse)*. Bull. Soc. Neuchâteloise de Géogr., 1954–1955, *60*/5, 13–55.
– (1960): *Les inclusions rocheuses dans les glaciers*. Geogr. helv. *15*/1, 1–8.
– (1966): *Pétrographie des formations glaciaires à l'est du lac de Bienne (Suisse)*. Eclogae geol. Helv. *59*/2, 697–722.

RUMEAU, J. L. (1954): *Géologie de la région de Payerne*. Thèse Université de Fribourg.

RUTSCH, R. (1933): *Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern*. Beitr. Geol. K. Schweiz N.F. *66*.
– (1947): *Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg (Kt. Bern)*. Beitr. Geol. K. Schweiz N.F. *87*.

SAXER, F. (1964): *Die Diffluenz des Rheingletschers bei Sargans*. Eclogae geol. Helv. *57*/2, 604–607.

SCHINDLER, C. (1968): *Zur Quartärgeologie zwischen dem untersten Zürichsee und Baden*. Eclogae geol. Helv. *61*/2, 395–433.

SCHWAB, R. F. (1960): *Geologische Untersuchungen in der Molasse der Umgebung von Biel (Kt. Bern)*. Diss. Univ. Bern.

SIEBER, R. (1958): *Géologie de la région occidentale de Fribourg*. Bull. Soc. Frib. Sci. nat. *48*, 119–229.

SOMMERHALDER, E. R. (1968): *Glazialmorphologische Detailuntersuchungen im hochwürm-eiszeitlich vergletscherten unteren Glattal (Kt. Zürich)*. Diss. Univ. Zürich.

WEST, R. G. (1968): *Pleistocene Geology and Biology* Longmans, Green & Co. Ltd., London.

WEYL, R. (1952): *Schwermineraluntersuchungen an eiszeitlichen Ablagerungen der Riss-Lechplatte*. Geol. Bavarica *14*, 107–123.

ZIMMERMANN, H. W. (1963): *Die Eiszeit im westlichen zentralen Mittelland (Schweiz)*. Mitt. Natf. Ges. Solothurn *21*, 11–146.

ZINGG, TH. (1935): *Beitrag zur Schotteranalyse. Die Schotteranalyse und ihre Anwendung auf die Glattalschotter*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt. *15*/1, 39–140.

GEOLOGISCHE KARTEN

BADOUX, H. (1965): *Feuille 47 Montreux de l'Atlas géol. Suisse 1:25000. Avec Notice expl. (1965).* Comm. géol. Suisse.

BECK, P. & GERBER, ED. (1925): *Geol. Spez.-karte 96 Thun–Stockhorn 1:25000.* Schweiz. Geol. Komm.

BECK, P. & RUTSCH, R. (1949): *Atlasblatt 21 Münsingen–Heimberg. Geol. Atlas der Schweiz 1: 25000. Mit Erl. (1958).* Schweiz. Geol. Komm.

BERSIER, A. (1952): *Feuille 27 Jorat de l'Atlas géol. Suisse 1:25000. Avec Notice expl. (1953).* Comm. Géol. Suisse.

ERB, L. (1931): *Blatt 146 Hilzingen 1:25000. Geol. K. des Grenzgebietes Baden/Schweiz.* Bad. geol. Landesanstalt in Verbindung mit der Schweiz. Geol. Komm.

GEIGER, E. (1943): *Atlasblatt 16 Pfyn–Bussang. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1943).* Schweiz. Geol. Komm.

Geol. Dienst der Armee (1970): *Atlasblatt 57 Hörnli. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1970).*

Geol. Generalkarte der Schweiz 1:200000:

Feuille 1 Neuchâtel (1944)
Blatt 2 Basel–Bern (1942)
Blatt 3 Zürich–Glarus (1950)
Blatt 4 St. Gallen–Chur (1959)
Feuille 5 Genève–Lausanne (1946)
Feuille 6 Sion (1942)

Geotechn. Karte der Schweiz 1:200000:

2. Auflage
Blatt 1 Neuchâtel–Bern–Basel (1964)
Blatt 2 Luzern–Zürich–St. Gallen–Chur (1963)
Blatt 3 Genève–Lausanne–Sion (1965)
1. Auflage *Blatt 2 (1935) mit Vergletscherungskarte der Schweiz 1:1000000.*

GERBER, ED. (1927): *Geol. Karte von Bern und Umgebung 1:25000.* Geogr. Verlag Kümmerly & Frey, Bern.

– (1950): *Atlasblatt 22 Fraubrunnen–Burgdorf. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1950).* Schweiz. Geol. Komm.

HANTKE, R. (1967): *Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50000.* Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich *112*/2, 91–122.

HOFMANN, F. (1967): *Atlasblatt 52 Andelfingen. Geol. Atlas der Schweiz. Mit Erl. (1967).* Schweiz. Geol. Komm.

JÄCKLI, H. (1966): *Atlasblatt 50 Wohlen. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1966).* Schweiz. Geol. Komm.

HÜBSCHER, J. (1961): *Atlasblatt 38 Diessenhofen. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. von Hofmann, F. & Hantke, R. (1964).* Schweiz. Geol. Komm.

KOPP, J. (1945): *Atlasblatt 18 Beromünster–Eschenbach. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1945).* Schweiz. Geol. Komm.

LUDWIG, A. (1930): *Atlasblatt 4 Flawil–Schwellbrunn. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1930).* Schweiz. Geol. Komm.

MÜHLBERG, F. (1910): *Geologische Karte der Umgebung des Hallwilersees und des obern Winen- und Surtales 1:25000. Geol. Spez.-karte mit Profiltafel 54b und Erl. Nr. 10.* Schweiz. Geol. Komm.

OCHSNER, A. (1968): *Atlasblatt 53 Linthebene. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000.* Schweiz. Geol. Komm.

NUSSBAUM, F. (1936): *Exkursionskarte der Umgebung von Bern 1:75000, 2. Aufl.* Geogr. Verlag Kümmerly & Frey, Bern.

RUTSCH, R. F. & FRASSON, B. A. (1953): *Geol. Atlasblatt 26 Neuenegg–Rüeggisberg. Mit Erl. (1967).* Schweiz. Geol. Komm.

SAXER, F. (1964): *Atlasblatt 45 Rorschach. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000. Mit Erl. (1965).* Schweiz. Geol. Komm.

TERCIER, J. & BIERI, P. (1961): *Atlasblatt 36 Gurnigel. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000.* Schweiz. Geol. Komm.

LITERATURLISTE FÜR DIE MOLASSEPROBEN, DIE ZUM VERGLEICH MIT DEM PLEISTOZÄN BERÜCKSICHTIGT WURDEN

(die Buchstabenindizes beziehen sich auf die Karten A der Tafeln I und II)

BV BERSIER, A. & VERNET, J. P. (1964): *Etudes sédimentologiques dans la Chandelar.* Bull. Lab. Géol. Min. etc. Univ. Lausanne, *150*, 1–11.

BH BÜCHI, U. P. & HOFMANN, F. (1960): *Die Sedimentationsverhältnisse zur Zeit der Muschelsandsteine und Grobkalke im Gebiet des Beckennordrandes der Oberen Meeresmolasse zwischen Aarau und Schaffhausen.* Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing. *27*/72, 11–22.

BW BÜCHI, U. P.; WIENER, G.; HOFMANN, F. (1965): *Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz.* Eclogae geol. Helv. *58*/1, 87–108.

d DELLA VALLE, G. (1965): *Geologische Untersuchungen in der miozänen Molasse des Blasenfluhgebietes (Emmental, Kt. Bern).* Mitt. Natf. Ges. Bern N.F. *22*, 85–181.

D DUPLAIX, S.; GUILLAUME, S. & LEFAVRAIS-RAYMOND, A. (1965): *Le Tertiaire de la Bresse, stratigraphie et minéralogie, comparaison avec les régions voisines.* Rev. Géogr. phys. Géol. dyn. 7/2, 135–148.

Fr FRASSON, B. A. (1947): *Geologie der Umgebung von Schwarzenburg (Kt. Bern).* Beitr. geol. Karte Schweiz N.F. *88*.

F FÜCHTBAUER, H. (1964): *Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen.* Eclogae geol. Helv. *57*/1, 157–298.

Ga GASSER, U.: *unveröffentlichte Proben.*

G GEIGER, E. (1943): *Erläuterungen zum Geol. Atlasblatt 16 (Pfyn–Bussnang) mit Anhang: Sedimentpetrographische Untersuchungen der oberen Süsswassermolasse und der pleistozänen Ablagerungen im Thurgau.* Schweiz. Geol. Komm.

H1 HOFMANN, F. (1957): *Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz.* Eclogae geol. Helv. *50*/2, 289–322.

H2 HOFMANN, F. (1960): *Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz.* Eclogae geol. Helv. *53*/1, 1–25.

H3 HOFMANN, F. (1965): *Untersuchungen über den Goldgehalt der Oberen Marinen Molasse und des Stubensandsteins in der Gegend von Schaffhausen.* Schweiz. Min. Petr. Mitt. *45*/1, 131–137.

K KLEIBER, K. (1937): *Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone.* Eclogae geol. Helv. *30*/2, 419–430.

N LÜTHY, H., MATTER, A. & NABHOLZ, W. K. (1963): *Sedimentologische Untersuchungen eines temporären Quartäraufschlusses bei der Neubrügg nördlich Bern.* Eclogae geol. Helv. *56*/1, 119–145 (Mittelwerte von untersuchten Molassesandsteinproben verwendet).

Q1 NIGGLI, P. & DE QUERVAIN, F. & WINTERHALTER, R. (1930): *Chemismus schweizerischer Gesteine, Abschnitt Molassegebiet.* Beitr. z. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie *14*, 262–263.

Q4 NIGGLI, P. & DE QUERVAIN, F. & WINTERHALTER, R. (1930): *Chemismus schweizerischer Gesteine, «Unvollständige Analysen».* Beitr. z. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie *14*, 284–285.

Q2 DE QUERVAIN, F. & FRIEDLÄNDER, ... (1942): *1. Nachtrag zu «Chemismus schweizerischer Gesteine».* Beitr. z. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie *20*, 48–51.

Q3 DE QUERVAIN, F. & JENNY, V. (1956): *2. Nachtrag zu «Chemismus schweizerischer Gesteine».* Beitr. z. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie *34*, 74–75.

S SCHÄR, U. (1967): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mesozoikum und Tertiär des Bielerseegebietes (Kt. Bern).* Beitr. Geol. Karte Schweiz N.F. *133*.

T TANNER, H. (1944): *Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli.* Mitt. Thurg. Natf. Ges. *33*.

V1 VERNET, J. P. (1958): *Les minéraux lourds d'une série chattienne de la molasse du Plateau suisse.* Bull. Lab. Géol. Min. etc. Univ. Lausanne, *125*, 1–9.

V2 VERNET, J. P. (1964a): *Pétrographie sédimentaire dans la molasse de la région d'Yverdon.* Bull. Lab. Géol. Min. etc. Univ. Lausanne *149*, 1–12.

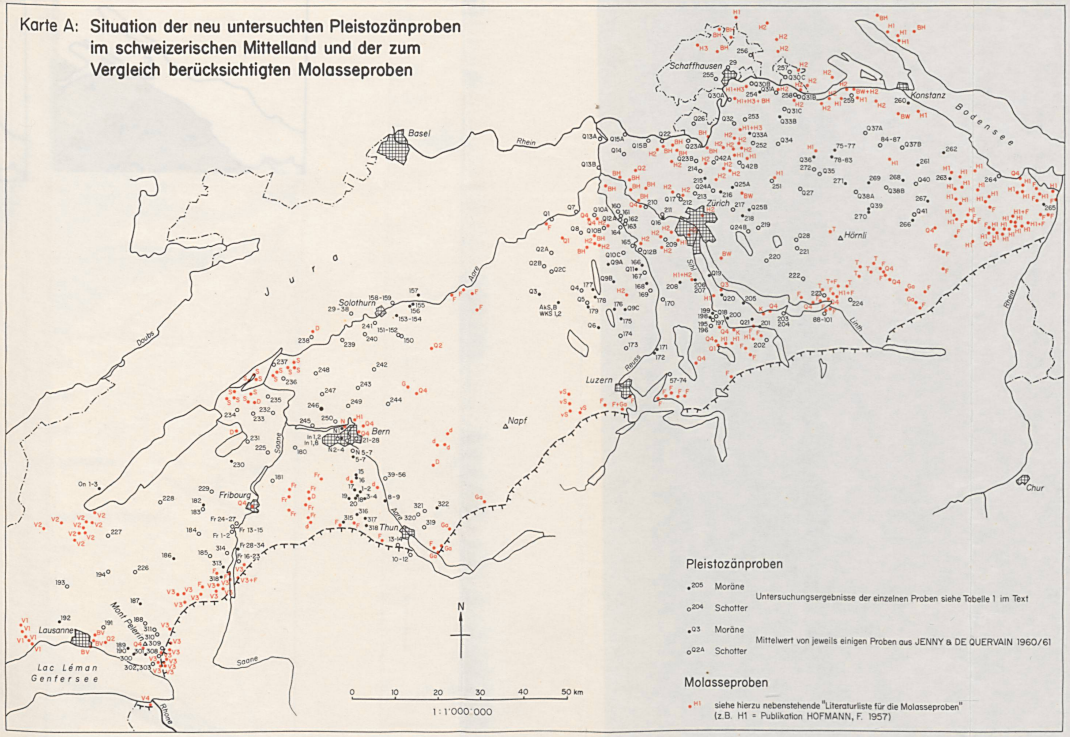
V3 VERNET, J. P. (1964b): *Pétrographie sédimentaire des formations molassiques de la région de Bulle à Vevey*. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., *31*/80, 25–32.

V4 VERNET, J. P. (1964c): *Etudes sédimentologiques dans la molasse des préalpes valaisannes*. Arch. Sci. Genève, *17*/3.

vS VON SALIS, K. (1967): *Geologische und sedimentologische Untersuchungen in Molasse und Quartär südöstlich Wolhusen (Entlebuch, Kt. Luzern)*. Mitt. Natf. Ges. Luzern *21*, 1–106.

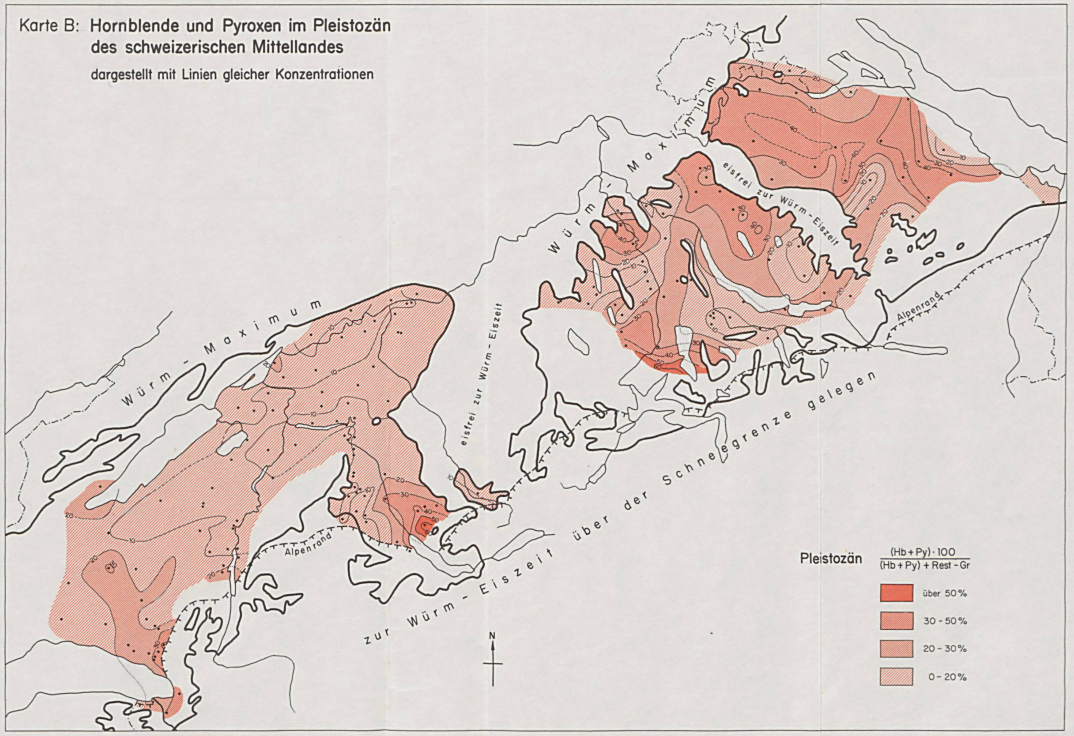
Manuskript eingegangen am 28. August 1969

Karte A: Situation der neu untersuchten Pleistozänproben im schweizerischen Mittelland und der zum Vergleich berücksichtigten Molasseproben



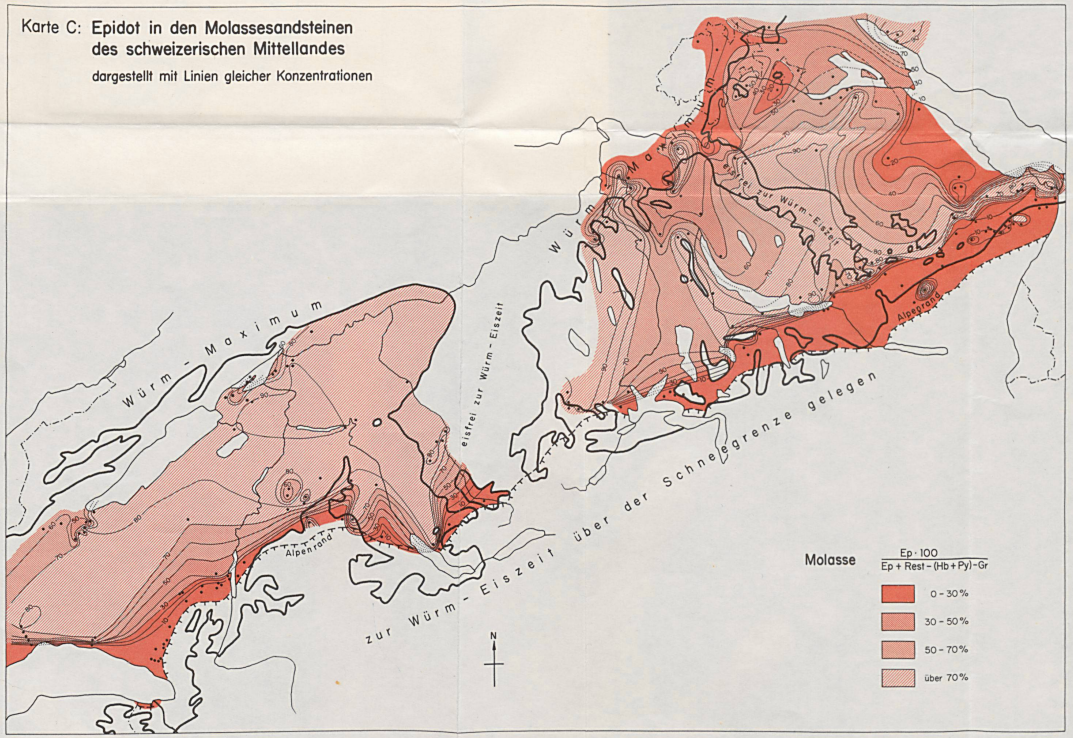
Karte B: Hornblende und Pyroxen im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes

dargestellt mit Linien gleicher Konzentrationen



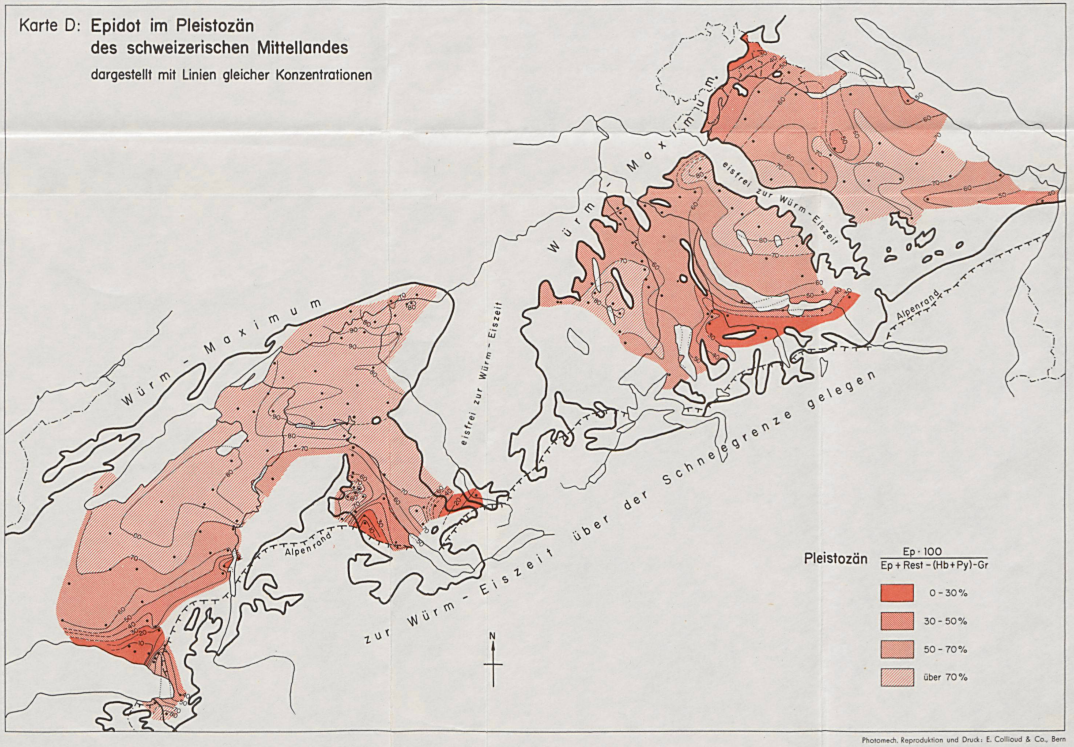
Karte C: Epidot in den Molassesandsteinen des schweizerischen Mittellandes

dargestellt mit Linien gleicher Konzentrationen

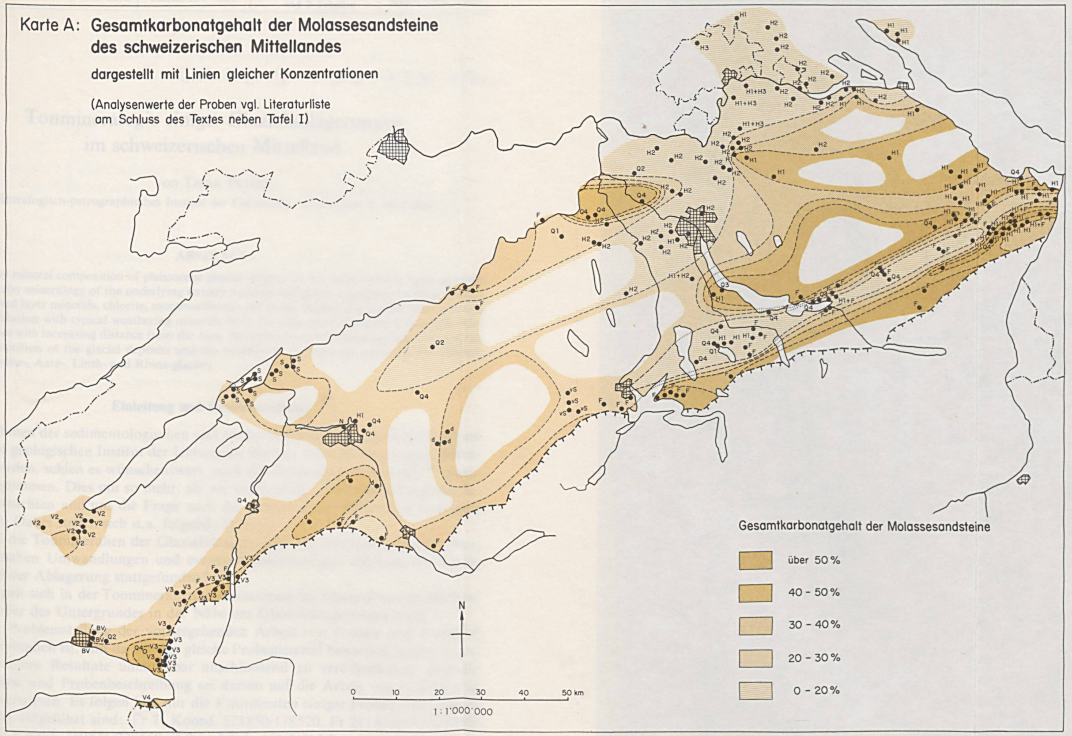


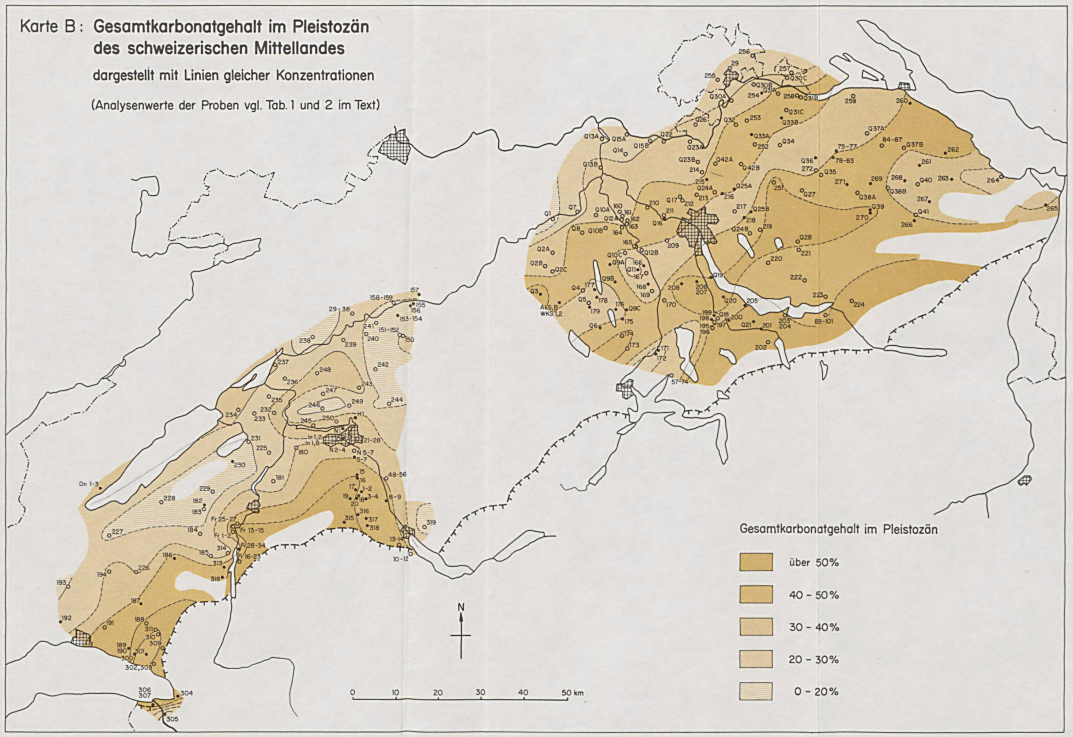
Karte D: Epidot im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes

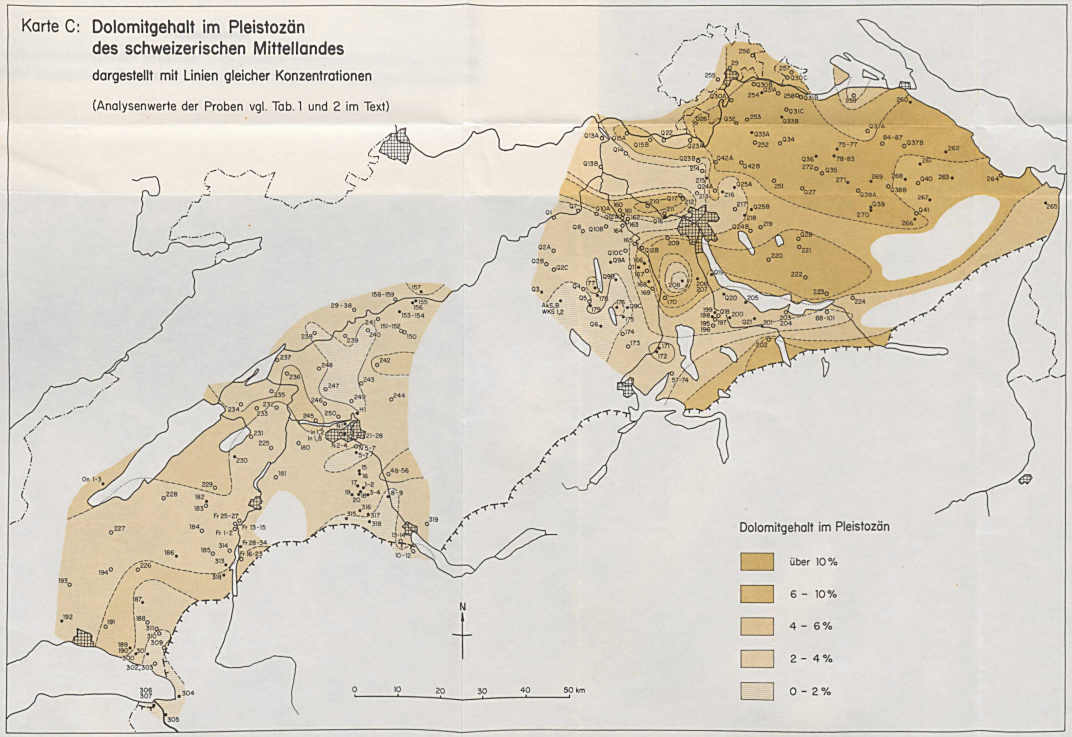
dargestellt mit Linien gleicher Konzentrationen

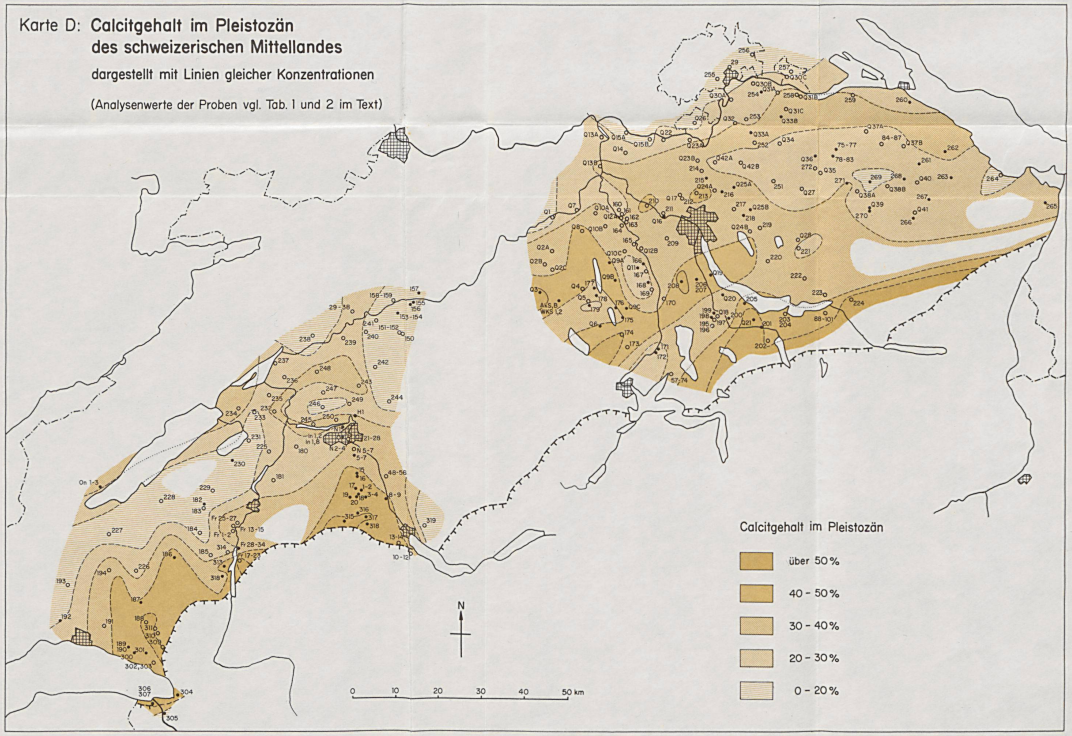


Photomech. Reproduktion und Druck: E. Colliaud & Co., Bern









Photomech. Reproduktion und Druck: E. Colliaud & Co., Bern