

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 12 (1971)
Heft: 2

Artikel: Gibt es Grundmoränenlandschaft im Umkreis der Alpen? : Ein Beispiel geomorphologischer Grundlagenforschung
Autor: German, Rüdiger
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089204>

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: 15.01.2026

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

Gibt es Grundmoränenlandschaft im Umkreis der Alpen?

Ein Beispiel geomorphologischer Grundlagenforschung¹

RÜDIGER GERMAN

Zusammenfassung: Alt- und Jungmoränenlandschaften im Umkreis der Alpen wurden nach geologisch-sedimentologischen Gesichtspunkten neu untersucht. Im Gegensatz zu ihrem Namen zeigen diese Landschaften an der Erdoberfläche jedoch zumeist Schmelzwassersedimente. Für diese Gebiete treffen damit die bisher gebräuchlichen Begriffe «Alt-» bzw. «Jungmoränenlandschaft» nicht mehr zu. Auch die bekannten Kuppen in diesen Landschaften bestehen nicht, wie bisher angenommen, aus Moränenmaterial, sondern meist aus glazifluvialen Schwemmkegeln. Sie wurden vor den Schmelzwassertoren am jeweiligen Eisrand während der Abschmelzzeit gebildet. Als neuer Landschaftsbegriff wird «kuppige Schmelzwasserlandschaft» vorgeschlagen. Ansätze für eine Morphologie der «kuppigen Schmelzwasserlandschaft» werden gezeigt und eine neue Gliederung glazialer Landschaften wird vorgeschlagen.

1 Einleitung

Was bedeutet Grundlagenforschung in der Geomorphologie? Gibt es das überhaupt in einer Wissenschaft, welche selbst die Grundlage mehrerer Wissenszweige ist? Die Geomorphologie als «die Lehre von den Formen der festen Erdoberfläche» (H. Louis 1960, S. 1) erlangte in den vergangenen Jahrzehnten ständig wachsende Bedeutung als selbständige Wissenschaft im Rahmen der Erdwissenschaften. Gleichzeitig mit dieser Verselbständigung bildete sich bei morphologischen Arbeiten neben dem Studium der reinen Oberflächenformen aber auch eine zunehmend stärkere Berücksichtigung des Substrats aus. Besonders bei der geomorphologischen Analyse glazialer und glaziger Landschaften mit dem bekannten und häufig kleinräumigen Wechsel der Formen zeigte sich schon bald, dass Fortschritte in der Formenanalyse durch eingehende Untersuchungen des Gesteinsuntergrundes begünstigt, ja teilweise erst begründet wurden. Fruchtbare Ansätze in dieser Richtung stellen die Arbeiten von Bugmann (1956), Eichler (1970), Leemann (1958) und Moser (1958) dar. Die Bearbeitung der Gesteine ist zwar meist das Arbeitsgebiet des Geologen. Viele Vertreter dieser Wissenschaft haben jedoch die Gebiete quartärer terrestrer Lockersedimente gerne Geomorphologen zur Bearbeitung überlassen. Der überaus rasche und häufige Fazieswechsel quartärer Sedimente erschwerte den an weiträumiges Arbeiten gewohnten Bearbeitern oft eine brauchbare und plausible Übersicht. Diese Schwierigkeiten der Sedimentbearbeitung wurden bei einer Beschreibung der Oberflächenformen durch den Morphologen weitgehend ausser Acht gelassen. Auf einem unsicheren Grund wurde ein Lehrgebäude errichtet, dessen Schwächen jetzt zutage treten. Die geringe Beteiligung von geologischer Seite an der Bearbeitung quartärer terrestrer Sedimente war deshalb bedauerlich, da ja die Genese der Sedimente, ihre Abtragung, die Umlagerung (Transport) und ihre vorübergehende oder endgültige Ablagerung ein typisches Arbeitsgebiet des Geologen darstellt. Häufig ist

¹ Zur Deutung quartärer Sedimente und Formen VII.

nur er in der Lage, alle Möglichkeiten der Genese von Sedimenten zu überblicken.

Sofern nicht erhebliche zeitliche Unterschiede zwischen der Bildung der Oberfläche und derjenigen des unter der Oberfläche liegenden Sediments bestehen, darf meist davon ausgegangen werden, dass die Genese des Sediments weitgehend auch diejenige der Oberfläche anzeigt. Gerade diese Voraussetzung ist bei Ablagerungen der letzten Eiszeit weitgehend erfüllt. Sie gilt auch noch angenähert für Sedimente der Risseiszeit, wenn wir die Beträge nachträglicher periglazialer Umlagerung berücksichtigen. Die Wirkung der periglazialen Umlagerung riss-eiszeitlicher Sedimente, besonders während der Würmeiszeit, ist nicht ganz gering. Sie hält sich aber in einem Rahmen, der noch Vergleiche mit den Formen der Würmeiszeit erlaubt. Der Betrag dürfte bei dem flachen Relief im Alpenvorland einige Meter selten übersteigen.

Wir kommen damit zu der Einsicht, dass die Sedimente der letzten beiden Eiszeiten, zumindest im Umkreis der Alpen, auch die Genese der Landoberfläche zutreffend anzeigen, sofern wir die Sedimente unter der Landoberfläche richtig deuten. Die Sedimente erlauben damit im vorliegenden Falle eine Kontrolle geomorphologischen Arbeitens. Damit ist geologische Sedimentausdeutung aber eine Grundlage für geomorphologische Forschung. Diese vorteilhafte Möglichkeit, die Grundlage glazialmorphologischer Forschung zu überprüfen, sollte immer wieder genutzt werden, um zu vermeiden, sich von den Realitäten zu weit zu entfernen. Derartige Grundlagenforschung für die Geomorphologie ist gegenwärtig deshalb so bedeutungsvoll, weil die geologische Sedimentausdeutung in letzter Zeit wesentliche Fortschritte erzielt hat.

Die Auswirkungen dieser Grundlagenforschung treffen vermeintlich sicheren Bestand der geomorphologischen Wissenschaft. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff der «Grundmoränenlandschaft» (einschliesslich der Begriffe «Alt-» und «Jungmoränenlandschaft») untersucht. Besteht dieser Begriff in der geomorphologischen Literatur zurecht, oder muss er zumindest im zirkumalpinen Gebiet einem genetisch zutreffenderen Namen weichen? Der bisherige Begriff setzt zweifellos voraus, dass eine Landschaft dieses Namens auf dem grössten Teil ihrer Oberfläche Grundmoränensediment trägt und damit zweifelsfrei durch einst bewegtes Eis geprägt wurde. Gibt es daher im Umkreis der Alpen auf Grund neuester Ergebnisse der Sedimentforschung noch Grundmoränenlandschaft?

2 Von der Grundmoränen- zur Schmelzwasserlandschaft

Der Begriff «Moränenlandschaft» wurde von *Desor* (1874) am Beispiel der Moränen um die lombardischen Seen eingeführt. Im wesentlichen handelt es sich bei diesen Formen um Wallmoränen. Aus diesem Grund schrieb schon *Penck* (1894, S. 54) über *Desor*: «...er verstand darunter lediglich die Endmoränenlandschaft». Heute würde dafür zweckmässigerweise der Ausdruck Wallmoränengebiet verwendet werden, zumal es sich nicht um eine ganze Landschaft, sondern nur um einen Teil davon handelt. Wahrscheinlich hat *Penck* (1909,

S. 16 mit Abb. 1) aus diesem Grund nur noch den Begriff «Moränengürtel» gebraucht (im Gegensatz zu «Endmoränenlandschaft», die er früher, in *Penck* 1894, S. 50 ff., auf einigen Seiten beschrieb). Eine ähnliche Entwicklung ist aber auch bei dem Begriff Grundmoränenlandschaft zu beobachten. In *Penck* (1894, S. 52-54) sind ihm noch anderthalb Seiten unter einer eigenen Überschrift gewidmet. Später (*Penck* 1909) tritt dieser Landschaftsname im Register überhaupt nicht mehr auf und im Text ist er nach meinen Kenntnissen wohl nur im Sinne von Zitaten gebraucht. Es scheint, als ob *Penck* (1909) sich von diesem übernommenen Ausdruck wieder etwas distanzieren möchte. In diesem Zusammenhang ist es interessant, dass *Penck* (1909, S. 17) auf die zahlreichen Schmelzwasserspuren im Zungengebiet hinweist. Insofern können die folgenden Ergebnisse als eine folgerichtige Weiterentwicklung der Gedanken *Pencks* angesehen werden.

Vermutlich unter dem Eindruck von *Wahnschaffe* (1888) ist der im nordeuropäischen Vereisungsgebiet wahrscheinlich zutreffende Ausdruck «kuppige Grundmoränenlandschaft» auch im Umkreis der Alpen verwendet worden. Zumindest tritt er bei *Knauer* (1938) auf der Abbildung der glazialen Serie auf. Er ist dort für das Gebiet zwischen Randmoränenwällen eingetragen. Im Rahmen seiner Begrichtigung der Darstellung der glazialen Serie hat *Schaefer* (1950, S. 56) diese Abbildung erneut dargestellt. Die verstärkte Verwendung der Moränenlandschaftsbegriffe und die besondere Zuwendung der geomorphologischen Forschung zur extramoränenischen Schotterstratigraphie haben offenbar dazu geführt, dass der nicht-glaziale Charakter der intramoränenischen Landschaft nicht erkannt wurde.

In den geomorphologischen Arbeiten der vergangenen Jahrzehnte ist der Begriff Moränenlandschaft differenziert und in verschiedenen Landschaften immer wieder neu bearbeitet worden. Welchem Vertreter der Geowissenschaften sind die Kennzeichen der Jung- und auch der Altmoränenlandschaft kein Begriff? In einer nicht mehr überschaubaren Zahl von Einzelarbeiten haben sich zahlreiche Autoren damit befasst, so dass die Moränenlandschaften festgefügter Bestandteil des Lehrgebäudes der Geomorphologie zu sein scheinen.

Und trotzdem trifft nach neuesten Untersuchungen dieser Begriff für weite Flächen, für die er beansprucht wird, überhaupt nicht zu! Wie ist das möglich? Hat sich eine ganze Generation von Geomorphologen geirrt? Der Fortschritt der Wissenschaften fordert immer wieder Grundlagenuntersuchungen. Die Ergebnisse solcher Grundlagenuntersuchungen erfordern wiederum Nachdenken und Umdenken, auch bei alteingesessenen Anschauungen.

Grundlagenuntersuchungen für die Quartärmorphologie erfolgen zweckmässigerweise als Untersuchungen am Rand oder im Vorfeld rezenter Eisgebiete. Die Frage heisst damit: Welche Sedimente finden wir am heutigen Eisrand bzw. in seinem Vorland und welche Formen bilden diese Sedimente? Der Umstand, dass die Eismassen der Erde seit Jahrzehnten schwinden und die Ränder zurückweichen, ist für die aktualistische Deutung der sog. pleistozänen Jung- und Altmoränenlandschaften sehr günstig. Damit besitzen wir Zustände und Landschaften, wie sie ähnlich beim Abschmelzen quartärer Eismassen vorlagen. Vergleiche

zwischen rezenten Eisrandgebieten mit ihren Vorländern einerseits und den sog. Jung- und Altmoränenlandschaften andererseits sind folglich grundsätzlich richtig. Sie umfassen in beiden Fällen Abschmelzgebiete mit ihren Sedimenten. Außerdem zeigt der Augenschein, dass in beiden Fällen gleichartige Sedimente und Formen vorliegen bzw. entstehen. Ein derartiger Vergleich rezenten und pleistozänen Sedimenten und Formen ist auf dem Gebiet der Glazial- und Quartärforschung das, was in anderen Bereichen der Erdwissenschaften mit Hilfe der Aktuogeologie geleistet wird. Durch diese Aktuogeologie sind besonders auf dem Gebiet der Meeressedimente in letzter Zeit erstaunliche Fortschritte erzielt worden. Warum sollen solche Möglichkeiten für die Deutung terrestrer Sedimente nicht genutzt werden?

In dem aktualistischen Sinne stellt sich für uns daher die Frage: Welche Sedimente und Formen finden wir in rezenten Eisrandgebieten und in deren Vorländern?

Wie ich an einer Reihe von Beispielen aus den Alpen und aus Grönland gezeigt habe, liegt im Vorfeld heutiger Eisgebiete fast kein Grundmoränensediment (*German, 1962-1971*). Die Flächen in meinen Untersuchungsgebieten, welche mit Grundmoränensediment bedeckt sind, dürften schätzungsweise höchstens 10 bis 15 % der Gesamtfläche ausmachen; meist sind es erheblich weniger. Nach meinen Erfahrungen kommt Grundmoränensediment nur am Rande des Schmelzwassertores, an den Seiten im obersten Teil des Schmelzwasserbaches (in beiden Fällen infolge der Tiefenerosion) und gelegentlich an den steilen Flanken schmäler Täler des Eisvorlandes im Übergangsgebiet zur Randmoräne vor. Das ganze übrige Gebiet vor dem Eis besteht jedoch, sofern es sich nicht um geschliffenen Fels handelt, aus reinen Schmelzwasserablagerungen (*German, 1962-1971*).

Diese neue Ausdeutung der Sedimente wirft folgende Frage auf: Woran sind die Schmelzwassersedimente von den Moränensedimenten zu unterscheiden? In den meisten Fällen bestehen Moränensedimente zu einem namhaften Anteil aus Material der Schluffkorngrösse (Silt). Dieser Schluff ist das Ergebnis mechanischer Zertrümmerung in und unter dem Eis und an seinem Rand. Ausnahmen bilden z. B. Stauchmoränensedimente. Sowie die schluffreichen Moränensedimente jedoch im Eisrandbereich vorkommen, unterliegen sie der Wirkung des tauenden Eises und des abfliessenden Schmelzwassers. Dieser Eisrandbereich reicht nicht nur vom Ende des Eises an talab. Wie Grabungen an der Stirn des Eises zeigen, findet Abfliessen von Schmelzwasser auch schon an der Unterfläche des Eisrandes statt. In diesem Eisrandbereich spült das Schmelzwasser auch unter dem Eis zumindest den feinkörigen Schluff aus und lässt die gröberen Bestandteile zurück. Das Korngrössenspektrum wird dadurch schmäler (Anreicherung der Körner mit grossem Durchmesser) und die Kornsummenkurve damit steiler (*German 1964*). Neben diesem ersten Unterscheidungsmerkmal in der Zusammensetzung der Korngrössenbestandteile gibt es aber noch ein zweites durch die verschiedene Textur. In fluvialen und glazifluvialen Sedimenten sind die Gerölle immer in Dachziegellagerung angeordnet, sofern nicht nachträglich eine Störung dieser Lagerung, wie z. B. durch ausschmelzendes Toteis, erfolgte. Schliess-

lich beobachten wir aber in fast allen Fällen dieser schluffarmen, dachziegelartigen Lagerung der Sedimente noch eine Schichtung. Diese Schichtung tritt bei allen Sedimenten fliessenden Wassers auf. Dieses dritte Kennzeichen unserer Sedimente am Eisrand und in seinem Vorland dürfte schon allein ausreichen, alle Einwände gegen eine Entstehung durch Schmelzwasser zu widerlegen. Alle drei angeführten Kennzeichen zusammen lassen aber überhaupt keine andere Deutungsmöglichkeit zu.

Das führt uns zu dem Ergebnis: *Rand und Vorland rezenter Eisgebiete werden zum weitaus überwiegenden Teil durch Schmelzwasser gestaltet. Im Vorland abschmelzender Eismassen liegen weitflächig Schmelzwassersedimente.*

Der Grad der Schmelzwasserbearbeitung im Eisvorland ist allerdings recht unterschiedlich. Wie an anderer Stelle ausgeführt, können dort einige Zonen und verschiedene Arten typischer Sedimente unterschieden werden (German 1970 und 1971c im Druck). Eine eingehende Differenzierung der verschiedenen Sedimente nach ihren Eigenschaften ist in German 1971 (Tab. 1) vorgenommen.

Genau die gleichen Arten schluffarmer eingeregelter und geschichteter Sedimente, wie wir sie in den Vorländern rezenter Eisgebiete finden, liegen aber auch unmittelbar unter der Verwitterungsdecke in unseren sog. Alt- und Jungmoränenlandschaften. Abgesehen von einigen wenigen Rand- und Stauchmoränenwällen werden die sog. Moränenlandschaften aus Schmelzwassersedimenten gebildet. Die Grundmoräne der zugehörigen Eiszeit liegt oft viel tiefer, meist mehrere Zehner von Metern im Untergrund. Sie ist von mächtigen Schmelzwasserablagerungen zugedeckt (German 1970a).

Der Geomorphologe wird vielleicht fragen, warum bisher so viel von Sedimenten und so wenig von Formen die Rede war. Die Sedimente erlauben, wie schon angeführt, eine genaue Aussage über die Genese. Da die Oberfläche der Formen weitgehend gleichzeitig mit den Sedimenten entstand oder ganz kurze Zeit später nur geringfügig durch Schmelzwasser umgestaltet wurde, ist ein Beweis für das Sediment gleichzeitig auch einer für die Form.

Durch die vorstehenden Ergebnisse, welche an rezenten und pleistozänen Eisrandgebieten gewonnen wurden, scheint eine regelrechte «Verwässerung» der sog. «Moränenlandschaften» zu erfolgen. Damit dreht es sich eigentlich nur noch um die Frage: Wie können wir die Entstehung dieser riesigen Schmelzwasserlandschaften erklären bzw. warum hat man sie nicht früher erkannt?

Im zirkumalpinen Gebiet hat man früher weitgehend mit einem oder höchstens einigen wenigen Schmelzwassertoren pro Gletscher bzw. Vorlandgletscher gerechnet. Schon vor langen Jahren konnte ich mit feinmorphologischen Kriterien nachweisen, dass z. B. am untersuchten Teil des würmeiszeitlichen Rheinvorlandgletschers auf fast jeden Kilometer Eisrand ein Schmelzwassertor kommt (German 1958). Inzwischen habe ich festgestellt, dass es Stellen gibt, an denen die Aufeinanderfolge noch dichter ist. Wir dürfen an dem etwa 180 km langen Eisrand der Würmeiszeit wohl mit etwa 200 Schmelzwassertoren rechnen.

Die rezenten Beispiele zeigen aber noch mehr. Die Sedimente werden nicht nur

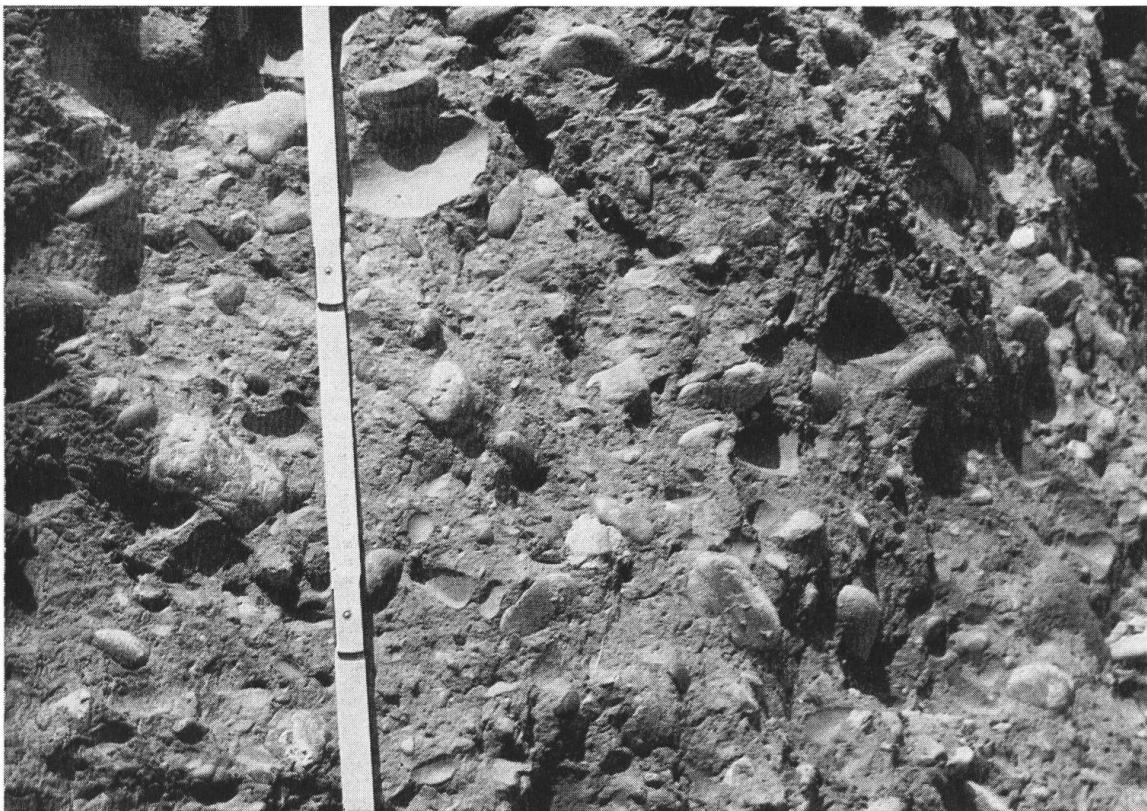


Abb. 1 Grundmoränensediment der Würmeiszeit bei Ravensburg. In schluffreicher Matrix liegen durch Eisarbeit gut gerundete und gekritzte Geschiebe. (Photo: R. German 1969).

unmittelbar um die Schmelzwassertore herum umgelagert. Auf die Länge des gesamten Eisrandes fliessen, zumindest jahreszeitlich, die Schmelzwässer und verändern die dem Eisrand vorgelagerten Sedimente. Damit wird deutlich: Am Eisrand kann daher kaum noch Grundmoränensediment umherliegen. Im ganzen Eisrandbereich werden entweder die Feinbestandteile des Grundmoränensediments ausgespült, so dass nur noch die Grobbestandteile umherliegen, oder die Grundmoräne wird von den Schmelzwassersedimenten zugeschüttet. In beiden Fällen liegt aber an der Erdoberfläche genetisch kein Moränensediment mehr vor. Durch Ausspülen bzw. durch Überlagerung liegt nunmehr Schmelzwassersediment an der Erdoberfläche.

Mit diesen Ergebnissen wird das erdgeschichtliche Geschehen am Eisrand viel lebhafter als bisher durch die Ablagerung einer Grundmoränenschicht. Wenn die Schmelzwassersedimente bisher nicht richtig gedeutet wurden, dann hängt dies meines Erachtens mit den folgenden Verhältnissen zusammen: Früher wurden nur diejenigen Schmelzwasserflüsse und diejenigen grobkörnigen und mächtigen Flusschotter beachtet, welche an die heute gut sichtbaren grossen Hauptschmelzwassertore anschliessen. Diese fallen deshalb auf, weil durch sie lange Zeit nach dem Schwinden des Eises in ihrer Umgebung noch das Schmelzwasser aus fernen Gebieten im Spätglazial abfloss. Auf diese Weise sind, wie z. B. das

ehemalige Schmelzwassertor bei Winterstettenstadt am Durchbruch der Riss durch den Maximalwall der Würmeiszeit, diese Stellen noch lange Zeit, nachdem dort kein Schmelzwassertor mehr lag, von mächtigen Wassermassen umgestaltet worden. Erosion am ehemaligen Schmelzwassertor und Mäanderbildung im Bereich des Übergangskegels (Troll 1954) liessen die Durchflusstellen spätglazialer Schmelzwässer morphologisch besonders in Erscheinung treten. Die übrigen Schmelzwassertore, welche nach dem Schwinden des Eises nicht mehr in Funktion waren und deshalb im Spätglazial nicht mehr verändert werden konnten, fielen nicht oder kaum auf. Sie wurden morphologisch und paläogeographisch meist vernachlässigt oder übersehen. Dass die sog. Hauptschmelzwassertore im Hochglazial wahrscheinlich genau so unscheinbar waren, wie die übrigen an ihren Seiten, hatte man offenbar nicht berücksichtigt, vermutlich weil nicht die Entstehungsgeschichte, sondern nur der Endzustand Beachtung fand.

Auf diese Art wurden die kleinen Rinnen und die darin abgelagerten Sedimente seitlich der Hauptschmelzwassertore vernachlässigt. Der in den Sedimenten auftretende häufige Wechsel in Schichtung, Fazies und Form wurde mit den selten genau bekannten Umständen der Eisarbeit in Zusammenhang gebracht. Der Einfachheit halber wurden diese Dinge einer wenig bekannten Moränenbildung zugeschoben. Nunmehr sind die Zusammenhänge aber klar. Die Genese der Sedimente ist zum überwiegenden Teil glazifluvial. Sie können daher nur den Schmelzwasserbildungen zugerechnet werden. Würden wir diese Ablagerungen weiterhin als Moränen bezeichnen, wäre dies sachlich falsch.

Nachdem der grösste Teil der Sedimente in der sog. «Jung-» wie auch in der «Altmoränenlandschaft» richtig als Schmelzwassersedimente bezeichnet werden muss, sind die Begriffe «Jung- und Altmoränenlandschaft» zumindest für weite Gebiete im Umkreis der Alpen fehl am Platze. Obwohl diese Begriffe schon Jahrzehnte alt sind und reichlich verwendet werden, ist ein weiterer Gebrauch nur dann gerechtfertigt, wenn zuvor anhand des Sediments nachgewiesen wird, dass im Untersuchungsgebiet auf gröserer Fläche Moränensediment auftritt. Anstelle der unzweckmässigen alten Termini schlage ich vor, nunmehr den Ausdruck «ältere bzw. jüngere kuppige Schmelzwasserlandschaft» zu verwenden. Durch die Eigenschaft «kuppig» wird einerseits die Verbindung mit dem tatsächlichen Landschaftsausdruck hergestellt, besonders mit der ehemaligen «kuppigen Grundmoränenlandschaft». Andererseits können wir mit der Eigenschaft «kuppig» diese Landschaft von anderen und zwar den grossflächigeren und ebenen Schmelzwasserlandschaften abheben, welche auch innerhalb der Maximalmoräne aber durch grosse Schmelzwasserströme entstanden sind (z.B. Schongauer Schmelzwasserlandschaft, German 1962).

Damit bleibt jetzt noch die Frage zu klären: Wie sind die zahllosen Kuppen der kuppigen Schmelzwasserlandschaft zustandegekommen?

3 Entstehung der kuppigen Schmelzwasserlandschaft

Die Kuppen der ehemaligen «Alt- bzw. Jungmoränenlandschaft» enthalten fast nur Schmelzwassersedimente. Lediglich die beckeneinwärts gelegenen Enden der



Abb. 2 Eisrandnahe Schmelzwassersedimente der Würmeiszeit bei Ravensburg. In sandiger Matrix liegen kantengerundeter Kies in dachziegelartiger Lagerung und kantige Blöcke. Das Feinmaterial ist durch Schmelzwasser ausgespült; vgl. hierzu auch *German* 1970 a. (Photo: R. German 1969).

Kuppen, an denen einst das Eis lag, enthalten Moränensediment. Die Masse des Materials ist unterschiedlich sortiert und unterschiedlich geschichtet, zeigt aber in fast allen Fällen Schmelzwassergenese. Zwei Extremfälle der Sedimente sind in den Abb. 1, 2 und 3 abgebildet. Eingehende Kartierungen meiner Mitarbeiter *R. Hermann, H. Holzmann* (1971), *M. Mader* (1971), *S. Schiftah* (1970), *E. Tsia-kiris* und *H. Weinhold* brachten folgendes Ergebnis: Bei den Kuppen aus Schmelzwassersedimenten handelt es sich um Schwemmkegel, welche vor den einstigen Schmelzwassertoren am ehemaligen Eisrand der Abschmelzzeit in das nicht mehr vom Eis bedeckte Vorland geschüttet wurden. Damit wird deutlich: Die Kuppen sind keine Moränen. Hier handelt es sich vielmehr um *Schwemmkegel am Eisrand*. Damit hat die Morphologie in ehemals von Eis bedeckten Gebieten nach wie vor Studienobjekte.

Mit dieser neuen Deutung der Formen ehemals eisbedeckter Landschaften ist aber nicht nur eine neue Variante geomorphologischer Forschung eröffnet. Diese Schwemmkegel zeigen uns jeweils auch die Lage des ehemaligen Eisrandes an. Sofern es uns möglich ist, Schwemmkegel gleichen Alters zu verbinden, ist es auch möglich, die Abschmelzgeschichte des Eises genauer zu fassen. Mit der

Deutung der Kuppen als Schwemmkegel erhält die Landschaft im Hinterlande des Maximalwalles einer Eiszeit endlich auch ein Ordnungsprinzip. Bisher erschienen die meisten Kuppen als Zufallsergebnis der Eisarbeit an seiner Unterfläche. Jetzt geben die Kuppen mit ihrem beckeneinwärts gelegenen Ende die ehemalige Lage eines Schmelzwassertores und damit des ehemaligen Eisrandes an. Gelegentlich wurden solche Kuppen bisher auch als Wallmoränen angesprochen. In derartigen Fällen müssen wir eine Umdeutung in den richtigen genetischen Zusammenhang vornehmen. Nicht die Kämme der Wälle sind die Zeugen des ehemaligen Eisrandes, sondern das beckeneinwärts gelegene Ende der Kuppen gibt die ungefähre paläogeographische Lage des Eisrandes wieder. An diesem beckeneinwärts gelegenen Ende zeigen die Kuppen teilweise Erosionsspuren. Dies wird auf die abtragende Wirkung der Schmelzwässer des nächstjüngeren Schwemmkegels zurückgeführt (Mader 1971). Dadurch wurden stellenweise die geringfügig vorhandenen Moränensedimente weiter vermindert. Ebenso wie viele geomorphologischen Skizzen bedürfen natürlich auch die entsprechenden Darstellungen auf geologischen Karten einer Überprüfung und Umarbeitung.

Die Entstehung der Einzelkuppen ist mangels grosser Aufschlüsse noch nicht in allen Einzelheiten geklärt. Es ist wohl möglich, dass die Einzelkuppe als Ganzes von einem stationären Schmelzwassertor aus aufgeschüttet wurde, als auch dass sich während der Aufschüttung die Lage des Schmelzwassertores (rückwärts) verlagert hat und die Kuppe komplexer Entstehung ist. Im letzten Fall ist es möglich, dass z. B. ein vorderer, embryonaler Teil des Schwemmkegels beim Abschmelzen des Eisrandes von hinten her im Laufe der Zeit überschüttet wurde. Zwischendurch müssten bei diesen Vorgängen natürlich Erosionsspuren aufgetreten sein. Weitere Detailarbeit hat diese Frage je nach Gunst der Aufschlussverhältnisse zu klären.

Die angeführte Schwemmkegelbildung gilt sowohl für die Bildungen der Würm- wie auch der Riss-Eiszeit. Die Landschaften beider Vereisungsgebiete zeigen gleiche Sedimente und ähnliche Formen. Die Sedimente beider Gebiete zeigen Schmelzwasserbildungen mit kennzeichnender Schichtung, Gefälle der Schichten und der Einregelung der Einzelgerölle je nach Abflussrichtung und Ausspülung der feinen Körner (Schluff, Ton), so dass eine kennzeichnende Sortierung auftritt. Charakteristische Formen aus beiden Landschaften sind den topographischen Karten, z. B. Bl. Wurzach (8025) und Diepoldshofen (8125) zu entnehmen.

Am Ostrand des pleistozänen Rheinvorlandgletschers glaubte man früher im Gebiet von Zeil-Treherz einen äussersten Randmoränenzug auskartieren zu können (Weidenbach 1937). Auch diese Kuppen der maximalen Eisausbreitung des Rheinvorlandgletschers im Pleistozän bestehen, wie M. Mader (1971) herausarbeiten konnte, aus Schwemmkegeln. Offenbar sind die Sedimente jener Zeit durch die in der Zwischenzeit eingetretene Abtragung, besonders periglazialer Art, so weit vernichtet, dass nur noch diese Schwemmkegel als Kuppen auf Molasse-Untergrund übrig geblieben sind. Gerade dieses Beispiel zeigt aber, wie vorsichtig man bei der rein morphologischen Auswertung einer Landschaft sein muss, wenn man das Substrat nicht genau kennt. Theoretisch erscheint die Ver-

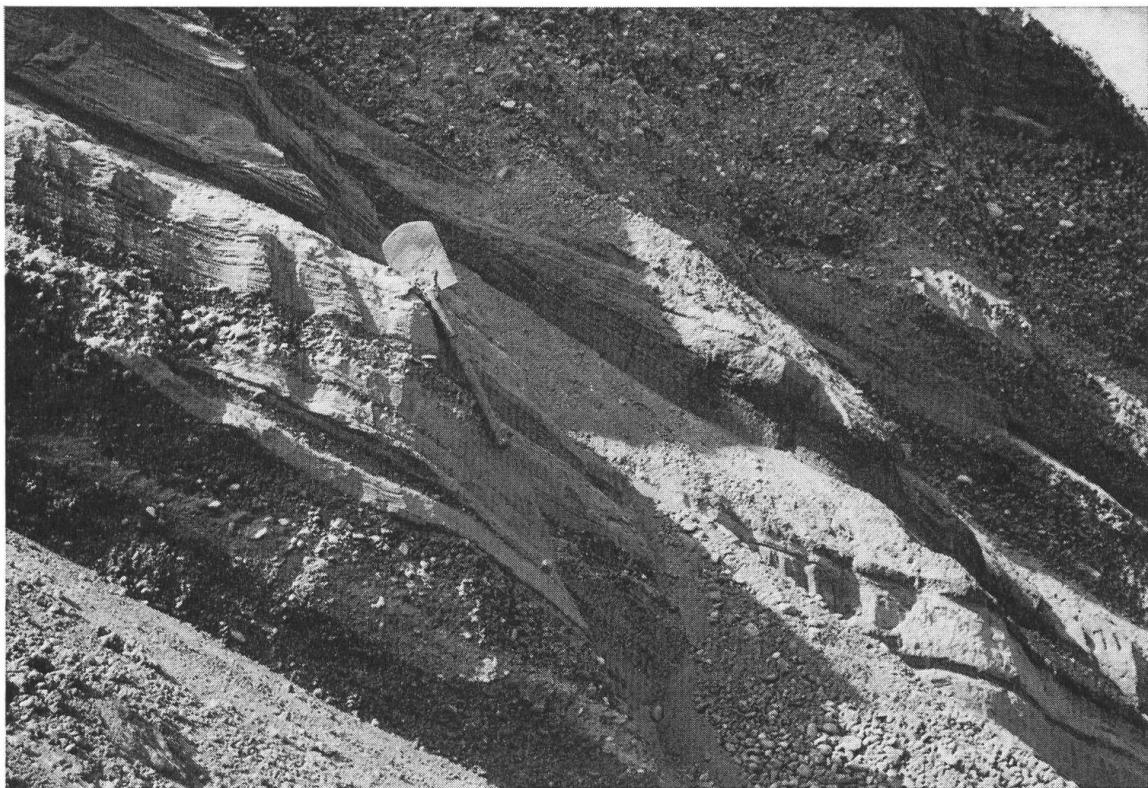


Abb. 3 Eisrandschwemmkegel bei Kisslegg, Kreis Wangen im Allgäu. Gut geschichtete und sortierte Sande und Kiese der Würmeiszeit mit Dachziegellagerung. (Photo: H. Holzmann 1969).

wechselung einer Wallmoräne und eines Schwemmfächers geradezu paradox. In der Praxis wurde dies aber jahrzehntelang gepflegt und das Substrat fälschlicherweise als Moräne deklariert. Bei Anwendung moderner geologischer Arbeitsweisen sollte eine Verwechslung heute nicht mehr möglich sein. Wir sehen damit: In der Quartärforschung führt Geomorphologie nur mit Hilfe gründlicher Kenntnisse in der Ansprache der Sedimente zum Erfolg. Da die Sedimente weitgehend von Schmelzwasser gebildet wurden, ist Glazialmorphologie zu einem guten Teil Flussgeschichte. Diese Flussgeschichte wird durch den sich laufend verändernden Eisrand, die zahllosen Schmelzwassertore und das ausschmelzende Relief sehr komplex in Zeit und Raum.

Sollte von interessierter Seite der Aktualismus als Arbeitsprinzip abgelehnt werden, so kommt man trotzdem zum gleichen Ergebnis. Die riesigen Eismassen des Quartärs sind nicht nur vorgerückt, sondern sie sind auch wieder abgeschmolzen. Dabei entstand am ganzen Eisrand so viel Schmelzwasser, dass man sich heute fragt: Wie konnte man bisher nur annehmen, dass bei solch riesigen Abschmelzvorgängen Grundmoränensediment auf grossen Flächen unversehrt an der Erdoberfläche liegen bleiben konnte? Auch diese Deduktion war falsch, sofern das Eis nicht sublimierte, das heisst, sofern das Eis nicht unmittelbar vom

festen Zustand aus verdunstet ist, also sofern keine flüssige Phase dazwischengeschaltet war. Dieser Fall ist aber so unwahrscheinlich und höchstens auf geringer Fläche vorgekommen, dass er kaum weiter berücksichtigt zu werden braucht.

Wir kommen daher wieder zu dem Ergebnis: Das Vorland abschmelzender Eismassen wurde im Pleistozän und wird im Holozän durch Schmelzwasser intensiv umgestaltet. Die Kuppen dieser Landschaften sind Schwemmfächer.

4 Gliederung der Sedimente

Nunmehr können wir die Produkte der beiden wesentlichen Phasen einer Eiszeit auch unterscheiden. Während des Vorstosses des Eises, der *Vorstossphase*, wird durch den Eisschurf das *Grundmoränensediment* gebildet. Unter günstigen Voraussetzungen können auch Vorstosschotter abgelagert werden. Dagegen werden in der *Abschmelzphase* oder beim Schwinden des Eises durch Schmelzwässer die *Schmelzwassersedimente* akkumuliert (zu deren Gliederung vgl. *German* 1970). Gelegentlich sind bisher örtlich sog. Rückzugsschotter angeführt worden (z. B. *Hantke-Suter* 1962, *Jäckli* 1966). Obwohl sachlich mit diesen Autoren völlig einig, erscheint mir jedoch dieser Ausdruck sprachlich nicht sehr glücklich. Wenn unter «Rückzug» das Wandern des Eisrandes ins Gebirge verstanden wird, ist dies sachlich richtig. Besonders Anfänger denken jedoch bei Eisrückgang fälschlicherweise daran, dass das Eis entgegen dem Gefälle talauf ins Gebirge gezogen werde. Der Ausdruck «Rückzug» ist jedoch durch den Ausdruck Abschmelzen oder «Schwinden» ersetzbar. Meines Erachtens ist der Terminus «Schwinden» sogar noch besser, da er im Gegensatz zu dem linearen «Rückzug» das dreidimensionale Geschehen des Eisabschmelzens besser zur Darstellung bringt. Nachdem durch die Messungen von *Förtsch* und *Vidal* (1968) nachgewiesen worden ist, dass das Abschmelzen des Eises ausser an der Stirn und an der Oberfläche offensichtlich auch an seiner Untergrenze erfolgt, wird das dreidimensionale Geschehen erst recht deutlich.

Das Vorkommen von Grundmoränensediment bleibt dabei auf die Gebiete beschränkt, die nach Ablagerung des Grundmoränensediments nicht oder kaum mehr verändert werden. Dies ist z. B. auf örtlichen Hochgebieten der Fall, wo die Schmelzwässer zu den Seiten hin abgeflossen sind (z. B. südlich Immenried, Top. Karte 1:25 000, Nr. 8125, Diepoldshofen; *H. Holzmann* 1971), oder wo Eisblöcke tot liegen blieben und das Eis weitgehend ohne Schmelzwasserspuren (z. B. durch Versickern) verschwand. Während im zirkumalpinen Gebiet das Sediment Grundmoräne fast vollständig einsedimentiert wurde, scheint es im Umkreis des nordeuropäischen Vereisungsgebiets noch grossflächig aufzutreten. Hier liegen ja auch die Gebiete, nach denen *Wahnschaffe* (1888) den Terminus verwendete.

5 Gliederung glazialer Landschaften

Nachdem in den bisher untersuchten Gebieten keine Grundmoränenlandschaft mehr vorkommt, erhebt sich die Frage: Wie ist das Gebiet der pleistozänen Vorlandvergletscherungen zu gliedern?

Im Umkreis der Alpen können wir folgende glaziale Landschaften unterscheiden:

1) Ausserhalb der Maximalmoränen einer Eiszeit die *extramoränische Schmelzwasserlandschaft* mit Sandern und Schotterflächen.

Je nach der Wirkung der übrigen Geo-Faktoren treten Varianten der extramoränischen Schmelzwasserlandschaft auf:

a) Im Falle der Hebung bzw. bei erosiver Herausarbeitung des Gebiets entsteht eine *Terrassenlandschaft*, wie z. B. die Riss-Iller- oder die Iller-Lech-Platte.

b) In Senkungsgebieten dagegen werden die einzelnen Schotterkörper mehr oder weniger gestapelt, so dass grosse *Schotterebenen* entstehen, wie z. B. die Münchner schiefe Ebene, in Teilen des Oberrheingrabens oder die Ungarische Tiefebene.

2) Innerhalb der Maximalmoräne einer Eiszeit liegen *intramoränische Schmelzwasserlandschaften*.

a) Die grossen Schmelzwasserflüsse des Spätglazials haben innerhalb der kuppligen Schmelzwasserlandschaft (b), besonders in den Zungenbecken, grosse Flächen mit Schmelzwassersedimenten ausgebildet, wie z. B. die Schongauer, die Aulendorfer oder Rosenheimer Schmelzwasserlandschaft. Hier wurden auf wesentlich kleinere Fläche als bei (1), jedoch in der Größenordnung von 100 km² grosse Schottermengen im Spätglazial akkumuliert. Oft können wir mehrere Schotterflächen von nur wenigen Metern Höhenunterschied unterscheiden. Der geringfügige Höhenunterschied zwischen den verschiedenen Flächen zeigt die mehrgliedrige Entstehung des Gebiets an. Dies ist die *ebene Schmelzwasserlandschaft*.

b) Ebenfalls innerhalb der Maximalmoräne einer Eiszeit finden wir die gegenüber (a) an Fläche umfangreichere und ausserdem *kuppige Schmelzwasserlandschaft*. Sie ist durch lokale, durch den abschmelzenden Eisrand aber immer wieder beckenwärts verlagerte Aufschüttung von Schmelzwassersedimenten entstanden. Die dort abgesetzten Sedimente zeigen uns in der einen Richtung die ehemals am Eisrand liegenden Schmelzwassertore und in der anderen, senkrecht dazu verlaufenden Richtung das lebhaft wechselnde Geschehen am abschmelzenden Eisrand mit hintereinanderliegenden Schwemmkegeln an.

Je nach Grossrelief kommt es bei der kuppigen Schmelzwasserlandschaft zur Ausbildung zweier Varianten:

a) Die *Beckenfazies* der kuppigen Schmelzwasserlandschaft. In Zungenbecken kommt es zur Bildung von Eisstauseen. Die Lage des ehemaligen Eisrandes wird durch Deltabildungen in diese Eisstauseen angezeigt. Diese Deltabildungen sind teilweise embryonal, nicht immer vollständig ausgebildet, d. h. sie tragen nicht überall Übergusschichten, da der Eisrand vor volliger Ausbildung dieser Schichten schon weiter ins Beckeninnere verlagert wurde. Unter den meist sandigen Sohlschichten dieser Eisstauseen treten oft nur 1 bis 3 dm mächtige glazi-lakustre Beckentone auf. Sie dürfen nicht mit Grundmoräne verwechselt werden. Unter diesen meist oberflächennahen Bildungen können gelegentlich 100 bis über 200 m mächtige quartäre Beckensedimente folgen. Auch diese gehören oft noch zu einem guten Teil, wenn nicht völlig, der letzten Eiszeit an. Im Rheinvorland-

gletschergebiet liegen grosse Beckenlandschaften mit mächtigen, auch vorwürmzeitlichen Sedimenten, z. B. Arnacher Becken, Wurzacher Becken, Ur-Federsee-Schussen-Rinne, Deggenhauser Becken (vgl. *German* et al. 1965 a, b, bzw. 1967). β) Die *Schwellenfazies* der kuppigen Schmelzwasserlandschaft. Die Schwellen sind die höhergelegenen Gebiete (Vollformen) zwischen den einzelnen Zungenbecken (Hohlformen). Auf den Schwellen flossen die Schmelzwässer des Spätglazials in kleinen Flussläufen ab und sammelten sich in den Becken zu grösseren. Die ehemaligen zahlreichen Schmelzwassertore (*German* 1958) bilden sich durch die vorgelagerten Schwemmkegel ab.

Die beiden Varianten der kuppigen Schmelzwasserlandschaft können genetisch als Delta- bzw. Schwemmkegel-Schmelzwasserlandschaft beschrieben werden.

Das Vorherrschen von Schmelzwasserbildungen innerhalb der Maximalmoräne einer Eiszeit schliesst selbstverständlich nicht das Vorkommen einzelner anderer Formen wie z. B. einzelner Wallmoränen aus. Mit dem Begriff «Schmelzwasserlandschaft» soll lediglich ein dominierender Faktor zur Kennzeichnung hervorgehoben werden, ohne die Nebenformen zu übersehen. Es wäre sinnlos, einzelne Flächen mit Randmoränensedimenten oder eine Wallmoräne oder Stauchmoräne in den Begriff «Schmelzwasserlandschaft» nicht einzuschliessen, besonders wenn diese Formen nicht vorherrschen, sondern einen geringen Prozentsatz (z. B. unter 30 % oder meist unter 10 %) ausmachen (vgl. die Angaben der akzessorischen bzw. der Neben-Gemengeanteile bei der Schotteranalyse). Der hohe Prozentsatz der Schmelzwassersedimente unmittelbar an der Erdoberfläche zeigt aber, dass in den untersuchten Landschaften eine Revision der Begriffe nötig gewesen ist und durchaus mit einer Entwicklung aus den Gedanken *Pencks* heraus vereinbar ist (s. oben).

Es ist nicht möglich, innerhalb von Jahren alle diejenigen Landschaften zu begehen, die in der Vergangenheit als «Grundmoränenlandschaft», als «Altmoränen-» bzw. als «Jungmoränenlandschaft» in Anspruch genommen wurden und diese im oben dargelegten Sinne zu überprüfen. Neben den genannten Kartierungen im württembergischen Rheingletschergebiet wurden Übersichtsbegehungen im ganzen nördlichen Alpenvorland herangezogen. Es ist daher Aufgabe der Zukunft und eines grösseren, offenen Arbeitskreises, zu überprüfen, inwieweit es im Umkreis der Alpen wirklich Gebiete gibt, welche auf grosser Fläche Grundmoränensediment zeigen. Der Weg dazu kann nur in einer sorgfältigen Detailkartierung der Sedimente und einer entsprechenden Analyse der Formen bestehen. Damit ist ein Weg für weitere geomorphologische Forschung vorgezeichnet. Trotz der hier dargelegten grundsätzlichen Ausführung kann jeder Interessent in seinem Arbeitsgebiet noch reizvolle paläogeographische und besonders flussgeographische Probleme während des Schwindens des Eises entwickeln.

LITERATUR

- Bugmann, E.* (1958): Eiszeitformen im nordöstlichen Aargau. *Mitt. Aargauische Naturf. Ges.*, 25, S. 1—94. Aarau
- Desor, E.* (1874): Die Moränenlandschaft. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.*, 56. Schaffhausen
- Eichler, H.* (1970): Das präwürmzeitliche Pleistozän zwischen Riss und Rottum. *Heidelb. geogr. Arb.*, 30, 128 S. Heidelberg
- Fairbridge, R. W.* (1968): *The Encyclopedia of Geomorphology*. 1295 S., Reinhold Book Corporation. New York
- Förtsch, O.* und *Vidal, H.* (1968): Die Existenz, Beschaffenheit und Bedeutung einer Zwischenschicht zwischen Gletschereis und Felsuntergrund. *Geol. Rundsch.*, 57, S. 1019—1033. Stuttgart
- German, R.* (1958): Zur Feinmorphologie letzteiszeitlicher Ablagerungen des Rheingletschers in Württemberg. *Jh. Ver. vaterld. Naturk. Württ.*, 113, S. 78—90. Stuttgart
- (1962): Zur Geologie des Lechvorlandgletschers. *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, 44, S. 61—83. Stuttgart
- (1962): Zur Deutung pleistozäner Sedimente und Formen I: Vergleiche mit rezenten Gletschergebieten (Grosser Aletschgletscher). *Jh. Ver. vaterld. Naturk. Württ.*, 117, S. 122—141. Stuttgart
- (1964): Korngrößenuntersuchungen an glazigenen und glazifluvialen Sedimenten. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 7, 1964, S. 388—390. Stuttgart
- (1968): Halbtagssexkursion Biberach-Bad Buchau. Beiträge zu den Exkursionen anlässlich der DEUQUA-Tagung, August 1968 in Biberach an der Riss. *Heidelb. geogr. Abh.*, 20, S. 9—28. Heidelberg
- (1968): Moraines, s. *Fairbridge* 1968, S. 710—717
- (1970 a): Die Unterscheidung von Grundmoräne und Schmelzwasser-Sedimenten am Beispiel des württembergischen Allgäus. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1970, H. 2, S. 69—76. Stuttgart
- (1970 b): Rand und Vorland von Bernina-Gletschern und ihre Bedeutung für Oberschwaben. *Jh. Ges. Naturk. Württ.*, 125, S. 76—87. Stuttgart
- (1970 c): *Studienbuch Geologie. Eine Einführung unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Dynamik*. 160 S., 135 Abb., 51 Tab. Ernst Klett Verlag, Stuttgart
- (1971 a): Die wichtigsten Sedimente am Rande des Eises. Ein aktuogeologischer Bericht von der Stirn des Kiagtu sermia bei Narssarssuay (Süd-Grönland). *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 138. Stuttgart
- (1971 b): Sediment-Umlagerung am Rande des Inlandeises. Ein aktuogeologischer Bericht über die Bedeutung von Windarbeit und Toteis an der Stirn des Kiagtu sermia bei Narssarssuay (Süd-Grönland). *Jh. Ges. Naturk. Württ.*, 126, (im Druck). Stuttgart
- (1971 c): Sedimente und Formen der glazialen Serie. *Eiszeitalter u. Gegenw.*, 22, (im Druck). Öhringen
- Holzmann, H.* (1970): Geologische Kartierung auf Bl. Diepoldshofen und Reute. *Dipl. Arb.* 93 + 7 S. Tübingen
- Jäckli, H.* (1966): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1090, Wohlen, Erläuterungen. 30 S. Bern
- Leemann, A.* (1958): Revision der Würmterrassen im Rheintal zwischen Diessenhofen und Koblenz. *Geogr. Helv.*, 13, S. 89—173. Bern
- Louis, H.* (1960): *Allgemeine Geomorphologie*. 354 S. De Gruyter, Berlin
- Mader, M.* (1970): Das Quartär zwischen Adelegg und Hochgelände. *Dipl. Arb.* Tübingen
- Moser, S.* (1958): Studien zur Geomorphologie des zentralen Aargaus. *Mitt. Geogr.-Ethnolog. Ges. Basel*, 10, S. 1—98. Basel
- Penck, A.* (1894): *Morphologie der Erdoberfläche*. 2 Bd. Engelhorn, Stuttgart
- Penck, A.* und *Brückner, E.* (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter*. 3 Bd. Stuttgart
- Schaefer, I.* (1950): Die diluviale Erosion und Akkumulation. *Forsch. deutsch. Landesk.*, 49, 154 S. Landshut
- Schiftah, S.* (1970): Quartärgeologische Untersuchungen auf Blatt Kisslegg (8225), württembergisches Allgäu. *Dipl. Arb.*, 67 S. München

- Suter, H. und Hantke, R.* (1962): Geologie des Kantons Zürich. 172 S. Leemann, Zürich
- Troll, C.* (1924): Der diluviale Inn-Chiemseegletscher. *Forsch. deutsch. Landes- u. Volksk.*, 24. Stuttgart
- (1954): Über Alter und Bildung von Talmäandern. *Erdkunde* 8, S. 286—302. Bonn
- Wahnschaffe, F.* (1888): Zur Frage der Oberflächengestaltung im Gebiet der baltischen Seenplatte. *Jahrb. preuss. geol. Landesanst. f.* 1887, S. 150—163. Berlin
- Weidenbach, F.* (1937): Bildungsweise und Stratigraphie der diluvialen Ablagerungen Oberschwabens. *N. Jb. Min. etc., Beil.B.*, 78, S. 66—108. Stuttgart