

Zeitschrift: Korrespondenzblatt / Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel
Band: 5 (1955)
Heft: 2

Artikel: Zur Ideengeschichte der geographischen Quartärforschung im Ueberblick
Autor: Nertz, René
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089975>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.01.2026

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

Zur Ideengeschichte der geographischen Quartärforschung im Ueberblick

Dr. R. Nertz, Basel

A. Vorbemerkung

Wenn anderswo die Aufspaltung des Wissens durch die Vielfalt der Forschung und ihrer Methoden zu einer mit Recht beklagten Aufsplitterung der Wissenschaft geführt hat, so hat die Notwendigkeit des Vergleichs und der Ergänzung der eigenen Ergebnisse in der Erforschung des Quartärs zu einem fruchtbaren Kontakt der einzelnen Zweige der Wissenschaft geführt.

Die Untersuchung des Pleistocäns wird von vier Blickrichtungen her betrieben: von der geologisch-stratigraphischen, der paläontologischen, der anthropologisch-urgeschichtlichen und der allgemein physisch-geographischen. Die enge Fühlungnahme dieser vier Richtungen schlägt sich am deutlichsten in den internationalen Quartärkonferenzen von Kopenhagen 1928, Leningrad 1932, Wien 1936, Rom und Pisa 1953 nieder, sowie im Bestehen einer Internationalen Quartärvereinigung.

Die Bedeutung und eigentliche Sonderstellung des Pleistocäns ist erst in den letzten drei Jahrzehnten aus der Zusammenschau der Forschungsergebnisse der erwähnten vier Gruppen erkannt worden: Die Vollendung des Eiszeitalters tritt überraschend nahe an unsere Gegenwart heran und lässt die Postglazialzeit als eine kurze Episode erscheinen. Einerseits sagen uns die Paläontologen welche gewaltige Veränderungen der Tier- und Pflanzenwelt es von der vorangehenden Zeit des Tertiärs scheiden, und andererseits tritt insbesondere durch die Arbeit der Geographen heraus, wie wenig sich der gesamte Formenschatz der höheren und mittleren Breiten seit dem Ende des Eiszeitalters gewandelt hat, wie sehr die Morphologie der heutigen Landschaft andere als die heute tätigen Kräfte voraussetzt. GRAHMANN (9) ruft zur Veranschaulichung der Entwicklung der quartären Lebewelt die Katastrophentheorie von CUVIER in unsere Erinnerung und BÜDEL (5, 7) zeigt wie selbst die Einzelzüge des heutigen morphologischen Bildes im überwiegenden Teil Mitteleuropas sich seit der letzten Eiszeit nicht mehr massgeblich verändert haben.

Damit stellt sich für die Geomorphologie das Problem, das Gewicht der pleistocänen Morphodynamik abzuwägen und ihre Spuren im heutigen Landschaftsbild aufzufinden. Leben wir - morphologisch gesprochen - in einer Epigonenzeit (25) ? Ist das Alluvium der europäischen Mittelgebirge und Flachländer kraftlos ? SALOMON stellte diese Frage schon 1918 (24). Er beleuchtete kritisch die aktualistische Auffassung der morphologischen Vorgänge und erkannte deren nur bedingte Gültigkeit: Auch die Exogenvorgänge sind einem Rhythmus unterworfen, in welchem Paroxysmen abwechseln mit schwacher Tätigkeit. Es bestehen zeitliche Unterschiede nicht nur im Mass sondern auch im Wesen, in der Quantität also und in der Qualität der formbildenden Vorgänge an der Erdoberfläche.

Geographie und Quartärforschung

Im Frühsommer des Jahres 1954 hat die Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft in Aarau eine Tagung zum Studium der Chronologie des Quartärs durchgeführt, wobei sie die Unterstützung verwandter Gesellschaften geniessen durfte. Es war dies ein äusserer Anlass - da ja auch Geographen ausgiebig zu Worte kamen -, das Verhältnis der Geographie zur Quartärforschung zu überdenken, zu versuchen, eine Umgrenzung vorzunehmen.

Die Frage nach dem Verhältnis der Geographie zur Erforschung des Eiszeitalters lässt sich in drei Teilfragen gliedern:

1. Worin besteht das Ziel der geographischen Quartärforschung ?
Ähnliche Fragestellungen sind dem Geographen von seiner übrigen Arbeit her

vertraut, da das Objekt seiner Arbeit im sachlichen Bereich nicht so leicht abgrenzbar ist, wie dies für andere Wissenschaften gilt. Soll die Forschung im Hinblick auf die Deutung des aktuellen Formenschatzes, insbesondere seiner Genese, geschehen? Wie weit gehört die heute von einigen deutschen Geographen besonders betriebene Untersuchung des pleistocänen Klimas in ihren Aufgabenbereich? Lässt sich eine saubere Trennung der geologischen und der geomorphologischen Fragestellung durchführen, ohne Zusammenhängendes zu zerreißen? Ein Beispiel sei erwähnt: Die Schotterterrassen längs unserer Flussläufe. Wie weit darf und soll sich der geographisch orientierte Morphologe mit ihrer Verbreitung, mit ihrer gegenseitigen Verknüpfung, ihrer Bildungsweise und ihrer Formgeschichte befassen ohne "fremden Boden" zu betreten?

2. Welches ist der von der Geographie geleistete Anteil an der Quartärforschung und welches sind ihre Ergebnisse?

3. Welche Anregungen und Impulse hat die Geographie ihrerseits von der Quartärforschung erhalten? Denn zweifellos ist die Geographie von der Eiszeitforschung ausserordentlich befruchtet worden, was uns vor allem die Fortschritte der klimatischen Morphologie aller Zonen der Erde eindrücklich zeigen.

Es ist damit keineswegs der ganze Komplex des Verhältnisses der Geographie zur Quartärforschung eingefangen, doch kommt diesen drei Fragen besondere Bedeutung zu. Im folgenden soll ihnen in dem Sinne nachgegangen werden, dass versucht wird, den historischen Gang der Ideengeschichte der physisch-geographischen Quartärforschung nachzuzeichnen. Bei der oben angedeuteten Schwierigkeit der Abgrenzung gegen Nachbargebiete, die sich zum Teil selbst in methodischer Hinsicht nicht ganz durchführen lässt, kann dabei allerdings nicht nur auf Geographen selbst abgestellt werden.

B. Die klassische Richtung der Eiszeitforschung: Glazial und Fluvioglazial.

Die ersten Kenntnisse über die unserer Zeit vorausgehende Epoche datieren aus dem ersten Viertel des vergangenen Jahrhunderts, als sich allerorten in Schottland, Bayern und vor allem auch in der Schweiz die Beobachtungen über einstmals grössere Gletscherstände häuften und in den erratischen Blöcken der Alpentäler und ihres Vorlandes Zeugen ehemals weit ausgedehnter Eismassen und von Eisvorstössen bis in fernab vom heutigen Gletscherrand liegende Landschaften entdeckt wurden.

Es ist der Botaniker K. SCHIMPER, welcher 1837 als erster in seinen Münchener Vorlesungen den Begriff der Eiszeit, verwendet und sogar darauf eine Ode gedichtet hat. Er verband damit die Vorstellung eines weiten Weltwinters.

Das erste wissenschaftliche Verständnis der fossilen Formen ehemals grösserer Vergletscherungen wurde aus Analogieschlüssen beim Studium der rezenten Gletscher gewonnen. Es ist dieses Prinzip des Aktualismus, auf welchem auch heute die Geographie baut, sei es, dass sie von der Untersuchung rezenter Formen zur Entdeckung der entsprechenden Analoga des Eiszeitalters übergeht, sei es dass sie, durch die pleistocänen Formen angeregt, zu neuer Fragestellung am rezenten Formenschatz schreitet. Im Zusammenhang mit dieser Frühzeit der Quartärforschung sei an F. J. HUGI, J. DE CHARPENTIER und L. AGASSIZ erinnert, deren Arbeiten zwischen 1825 und 1850 liegen. Seit dieser Zeit bestand kein Zweifel mehr an der Existenz einer diluvialen Eiszeit.

Die Pencksche Zielsetzung

Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitalters sind an den Gletscherständen und an den eistransportierten Schuttmassen zuerst studiert

worden. Es ist darum nicht verwunderlich, dass während nahezu einem Jahrhundert vornehmlich die Spuren der Vereisung gesucht und das Phänomen der Vereisung selbst zu erklären getrachtet wurde. Eisarbeit, Eisschurf, Schuttransport und Schuttablagerung beanspruchten das Hauptinteresse. Eiszeitlicher und glazialer Formenschatz wurden zu Synonyma. Selbst wo zur Lösung klimatischer Probleme vorgestossen wurde, wertete man sie nur als Ursachen oder Folgen der Vereisung.

Es war dies nicht bloss der Fall im Alpenraum, wo die Gewalt des Hochgebirges mit seinen Trogtälern, Stufenmündungen, Wasserfällen, mit seinem Gegensatz von Eisarbeit und Flussarbeit, mit seinen Sagen von einst blühenden Weideplätzen, die zu Eiswüsten geworden waren, ganz besonders zur Auseinandersetzung mit diesem Hauptproblem aufforderte, sondern überall.

Nachdem sich schon eine reiche Literatur zur glazialen Morphologie entwickelt hatte, begannen 1902 A. PENCK und E. BRÜCKNER ihr grundlegendes Werk über die Alpen im Eiszeitalter zu veröffentlichen. 1909 war es beendet (19). Diese Gemeinschaftsarbeit eines Geographen und eines Geologen steht zwar nicht am Anfang der Richtung, die die klassische genannt zu werden verdient, aber sie hat dieser für Jahrzehnte den Stempel aufgeprägt. Das Werk war nicht nur die Summe des damaligen glazialmorphologischen Wissens, sondern vielmehr die geniale Synthese, die voranwies. PENCK selbst bezeichnete als den Gegenstand seiner Untersuchungen:

1. die Ausdehnung der alten Gletscher,
2. ihre periodische Wiederkehr,
3. ihren Einfluss auf die Gestalt der Erdoberfläche.

Dies blieb das Hauptziel der physisch-geographischen Eiszeitforschung der folgenden Jahrzehnte.

1. Die Ausdehnung der alten Gletscher

Die erste der erwähnten Aufgaben war am leichtesten zu lösen, waren doch Kennformen zur Genüge bekannt, Moränen, Erratiker, Schliffornen im anstehenden Fels, um mit grosser Sicherheit die Umgrenzung der ehemals eisbedeckten Gebiete anzugeben. Die Karte der diluvialen Eisbedeckung war bald in allen Teilen der alten und neuen Welt mit erheblicher Genauigkeit gezeichnet.

2. Die periodische Wiederkehr der Gletscher.

a. die glaziale Serie

Anders war die zweite Frage, jene nach der periodischen Wiederkehr der Gletscher, also nach dem Rhythmus der glazialen Schwankungen. Grundlage der PENCK'schen, später allgemein übernommenen Auffassung war die Verknüpfung der hintereinander gestaffelten Moränenwälle mit den übereinandergelagerten oder ineinandergeschachtelten Schottern des Alpenvorlandes, und zu ihrem Verständnis wurde der Begriff der "glazialen Serie" geschaffen. Sie war gedacht als ein Modell, worin das Zungenbecken des Gletschers, die drumloid umgeformte Grundmoräne, der mehrfach gedoppelte Wall der Stirnmoränen und der zu dem Sander überleitende Uebergangskegel zu einer genetischen Einheit verbunden wurden.

AMPFERER (1) machte demgegenüber schon 1912 auf die Unmöglichkeit der berühmten PENCK'schen Zeichnung der glazialen Serie aufmerksam und bestritt gleichzeitig, dass die Endmoräne und die zugehörige Schotterdecke, der Sander, in der PENCK'schen Weise verknüpft sein könnten. Er sah die Schotter unter den Moränen weit nach hinten ziehen.

Die darauf fussende Chronologie des Eiszeitalters sprach von einem wiederholten Wechsel der vier Eis- oder Kaltzeiten mit Interglazial- oder Warmzeiten. Ob die einzelnen Eiszeiten individuellen Charakter hatten oder sich in ihrem Ablauf in grossen Zügen glichen, ist noch keineswegs entschieden. Wenn später EBERL (8) bis zur Zahl von 12, in der Schweiz MÜHLBERG (14) auf 5, BÜDEL (7) neuerdings wieder auf 7-9 Eiszeiten gelangt sind, so handelt es sich hierbei nicht um prinzipiell von PENCK abweichende Anschauungen. Wichtig erscheint, dass mit der Anerkennung des PENCK'schen glazialen Rhythmus der Monoglazialismus, die Annahme bloss einer Eiszeit, überwunden war.

b. die diluviale Erosion und Akkumulation.

In diesem Zusammenhang zog PENCK im ausserglazialen also nicht vergletscherten Bereich in Bezug auf die Erosion und Akkumulation der fluvioglazialen Schotter Schlüsse, denen eine Sonderbedeutung zukommt. Denn sie rühren an eines der Grundprobleme aller Morphologie, die Arbeitsweise des fliessenden Wassers.

Welches waren die Ursachen der umfassenden Talverschüttungen, der mächtigen Schotterdecken und der in ihnen geformten Täler und Ebenen? Ist das vertraute Terrassenprofil der eiszeitlichen Täler tektonisch oder klimatisch bedingt?

Der Zusammenhang der Moränen mit den Schottern war so offen und klar, dass am eiszeitlichen Alter der Akkumulation nicht zu zweifeln möglich war. Ausser HILBER und FICKER (10), die für interglaziale Aufschotterung eintraten, hat dies wohl auch nie jemand bestritten. Die starke Schuttanlieferung überlastete in den Kaltzeiten die Flüsse derart mit Schottern, dass sie auf Hunderte von Kilometern aufhörten ihre Betten zu vertiefen und aufschütteten.

Es lag nun sehr nahe und schien durchaus logisch, anzunehmen, dass dem Wechsel von Warm- und Kaltzeit ein gleicher in der Flusstätigkeit entspreche, d.h. es wurde von PENCK, ohne dass er dafür je einen direkten Beweis geleistet hätte - worauf auch I. SCHÄFER mit Recht hinweist (26) - gefolgert, dass den Schotterterrassen glazialen Alters interglaziale Talbildung bei festliegender Erosionsbasis gegenüberstand. Simultan damit ging die Seitenerosion vor sich. Für diese interglaziale Talbildung war meist die Störung der normalen Gefällsentwicklung durch die vorangegangene Zuschüttung der Talböden verantwortlich. Die fortschreitende Tieferlegung der Talsohlen aber war die Folge der starken glazialen Tiefenerosion in den Haupttälern der Alpen bis hinaus an die Grenze des Moränengebiets. So weit die Ansichten PENCK's (19).

Es geht also um drei Dinge:

1. die zeitliche Stellung der Akkumulation,
2. das Verhältnis der Seitenerosion zur Akkumulation und Tiefenerosion,
3. die zeitliche Einordnung der Tiefenerosion.

Die zeitliche Einordnung der Akkumulation war, wie oben erwähnt, kaum diskutierbar, anders jedoch jene der Tiefenerosion der Flüsse und ihr Verhältnis zur Seitenerosion. Schon 1909 machte SCHMIDT (27) auf die gesteigerte Tätigkeit der eiszeitlichen sommerlichen Hochwasser aufmerksam und auf ihre Erosionswirkung. PASSARGE (16) versuchte kurz nachher die Gleichzeitigkeit von Tiefen- und Seitenerosion zu beweisen. Auch kam TROLL (34) 1926 zum Ergebnis, dass sich die Zerschnei-

derung der Niederterrassenfelder durch die jüngeren Stufen nicht erst in der Nacheiszeit, sondern schon während des Rückzuges des Eises vom Stande maximaler Ausdehnung bis zum Gebirgsrand vollzogen hat. Nach andern Forschern geschah die Akkumulation durch die schwachen Schmelzwasser der vorrückenden und die Zertalung durch die gewaltigen der sich zurückziehenden Eismassen.

In der Verschiebung des Hauptbetrages der Erosion in die Glazialzeiten selbst stimmen heute die meisten Forscher überein, denn die pleistocänen Warmzeiten waren - ähnlich wie die Postglazialzeit - in Bezug auf die Flüsse Perioden auffallend geringer Aktivität, während in den Kaltzeiten mit den grossen Frühjahrhochfluten und vor allem der gegenüber heute gewaltig verstärkten Schuttanlieferung die Flüsse zu ausserordentlichen Leistungen fähig waren. Zu ähnlichen Schlüssen gelangt auch SCHAEFER (26) in einer seiner jüngsten Arbeiten über die diluviale Erosion und Akkumulation. Doch ist nach ihm eine Seitenerosion bei fluviatiler Akkumulation unmöglich, da die Akkumulation der Erosion gleich welcher Form, Intensität oder Richtung gänzlich entgegengesetzt ist.

Wie sehr sogar die Basis - das PENCK'sche Schema, immer wieder zur Diskussion gestellt ist, zeigt die im Wesen ganz andere Deutung des Fluvioglazials durch den Genfer JAYET (12). Das gesamte gemeinhin so benannte Material ist nach ihm unter dem vorstossenden oder unter dem sich zurückziehenden Gletschereis abgelagert worden. Damit gelangt er zu einer völlig verschiedenen Erklärung der Schotterterrassenreste. Sie sind im Gegensatz zur Theorie der Ineinanderschachtelung der Talböden umso jünger je höher sie liegen.

3. Der Einfluss der Vergletscherung auf der Erdoberfläche.

Das dritte Hauptziel der klassischen Periode war die Feststellung des Einflusses der Vergletscherung auf die Erdoberfläche. Es ging um die Formen, die man als charakteristisch für die ehemals vergletscherten Gebiete ansah. Damit war der morphologischen Erforschung der Alpen auf lange Zeit hinaus das Ziel gesetzt und sie richtete sich mit grossem Eifer danach aus. Die Auffassung, dass das präglaziale Relief der Alpen ganz allgemein ein schwaches Mittelgebirgsrelief gewesen sei, und die universelle Verbreitung der Eisarbeit verratenden Erscheinungen in allen Hochgebirgen der Erde verführten im Laufe dieser Untersuchungen zu einer Ueberschätzung der glazialen Morphodynamik. Darüber entbrannte der grosse Streit um das Mass der Eiserosion. Doch hatte diese intensive Beschäftigung mit glazialmorphologischen Fragen der Alpen zur Folge, dass die wesentlichsten Züge des typischen Stockwerkreliefs dieses Gebirges innert weniger Jahrzehnte aufgedeckt wurden. Unter die letzten grossen Arbeiten dieser Richtung ist jene von SOLCH über "Fluss- und Eiswerk in den Alpen zwischen Oetztal und St. Gotthard" einzureihen. (31) SOLCH erkannte hier wie auch in seinen späteren Arbeiten die Gefahr, die darin bestand, in den Alpen nur noch das Eiswerk zu sehen. Er betonte - wie schon vor ihm DE MARTONNE - dass die Zeit schneller Verallgemeinerungen abgelaufen war, ein Vorwurf, der nicht PENCK selbst betraf, wohl aber seine zum Teil allzu eifrigen Nachahmer. Am Beispiel der Talstufen wies er nach, dass jede ein Individuum ist, ihre eigene Geschichte auf Grund nur ihr eigener geologischer und anderer Voraussetzungen hat, und dass keineswegs alle von gleichem Habitus und gleichem Alter sind (32). Damit stellen seine Arbeiten bereits eine gewisse Ueberwindung der klassischen Auffassungen dar. Als Beispiel neuer differenzierter Methoden und sicherer Erfassung

des wirklichen Eiswerks seien auf Schweizer Boden die Arbeiten ANNAHEIMS erwähnt, die gleichzeitig zum Ausdruck bringen, dass die Ergebnisse morphologischer Forschung nach Möglichkeit stratigraphisch verankert sein wollen (3, 4). Grundlage hiezu bleibt die sorgfältige und integrale Detailkartierung im grösstmöglichen Masstab.

Damit sei die Betrachtung der mit dem Namen PENCKS für immer verbundenen klassischen Periode abgeschlossen. Ihre Probleme scharten sich um die Kernfrage der Vereisung.

C. Die moderne Richtung: Das Periglazial.

Die letzten Jahrzehnte, insbesondere die vergangenen zwei, haben ungeahnt neue Ergebnisse gefördert, denen die nachfolgenden Betrachtungen gelten sollen.

Die Vereisung war nur eine der Folgen einer übergeordneten Klimaänderung, welche, wie die jüngsten Untersuchungen in allen Klimagürteln der Erde gezeigt haben, globale Verbreitung besaßen. Die Temperaturdepression war primär und erst aus ihr folgte die Aenderung der Niederschläge, die überall in gleicher Richtung vor sich gehende Schneegrenzdepression und die Verschiebung der Waldgrenze und anderer klimabedingter Grenzen.

So wurde die Aufgabe der physisch-geographischen Quartärforschung auf die Exogenprozesse ausserhalb der Gletscher und der Gletscherabflüsse erweitert, auf die Erforschung des gemeinhin Periglazial genannten. Seine Bedeutung erhellt ganz äusserlich daraus, dass nach den Berechnungen von BÜDEL (7) vom heute eisfreien Gebiet bloss 15% durch die pleistozänen Eismassen, hingegen 53% durch andere morphodynamische Kräfte des Eiszeitalters, die sich von den heutigen in ihrer Qualität und insonderheit durch ihre viel grössere Intensität unterschieden, geformt wurden (7).

1. Die Forschung am rezenten Formenschatz der Polargebiete.

Das Studium der subglazialen, polaren oder periglazialen Formen wie sie synonym benannt wurden, setzte mit wachsendem Interesse an der Polarforschung ein. Das Gewicht der flächenhaft wirkenden Denudationsvorgänge war hier ein ganz anderes als in den bis anhin durchforschten mittleren Breiten.

1906 prägte der Geologe ANDERSSON (2) unabhängig vom Gleiches erforschenden Geographen NORDENSKIÖLD (15) bei seinen Arbeiten auf der Bäreninsel für die den polaren Breiten eigenen Vorgänge den Begriff der Solifluktion und verstand darunter die langsame Bewegung des Verwitterungsgruses infolge einer durch starke Wassereinträngung erzeugten hohen Plastizität des Bodens. Er sah in der Schneeschmelze die Hauptursache dieser Wassereinträngung. Die moderne, von TROLL (34) 1947 gegebene Definition der Solifluktion im weitesten Sinne bezeichnet damit die Erscheinung, dass unter der Wirkung langdauernder, jahreszeitlicher oder kurz dauernder sich häufig wiederholender bis allnächtlicher Gefrorenis des Bodens eine lebhaftere Verlagerung der Bodenteilchen stattfindet, die sich auf ebenem Gelände in der Bildung von Bodenstrukturen oder Bodentexturen, auf geneigtem Gelände auch bei ganz geringem Gefälle in einem beträchtlichen, hangabwärts gerichteten Massentransport äussert.

Zwischen diesen zwei Aeusserungen aus den Jahren 1906 und 1947 spannt sich der Bogen der Forschungen in den zircumpolaren Gebieten, die sich, soweit sie die Denudation betreffen, alle um die Solifluk-

tion und den Bodenfrost drehen. HOGBOM (11) hat als erster den Zusammenhang beider klar beschrieben und, wie er sich ausdrückte, die geologische Bedeutung des Frostes erkannt. Dieser Probleme des Frostbodens, seiner Entwicklung und Verbreitung, morphologischen Wirksamkeit und klimatischen Abhängigkeit haben sich vor allem die Russen angenommen. Die ältesten Angaben stammen bereits von 1723 (28). Die Gefrorenis ist zwar nicht bloss Funktion der mittleren Jahrestemperatur, da sie auch von der Dicke der Schneeschicht und der Zeit des Schneefalls abhängt. Doch ist besonders dieser Zusammenhang mit der Temperatur für den Eiszeitforscher von höchstem Interesse, da sich daraus weitere Angaben über die Klimaverhältnisse des Pleistocäns gewinnen lassen, welche die aus Vegetationsstudien gewonnenen wertvoll ergänzen. Notwendig, doch nicht hinreichend sind Mitteltemperaturen von $-4,8$ bis $-8,6$ Grad

Auch die klimatische Abhängigkeit der Solifluktion wurde untersucht und dabei festgestellt, dass eine klimatische Strukturbodengrenze existiert, die in Gebirgen gleichsinnig mit der klimatischen Schneegrenze, jedoch einige hundert Meter unter ihr verläuft. Wenn auch die Dynamik der solifluidalen Prozesse noch nicht restlos erklärt ist, so ist doch das vollständige Inventar der Formen dieser Zone des Bodenfließens erstellt. Dazu gehören Strukturböden, Würge- und Taschenböden, asymmetrische Täler, Eiskeilnetze u. a.

2. Die Forschung am fossilen Formenschatz der mittleren Breiten.

Parallel, doch mit einer kleinen, methodisch bedingten Phasenverschiebung liefen die Untersuchungen im - um einen neutralen Ausdruck zu verwenden - extraglazialen Gebiet Mittel- und Westeuropas. PASSARGE (18) bezeichnete 1919 zu Recht das norddeutsche Tiefland und das Alpenvorland als ein glaziales und fluvioglaziales Aufschüttungsland und sah die diluviale Tundrenlandschaft sich dazwischen ausbreiten. Darum stellte er die Frage nach den geomorphologischen Formresten der Tundra. Wie mochten wohl einst die unteren Hänge von Schwarzwald, Vogesen und Böhmerwald ausgesehen haben? Er selbst hatte schon in einer früheren Arbeit die Täler und Hügel auf Messtischblatt Stadtreuda als diluvial bezeichnet (17). Schon im 19. Jh. waren in Schottland Pseudomoränen als Wanderschutt eiszeitlichen Alters angesprochen worden.

So wurde eine Fülle von Erscheinungen auf ihr pleistocänes Alter und ihre Klimabedingtheit untersucht. Ein Beispiel nur sei hier erwähnt, eines der eindrucklichsten: Die Blockmeere, jene Anhäufungen von grobem Trümmaterial, in denen feine Verwitterungsrückstände fehlen. Wegen ihres Aussehens tragen sie Namen wie Steinernes Meer, Felsburg u. a. Bald handelt es sich um schwache Ströme, bald um einzelne Inseln, dann wieder um weite flächenhaft bedeckte Gebiete oder um lockere Blockstreu.

SCHOTT (29) in seiner 1931 erschienenen wohl dokumentierten Monographie über die Blockmeere stellt die folgenden zwei Hauptfragen, die über dieses Problem hinaus für alle Formen im ehemals nicht vereisten Gebiet Geltung haben:

1. Sind die Blockmeere Bildungen, welche vom Klima unabhängig entstehen, sind sie also bloss gesteinsbedingt und daher noch aktiv, oder handelt es sich um durch das pleistocäne Klima bedingte Verwitterungsformen?
2. Ist die Bewegung der Blockmeere, deren Liegendes meist aus anderem Gestein besteht, als Gekriech aufzufassen, das allen humiden Klimaten eigen ist, oder als ein Fließen über Dauerfrostboden, als eine Erscheinung der Solifluktion?

An diesen Blockmeerbildungen ist der Begriff des Periglazials zum ersten Mal geprägt worden. VON LOZINSKI beschrieb 1911 diese

Schuttgebirge, wie er sie nannte, in den deutschen Mittelgebirgen, in den Karpaten und im Südrural und beobachtete, dass sie sich nicht mehr durch mechanische Verwitterung weiterbildeten, sondern in der Gegenwart durch die Vegetation allmählich erobert wurden. Sie waren fossile Restformen eines Bereiches, der im Eiszeitalter in der Nähe der Eismassen und unter deren klimatischen Einflüssen gestanden hatte. VON LOZINSKI sprach darum von der periglazialen Fazies der mechanischen Verwitterung (13). Der Begriff war also zeitlich, räumlich und sachlich definiert. Wenn später diese Einschränkung aufgegeben und ganz allgemein der nicht vergletscherte Raum darunter verstanden wurde, so war dies wohl im zeitlichen Sinne zulässig, doch nicht im räumlichen, da eine solche Erweiterung dem Wortsinn widersprach. Es ist vollends unsinnig, den Ausdruck auf äquatoriale Tiefländer anzuwenden.

Die gleichen von SCHOTT gestellten Hauptfragen stellten sich bei allen andern heute als typische Kennformen des Periglazials angesprochenen fossilen Struktur- und Brodelböden, Löss- und Lehmkeilen. Dazu gehören auch die Dellen. Es handelt sich dabei um die flachen bis 10 km langen Oberabschnitte von Tälern, die ohne eine eigentliche Talsohle zu besitzen von muldenförmigem Querschnitt sind. Sie können auch unter anderen Klimaten entstehen. Doch verraten sie sich als eindeutig unter solifluidaler Wirkung geworden dadurch, dass sie 1. Frostsprengungsschutt aufweisen und 2. sich meist durch eine deutliche Asymmetrie der Talseiten auszeichnen. Noch 1918 hatte SOLCH die Asymmetrie der Täler untersucht, ohne das weitere Problem ihrer solifluidalen Entstehung und ihres Alters zu erkennen (30).

Neben der periglazialen Denudation steht die periglaziale Erosion und Akkumulation. Die grundlegende Untersuchung darüber stammt von SOERGEL, dem Geologen und Palaeontologen (33). Er wies an den Flüssen Thüringens, welche zu keiner Zeit in direktem Zusammenhang mit Eismassen gestanden hatten, deren Schotterterrassen also nicht glazigen sein können - um den Ausdruck BÜDELS zu verwenden -, nach dass die Aufschüttung in den Tälern im kalt-ariden Klima der Eiszeiten ihre Ursache hatte und zwar zur Zeit der der Eishochstände. Er sagt: "Die Aufschotterungen sind rein klimatisch bedingt; das Gleiche gilt für die Erosion insofern, als ihr Einsetzen ohne Klimaänderung nicht möglich war, wenn auch ihr Ausmass durch kontinentale Bewegungen beeinflusst worden sein mag."

3. Die Ausweitung der Periglazialforschung.

Vor rund 20 Jahren war so der vollständige Katalog aller Periglazialformen erstellt, das entsprechende Analogon in einer Jetztzeitform aus hohen Breiten bekannt und seine Genese in Funktion des Bodenfrostes beschrieben. Noch fehlte aber die Ueberschau, d.h. nicht nur eine Gesamtdarstellung, sondern eine Synthese. An allen beschriebenen Formen haftete noch zu sehr der Charakter des Besonderen, der Ausnahmeerscheinung.

Dieses Zögern vor einer neuen Gesamtsicht des Periglazials wurzelte in zwei Ursachen: zum ersten waren die Ergebnisse trotz 30-jähriger Forschung noch immer sehr umstritten. SCHOTT in seiner oben erwähnten Monographie der Blockmeere, überzeugt, dass die Erdoberfläche sich langsam, aber dauernd verändere, verneinte deren Klimabedingtheit und damit ihre Inaktivität im Alluvium. Er versetzte ihren Ursprung zurück ins Tertiär und gestand dem Pleistocän bloss etwas günstigere Bildungsbedingungen zu. Er stellte Brodelböden bei 6,6 Grad Jahresmittel fest! SCHMITTHENNER sah

die Dellen noch in Weiterbildung begriffen, ebenso die Blockmeere. W. PENCK nahm eine allgemeine Herrschaft tiefgründigen rezenten Schuttkriechens auf allen Hangflächen unseres mitteleuropäischen Waldklimas (21) an. Vor allem aber bestritt A. PENCK noch 1936 in seinem Referat auf der Quartärkonferenz zu Wien, dass der Nachweis von gefrorenem Boden während der Eiszeit im Gebiet zwischen dem nordischen Inlandeis und der alpinen Vergletscherung gelungen sei (20).

Zum zweiten standen prinzipielle Bedenken gegen jede klimatisch begründete Morphologie, denen wohl W. PENCK in seiner "Morphologischen Analyse" am schärfsten Ausdruck gegeben hat: "Für das Zustandekommen der die flächenhafte Abtragung ausmachenden Massenbewegungen gewährt also kein Klimagebiet Vorzugsbedingungen, und es besteht daher keine Möglichkeit, dass in verschiedenen Klimaten verschiedene Abtragungsformen entstehen, deren Entwicklung verschiedenen Lauf nähme" (21).

Auch wo diese Ablehnung nicht so grundsätzlich war, verbaute das Festhalten an dem System PENCKS von den drei grossen klimamorphologischen Zonen, der ariden, der humiden und der nivalen die neue Sicht. Die scheinbare Grosszügigkeit dieses Systems war nur möglich, solange zwischen flächenhafter und linienhafter Abtragung, deren besonderes Verhältnis ja gerade den Charakter der eisfreien Polarländer ausmacht, kaum unterschieden wurde.

TROLL (35) und BÜDEL (5) haben nun als erste auf Grund der Feldarbeit dargelegt, dass die humide Zone PENCKS sich aus mehreren Unterzonen zusammensetzt oder noch deutlicher, dass neben die erwähnten drei Zonen noch andere zu setzen sind. Es war bis dahin übersehen worden, dass das auf dem Wege der Deduktion gewonnene bisherige Ordnungsprinzip der klimatischen Gliederung hier nicht gelten konnte, da die zu Grunde gelegten morphodynamischen Gesetze im periglazialen Bereich unwirksam waren.

Durch diese Neubelebung der klimatischen Morphologie, gewonnen im polaren Raum, hellte auch die pleistocäne Morphogenese auf: Die Oberflächengestaltung des ehemals unvergletscherten Gebiets hat sich seit dem Tertiär keineswegs ungestört und unter den gleichbleibenden Gesetzen der fluviatilen Formbildung weiterentwickelt, wie SCHOTT an den Blockmeeren noch festzustellen geglaubt hatte. Die Formgeschichte spiegelt die Klimageschichte (5) und diese war nach Temperatur und Niederschlag abhängig von der geographischen Breite.

Gestützt auf diese Ueberlegungen haben POSER UND BÜDEL in mehreren Arbeiten aus den morphologischen Formen Rückschlüsse auf die klimatischen Verhältnisse der Kalt- und Warmzeiten gezogen. Die Karte der Klimagebiete und Klimaprovinzen Mitteleuropas und Westeuropas während der Würmeiszeit, welche von POSER erstellt worden ist, sondert auf Grund einer morphologisch abgeleiteten Grenze des Dauerfrostbodens und der pollenanalytisch ermittelten polaren Waldgrenze vier Grossklimazonen aus, 1. das Dauerfrostboden-Tundrenklima, 2. das kontinentale Dauerfrostboden-Waldklima, 3. das maritime Tundrenklima ohne Dauerfrostboden und 4. das maritime Waldklima ohne Dauerfrostboden (22, 23). Die Bestimmung der sommerlichen Auftautiefe und der winterlichen Frostzerrung gestatten eine weitere Kleingliederung. BÜDEL unterscheidet würmeiszeitliche Tundren-, Steppen- und Waldklimata, die er weiter unterteilt. Die dazu notwendige Kenntnis der Baumgrenze gewinnt er aus der Lage der eiszeitlichen Isochionen, der Linien gleicher Höhenlage der

Schneegrenzflächen und die Feuchtigkeitsverhältnisse liest er im Spiegel der Lösssedimentation ab (6). Damit ist der Hauptschritt getan, um der Quartärforschung der Geographen im periglazialen Raum neue Ziele zu weisen.

L I T E R A T U R :

- (1) Ampferer, O.: Ueber einige Grundfragen der Glazialgeologie, Verh. K.K. Geolog. Reichsanstalt, 1912 (2) Andersson, J.G.: Solifluction, a component of subaerial denudation, Journ. of Geol., 1906 (3) Annaheim, H.: Studien zur Geomorphogenese der Südalpen zw. St. Gotthard und Alpenrand, Gg. Helv., Zürich, 1946 (4) Annaheim, H.: The chronological correlation of the morphologic development in the Eastern and Western Alps, Experientia, 1950 (5) Büdel, J.: Eiszeitmorphologie im gletscherfreien Gebiet, Geol. Rundschau, 1948 (6) Büdel, J.: Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitalters, Naturwissenschaften, 1945 (7) Büdel, J.: Die "periglazial"-morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas auf der ganzen Erde, Erdkunde, 1953 (8) Eberl, B.: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland, Augsburg, 1930 (9) Grahmann, R.: Das Eiszeitalter, Remagen, 1952 (10) Hilber, V. und Ficker, H.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion, Peterm. Mitt., 1923 (11) Högbom, B.: Ueber die geologische Bedeutung des Frostes, Bull. Geol. Inst. Uppsala, 1914 (12) Jayet, A.: Une nouvelle conception des glaciations quaternaires, ses rapports avec la paléontologie et la préhistoire, Ecl. Geol. Helv., 1947 (13) v. Lozinsky, W.: Die periglaziale Fazies der mechanischen Verwitterung, Compt. Rend., XI. Int. Geol. Kongr. 1910, Stockholm, 1911 (14) Mühlberg, F.: Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit, Ecl. Geol. Helv. X, 1908 (15) Nordenskjöld, O.: Ueber die Natur der Polarländer, Gg. Zs., 1907 (16) Passarge, S.: Ueber die Abtragung durch Wasser, Temperaturgegensätze und Wind, ihr Verlauf und ihre Endform, Gg. Zs., 1912 (17) Passarge, S.: Morphologie des Messtischblatts Stadtrömda, Hamburg, 1912 (18) Passarge, S.: Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaft, Peterm. Mitt., 1919 (19) Penck, A. und Brückner, E.: Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig, 1902-1909 (20) Penck, A.: Das Klima der Eiszeit, Verh. III. Internat. Quartärkonf. 1936 (21) Penck, W.: Die morphologische Analyse, Gg. Abhandlungen, Stuttgart, 1924 (22) Poser, H.: Auftautiefe und Frostzerrung im Boden Mitteleuropas während der Würmeiszeit. Ein Beitrag zur Bestimmung des Eiszeitklimas, Naturwissenschaften, 1947 (23) Poser, H.: Dauerfrostboden und Temperaturverhältnisse während der Würmeiszeit im nicht vereisten Mittel- und Westeuropa, Naturwissenschaften, 1947 (24) Salomon, W.: Tote Landschaften und der Gang der Erdgeschichte, Heidelb. Akad. d. Wiss., 1918 (25) Salomon, W.: Die Intensitäten alluvialer und diluvialer geologischer Vorgänge und ihre Einwirkung auf die pliocäne Rumpffläche des Kraichgaus und Odenwaldes, Heidelb. Akad. d. Wiss., 1924 (26) Schäfer, I.: Die diluviale Erosion und Akkumulation, Forschungen z. dt. Landeskd., 1953 (27) Schmidt, M.: Beobachtungen im Diluvium des Nagoldtales, Ber. Oberrhein. Geol. Ver., Bd. 42, 1909 (28) Schostakowitsch, B.N.: Der ewig gefrorene Boden Sibiriens, Zs. Dt. Ges. f. Erdkd., 1927 (29) Schott, C.: Die Blockmeere in den deutschen Mittelgebirgen, Forschungen z. dt. Landes- und Volkskd., 1931 (30) Sölch, J.: Ungleichseitige Flussgebiete und Talquerschnitte, Peterm. Mitt., 1918 (31) Sölch, J.: Fluss- und Eiswerk in den Alpen zwischen Oetztal und St. Gotthard, Peterm. Mitt., Erg'heft 219/220, Gotha, 1935 (32) Sölch, J.: Neue Gesichtspunkte zur Glazialmorphologie, Verh. III. Internat. Quartärkonf. 1936 (33) Sörgel, W.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion, Berlin, 1921 (34) Troll, C.: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der Alpen, Forschungen z. dt. Landes- und Volkskd., 1926 (35) Troll, C.: Strukturböden und Solifluktion, Geol. Rundschau, 1943.

In der "Bibliographie" 1955/1 finden Sie im Abschnitt 3 eine Fülle neuer Literatur zur Geomorphologie. Heft 1956/1 wird die Fortsetzung bringen.