

# Über die Gliederung des Eiszeitalters

Von I. Schaefer, München

Jede Wissenschaft hat ihre zentralen Probleme. In der Quartärforschung gehört dazu die Frage nach den letzten Ursachen der Eiszeiten. Zu ihrer Beantwortung ist aber Voraussetzung die Aufdeckung einer möglichst vollständigen und allgemein zutreffenden Gliederung des Eiszeitalters. Sie ist eine Hauptaufgabe der Eiszeitforschung, an deren Lösung alle an ihr beteiligten Wissenschaften vornehmlich mitwirken sollten. Sie war der Eiszeitforschung sozusagen auch schon in die Wiege gelegt. Kaum, daß mit TORELL in Rüdersdorf oder ZITTEL in Schäftlarn das diluviale Glazialphänomen endgültig als solches erwiesen war, begann auch schon der Streit zwischen Monoglazialisten und Polyglazialisten, und nachdem er zu Gunsten letzterer ausgetragen war, zwischen diesen der, ob es 2, 3, 4 oder noch mehr Eiszeiten gegeben hätte. Nach Aufstellung einer endgültigen und tatsächlichen Gliederung würden alle Eiszeit-Theorien, die ihr widersprechen, ausscheiden. Damit wäre ein großer Schritt vorwärts getan, und die Lösung des Kernproblems vielleicht gar schon in wirklich greifbare Nähe gerückt.

In verschiedenen Bereichen hat man die Frage der Gliederung des Eiszeitalters zu lösen versucht. Anfangs natürlich nur dort, wo die Spuren der ehemaligen Vergletscherungen zuerst gefunden worden waren und wo sie an sich schon deutlich auf Schritt und Tritt in Erscheinung treten, wie in den Moränengebieten der Schweiz und des übrigen nördlichen Alpenvorlandes oder Norddeutschlands. Die weitere Forschungstätigkeit hat aber gezeigt, daß zwar hier der Nachweis von diluvialen Vereisungen im allgemeinen am exaktesten möglich war, weitere, ins einzeln gehende Feststellungen, vor allem über die Anzahl der Eiszeiten, aber versagt blieben. Im nordeuropäischen wie auch im alpinen Vereisungsgebiet konnten mit Sicherheit nur drei Vereisungen nachgewiesen werden. Eine vierte wurde nur im alpinen Bereich und eigentlich auch mehr analogiemäßig gefunden.

Hier führte also der Weg nicht weiter. Es mußten andere Wege und vor allem andere Bereiche aufgesucht werden. Wie im Gange jeder wissenschaftlichen Entwicklung verlagerte sich auch in der Eiszeitforschung das Schwergewicht der Untersuchungen vom Zentrum an die Peripherie. Dies gilt geradezu in doppelter, nämlich in räumlicher wie sachlicher Hinsicht.

Schon für A. PENCK war es klar, daß infolge der starken Ausräumungstätigkeit der Gletscher sich in den ehemals vergletscherten Räumen wenig ältere Ablagerungen über eine oder mehrere Vereisungen erhalten konnten. Und wenn wir uns den so hartnäckigen Streit um die ältere Würmeiszeit vergegenwärtigen, den zwei solche Kenner wie KNAUER und TROLL durch Jahre hindurch geführt haben, der doch ein Streit um die Zeugen einer vielleicht vorletzten Eiszeit ist, so will einem die sichere Feststellung von Formen und Ablagerungen noch älterer Eiszeiten schier aussichtslos erscheinen. Und so ist es auch — wohl gemerkt in diesen Räumen, also denen der eigentlichen Vereisungen.

Zur Feststellung der tatsächlichen Ablauffolge taugt nur ein Bereich, das ist der periglaziale, der die Vereisungsgebiete umsäumt, also an ihrer Peripherie liegt. Im Sinne des Wortes gehören hierzu auch die fluvioglazialen Abflußrinnen, wenn sie auch in genetischer Hinsicht mehr mit dem glazialen Raum verknüpft sind. Allein im periglazialen Bereich nahmen die eiszeitlichen Bildungen ihre gesetzmäßigste und ungestörteste Entwicklung. Von hier aus sind ja auch

Schotterstratigraphie und Terrassenmorphologie die grundlegenden Untersuchungsmethoden der Quartärgeologie geworden. Diese Erkenntnis und ihre systematische Anwendung sind das unbestritten einmalige Verdienst PENCK's. Dasjenige SOERGEL's ist es, auch auf den periglazialen Bereich erweitert zu haben, was PENCK nur auf die fluvioglazialen Rinnen beschränkt wissen wollte.

Unter Anwendung der PENCK'schen Methoden, nur durch Intensivierung der Beobachtungen, kam in dem in seiner Bedeutung schon von PENCK richtig erkannten diluvialen Kerngebiet des nördlichen Alpenvorlandes, in Oberschwaben, B. EBERL — zu gleicher Zeit wie SOERGEL in Mitteldeutschland — zu der bekannten, vielgestaltigeren Gliederung. Inwieweit EBERL noch solche von PENCK als Teilfelder benannte Glieder einer sonst einheitlichen Aufschüttung für selbständige und neue eiszeitliche Aufschüttungen angesehen hat, wie C. TROLL und R. v. KLEBELSBERG in ihren Besprechungen zu dem EBERL'schen Werke meinen, oder inwieweit bei den durch SOERGEL ausgeschiedenen eiszeitlichen Terrassenschottern noch Interglazialbildungen vorliegen, wie manche mit diesem Gebiet Vertraute erachten, werden die zukünftigen Forschungen noch entscheiden.

Ich habe mich in einer Arbeit, deren Veröffentlichung bevorsteht<sup>1)</sup>, mit den von A. PENCK aufgestellten und seitdem allgemein angewandten Untersuchungsmethoden befaßt und kam dabei in einigen Kernfragen zu abweichenden Ergebnissen. Bei der vor kurzem in München stattgefundenen Geographen-tagung habe ich darüber gesprochen<sup>2)</sup> und vor allem erörtert, was in geomorphologischer Hinsicht oder speziell für die Talbildung im nördlichen Alpenvorlande von Interesse war. An dieser Stelle mag es darum nur mit einigen Worten umrissen sein und bloß insoweit, wie es für die Frage der Gliederung des Eiszeitalters von Bedeutung ist.

Die PENCK'sche Gliederung basiert doch darauf, daß die Akkumulation derjenigen Terrassenschotter, die sich mit Moränen verzahnen, dadurch als ein eiszeitlicher Vorgang gekennzeichnet ist, wohingegen der Vorgang der Tiefenerosion, durch welche die Schotterterrassen entstanden, in das Interglazial fällt. Meine im schwäbischen und bayrischen Alpenvorland vorgenommenen Untersuchungen ergaben aber ein Anderes: Auch die Tiefenerosion fällt — zumindest mit ihrem Haupteffekt — in die Eiszeiten.

Dies gilt natürlich nur für die klimatisch bedingte Erosion, die ja bei dieser Behandlung der allgemeinen diluvialen Vorgänge allein zur Debatte steht. Ebenso gilt dies auch nur für Krustenteile, die — wie das nördliche Alpenvorland — an sich schon eine gewisse Erosionstendenz besitzen — sei es, daß sie eine gegenüber der Umgebung höhere Lage einnehmen oder aber noch weiter im Aufsteigen begriffen sind. Hier ist der klimatische Faktor der Terrassen- wie der Talbildung am reinsten zu fassen.

Auch nach PENCK fand im Alpenvorland zu allen Zeiten Erosion statt. Nur läßt er in den Eiszeiten allein die Seitenerosion am Werke sein, die in den Zwischeneiszeiten von der Tiefenerosion abgelöst wurde. In Wirklichkeit lassen sich aber auch bei der Tätigkeit der diluvialen Gewässer des Alpenvorlandes Tiefenerosion und Seitenerosion nicht trennen. Nicht nur die Seitenerosion, auch die Tiefen-

<sup>1)</sup> inzwischen als Band 49 der „Forschungen zur deutschen Landeskunde“ mit dem Titel „Die diluviale Erosion und Akkumulation“ (154 S., 38 Abb., Verlag des Amtes für Landeskunde, Landshut/Niederbayern) erschienen.

<sup>2)</sup> Siehe „Deutscher Geographentag München 1948“ (in Abh. dt. Geogr. tage, 27, S. 101—113, jetzt Verlag des Amtes für Landeskunde, Landshut/Niederbayern).

erosion vollbrachte, wie gesagt, ihr Hauptwerk jeweils in den Eiszeiten. Lediglich die Kräftegruppierung war — zeitlich wie räumlich — eine verschiedene. Die im Interglazial recht träge Tiefenerosion steigerte sich mit der zu einer Eiszeit führenden Klimaverschlechterung. Die Ursache dafür war die immer kurzfristiger, aber auch umso energischer werdende sommerliche Wasserführung sowie die große Schuttführung. Die dadurch bedingte Korrosion hat es erst zu jener bedeutenden Tiefenerosion kommen lassen, aus der die (bisher ins Interglazial verlegte) diluviale Terrassenbildung resultiert. Zugleich wurde die Seitenerosion immer stärker, bis sie schließlich fast allein tätig war. Noch aber herrschte Erosion vor, und die Gewässer hatten noch die Kraft, den anfallenden Schutt zu bewältigen und abzuführen. Erst in der Hochphase der eiszeitlichen Entwicklung setzte die eiszeitliche Akkumulation ein. Also: Nicht eiszeitliche Akkumulation und Seitenerosion lösten die interglaziale Tiefenerosion ab, sondern die hochglaziale Akkumulation folgte der interglazialen und vornehmlich frühglazialen Erosion, die als Tiefenerosion und als Seitenerosion wirkte.

---

Welche Folgerungen ergeben sich nun aus dieser Auffassung über die Art und Dauer der diluvialen, klimatisch bedingten Erosion?

Indem die (wie gesagt: klimatisch bedingte) Terrassenbildung nicht ins Interglazial oder ins Spätglazial fällt, sondern mit ihrem Haupteffekt (mit der Klimaverschlechterung einsetzend) ins Frühglazial zu stellen ist, kann also auch die Form und Größe der Terrassen nichts über die Interglazialzeit aussagen, vor allem nicht ihre Dauer aus dem Ausmaß der jeweiligen Taleintiefung, also dem Vertikalabstand der Terrassen erschlossen werden.

Erst von hier aus lassen sich die Aufschüttungsfolgen verstehen, wie sie an der Donau, der unteren Erosionsbasis des nördlichen Alpenvorlandes und der Sammelrinne ihrer Gewässer, zu erkennen sind, wo fern von den Gletscherenden das diluviale Kräftespiel der Aufschüttung und Eintiefung seinen ungestörtesten Verlauf nahm. Die Terrassenprofile aus dem unteren Lech und dem unteren Illerbereich veranschaulichen dies mit besonderer Deutlichkeit. Die Vertikalabstände sind an der Iller kleiner als am Lech. Der Unterschied liegt in der verschiedenen Hebungintensität der beiden Bereiche begründet und kann außer Betracht bleiben. Wichtig ist, daß bei jeder Aufschüttungsfolge in sich aber die vertikalen Terrassenabstände keine besonderen Differenzen zeigen. Daß in jeder Interglazialzeit die etwa gleiche Erosionsleistung erzielt worden sei, wie gemäß diesen Profilen nach den bisherigen Auffassungen zu folgern wäre, erschien mir von Anfang an recht unwahrscheinlich. Es findet jetzt seine natürliche Erklärung durch die zuvor getroffenen Feststellungen, daß die Tiefenerosion in der Hauptsache nicht ein Werk der langen Interglazialzeiten, sondern der in ihrer kürzeren Zeitspanne viel gleichgearteteren Frühglazialzeiten ist.

Nun wird dieser und jener einwenden, daß das sogenannte Große Interglazial, welches an Iller und Lech an Hand der Terrassenprofile nicht erkennbar ist, in anderen Flußgebieten in einer beträchtlichen Erosionsspanne zum Ausdruck kommt. Jedoch ist diese Feststellung erheblich einzuschränken. Die detaillierten Aufnahmen führen meistens zu anderen Resultaten. So haben ja schon die von EBERL und KNAUER im Vorland des Iller-, Lech- und Isargletscherbereiches durchgeführten Aufnahmen zu Tage gebracht, daß die von PENCK unter die Deckenschotter zusammengefaßten altdiluvialen Ablagerungen in weit mehr als nur zwei Glieder aufzutrennen sind. Darüber hinaus er-

geben aber die weiteren Untersuchungen, daß durch die genaue Aufgliederung der diluvialen Ablagerungen insbesondere die Erosionslücke betroffen und eingeeignet wird, aus der man vorzüglich das Große Interglazial erschlossen hatte.

In anderen Fällen, wo tatsächlich eine bedeutende Talbildung ins Große Interglazial fällt, ist aber die tektonische Ursache ganz offensichtlich. So etwa im Schweizer Mittelland, wo die Talsohlen dieser Zeit bis heute noch nicht erreicht sind. Aber — und damit kommen wir zu einem neuen Punkt — auch die schweizerischen HT-Schotter, deren Anschüttung nach der allgemeinen Auffassung synchron mit der auffallenden Talbildung des Großen Interglazials erfolgte und tektonische Ursachen hatte, verzahnen sich — wenn auch erst hoch in den Alpentälern — mit Moränen. Das besagt doch, daß neben den tektonischen noch klimatische Veränderungen einherlaufen, die beachtet werden müssen, auch wenn sie in ihrer Wirkung gegenüber ersteren sehr zurücktreten.

Meine Ergebnisse über den Ablauf der diluvialen, klimatisch bedingten Akkumulation und Erosion, wonach letztere sich allmählich mit der Klimaverschlechterung steigerte und erst im Hochglazial der Akkumulation Raum gab, werfen auch auf diese Frage ein neues Licht.

Denken wir uns eine Entwicklung im klimatischen Geschehen, die nicht direkt zu solch extremen Zuständen führte, daß sie größere Vereisungen zur Folge hatte, so fehlte dann der hochglaziale Abschnitt, wie ich ihn nennen möchte. Sowohl für die Ausbildung der Erdschichten als auch für die in dieser Zeit entstandenen Formen ergibt sich dann ein ganz anderes Bild. Denn die nur während des hochglazialen Abschnittes tätige Akkumulation blieb aus, es herrschten vielmehr Denudation und Erosion vor — und damit fehlen auch die exakten, über einen größeren Raum verfolgbaren Dokumente für die früheiszeitlichen Abschnitte. Was sie bezeugen oder — vorsichtiger ausgedrückt — was auf sie hinweisen würde, wären (in Landschaften mit tektonisch aufsteigender Bewegungstendenz) größere als übliche Abstände zwischen den Terrassen. Denn die klimatisch bedingte Tiefenerosion entwickelt sich ja vornehmlich mit der Klimaverschlechterung.

Das würde also umgekehrt heißen, daß man aus den hier und da erkenntlichen größeren Terrassenbeständen nicht unbedingt auf ein längeres Interglazial zu schließen braucht, wie es bisher üblich war. Eine oder mehrere Kaltzeiten, denen die „Vereisungsspitze“ fehlte, können sie ebenso verursacht haben. Ich darf gleich hinzufügen, daß die tatsächlichen Verhältnisse weit komplizierter sind, als daß man diese neuen Vorstellungen unbedenken verallgemeinern könnte. Nur wollte ich zeigen, wie aus dem gleichen Beobachtungsmaterial bei einer neuen Sicht ein dem früheren völlig konträres Ergebnis folgt. Wo man vorher aus einer größeren Taleintiefung ein längeres Interglazial, also eine längere Warmzeit zu erkennen glaubte, können kältere Perioden ein Gleiches erzielt haben. Es ist also nicht angängig, sich bei der Festlegung des Großen Interglazials vornehmlich auf die Erosionsabstände zu stützen. Daß es sich bei diesem Interglazial im großen gesehen um eine längere und auch intensivere Warmzeit gehandelt hat, erweisen ja aber wohl genügend andere Argumente. Im einzelnen ist jedoch, wofür wiederum noch manches andere spricht, damit zu rechnen, daß diese Periode von, wenn auch untergeordneten, Kaltzeiten unterbrochen war. Diese können in dafür prädestinierten Räumen, wo es leichter zu Vereisungen kam, durchaus auch den Charakter von Eiszeiten gehabt haben. Vielleicht fällt in einen solchen Zeitabschnitt die Bildung der eben angeführten Moränen, die sich mit den sonst tektonisch bedingten schweizerischen HT-Schottern verbinden, oder auch die von SOERGEL als Mindel-3 und Prä-Riß

benannten Eisvorstöße. Denn würde man, wie es wohl auch SOERGEL sich dachte, das Große Interglazial allein zwischen sein M-3 und Prä-Riß legen, bleibt ja, um nach seiner eigenen Vereisungskurve zu urteilen, kein größerer Zeitraum mehr für das Große Interglazial übrig.

Wir haben bisher im Diluvium nach PENCK nur Eiszeiten und Interglazialzeiten unterschieden. SOERGEL setzt dafür Warm- und Kaltzeiten, meint aber dasselbe. Die Warmzeiten sind die Interglazialzeiten mit Tiefenerosion, die Kaltzeiten die Glazialzeiten mit Akkumulation. Ich möchte das Diluvium in Warm- und Kaltzeiten sondern, sie aber nicht, wie SOERGEL es tut, mit Eis- und Zwischeneiszeiten gleichsetzen. Eine Kaltzeit kann zu Vereisungen führen, sie muß es aber nicht. Nur im äußersten Falle der Klimaverschlechterung entstanden die bekannten großen Vereisungen in Nordamerika und Nordeuropa sowie die Vergletscherungen der höheren Gebirge. Und dann erst, also während des letzten, des hochglazialen Abschnittes einer Kaltzeit kam es zu einer allgemeinen klimatisch bedingten Akkumulation — auch in den periglazialen Gebieten. Sonst herrschte in den Kaltzeiten aber Abtragung vor. Die vereisungslosen Kaltzeiten zu erkennen, fällt daher wesentlich schwerer. Denn auch die Relikte der Fauna und Flora fielen der Denudation und Erosion dieser Zeitabschnitte im allgemeinen zum Opfer.

Damit rücken wir der Frage nach der tatsächlichen Anzahl der großen Eiszeiten näher, die in den einzelnen Glazial- und Periglazialbereichen so verschiedenen beantwortet wurde. Schon vor PENCK hatte ja MÜHLBERG in der Schweiz aus diluvialen Schotterterrassen 5 Eiszeiten angenommen, später EBERL in Oberschwaben 12 und SOERGEL in Thüringen sogar 15. Im österreichischen Alpenvorland hingegen lassen sich nach den bisherigen Forschungen aber kaum die PENCK'schen 4, sondern — wie in Norddeutschland — mit Sicherheit nur 3 Eiszeiten erkennen und noch weiter im SO und S bestenfalls nur 2. Nun, die zuvor gemachten Ausführungen klären diese Verschiedenheiten. Wer im Balkan z. B. nur Zeugen für zwei Eiszeiten fand, dem hat keineswegs der Blick gefehlt, die oft sehr kärglichen Spuren von mehr Vereisungen zu beobachten. Und wer in Mittel- oder Westeuropa mit einem Dutzend und mehr Eiszeiten rechnet, dem muß nicht unbedingt gleich der andere Vorwurf gemacht werden, daß er in die Natur hineingelegt hat, was nicht vorhanden ist.

Im schweizerischen und schwäbischen Alpenvorland lassen sich ohne jeden Zweifel mehr als die vier PENCK'schen Vereisungen erkennen. Ob es 7, 9 oder gar 12 sind, wie EBERL es meint, sei dahingestellt. Die genaue Zahl ist bei dieser Erörterung auch ohne Belang. Daß es im Balkan andererseits nur 2 Vereisungen gegeben hat, kann ebenso sicher sein. Das braucht aber nicht im Widerspruch zu stehen zu den in Mittel- und Westeuropa getroffenen Feststellungen von einer größeren Zahl von Vereisungen. Denn in dafür besonders günstig gelegenen Gebieten Mittel- und Westeuropas kann es während — sagen wir ruhig einmal, um durch ein Extrem die Situation zu verdeutlichen: — 15 Kaltzeiten zu Vereisungen gekommen sein. Wir würden dann von 15 Eiszeiten sprechen. Im SO Europas hingegen gab es nur 2 Vereisungen. Alle anderen kamen hier gar nicht zur Ausbildung. Den entsprechenden Zeiten fehlte hier die extrem kaltzeitliche Entwicklung, die „Vereisungsspitze“, wie ich sie vorhin nannte. Darum kam es auch zu keiner glazialen, fluvioglazialen und periglazialen Akkumulation; im Gegenteil, die Abtragung war gesteigert am Werke, und es fehlen darum auch die maßgeblichen Dokumente dieser Zeitabschnitte. Woran diese verschiedene Entwicklung lag, braucht hier nicht weiter untersucht zu werden. Daß orographische, klimatische, tektonische Faktoren, die Lage zu den

umgebenden Meeren und Gebirgen u. a. eine maßgebende Rolle spielen, ergibt sich von selbst.

Wenn das klimatische Phänomen der diluvialen Eiszeiten, wofür ja alle Anzeichen sprechen, wirklich ein globales war, die eiszeitlichen Temperaturniedrigungen also die ganze Erde betrafen, können wir — wieder mit Blick auf das Erdganze — nur von wärmeren und kälteren (oder einfacher: Warm- und Kalt-) Zeiten sprechen. Der gegenüber den Eiszeiten regional übergeordnete Begriff sind die Kaltzeiten. Das schließt natürlich nicht aus, daß die eiszeitlichen Benennungen zu allgemeinen Zeitbegriffen erhoben werden. (Besser würde man allerdings „Günzzeit“ sagen und nicht „Günzzeit“).

Zwar ist die Zeit an sich, wie letzthin SCHINDEWOLF wieder betont hat, nicht lokal oder regional, sondern universal. Ein solch universaler Zeitabschnitt ist auch das diluviale Eiszeitalter, das durch das Phänomen der großen Vereisungen charakterisiert und dadurch von der vorangegangenen Periode deutlich abgesetzt ist. Von vornherein aber und im einzelnen ist auch der Zeitbegriff ein subjektiver und darum sehr wohl ein lokaler und regionaler. So ist eine Eiszeit z. B. nur in einem bestimmten Bereich eine solche, während in anderen, etwa tropischen Regionen die Entwicklung wenig gestört weiterging. Das Streben der historischen Forschung geht natürlich dahin, den regionalen Zeitbegriff dem universalen unterzuordnen — oder besser: die einzelnen lokalen und regionalen Geschehnisse des ganzen Erdkreises miteinander in eine zeitliche Beziehung zu setzen, um so zu einem universalen Zeitbegriff zu kommen.

Solange aber selbst in den diluvialen Kerngebieten noch nicht die vollständige Folge der diluvialen Ablagerungen festgestellt ist, wird man sich für die Gliederung und Chronologie des Pleistozäns mit regionalen, ja sogar lokalen Zeitbegriffen begnügen müssen. Erst wenn so viele Profile der diluvialen Ablagerungen vorhanden sind, daß wirklich ein Vergleich über größere Räume möglich ist, wird man beurteilen können, welchen Schichten eine größere Bedeutung zukommt, sodaß man ihre Benennungen zu allgemeinen Zeitbegriffen erheben kann.

---

Die Abgrenzung des Diluviums bildet seit je eine besondere Schwierigkeit. Das ist bei diesem der Gegenwart am nächsten stehenden Abschnitt der erdgeschichtlichen Vergangenheit nicht weiter verwunderlich. Wenn schon die Grenze Diluvium/Alluvium schwer faßbar ist, so gilt dies noch mehr für die zwischen Diluvium und Tertiär. Indem man jenes aber mit dem Großen Eiszeitalter gleichsetzt, läßt man es auch mit der ungewöhnlichen Entfaltung der Gebirgsgletscher und Inlandeismassen beginnen. Nun ist aber nach dem eben geschilderten das Diluvium nicht allein nur eine Periode von Eiszeiten und Interglazialzeiten, sondern mehr noch eine Folge von mit Warmzeiten wechselnden Kaltzeiten. Es ist aber unwahrscheinlich, daß gleich die erste Kaltzeit auch überall mit einer solchen Temperaturminderung verbunden war, daß allenthalben auch größere Vereisungen entstanden.

Die klimatische Entwicklung ist vielmehr aus dem warmen Miozän langsam zu den Kalt- und Eiszeiten des Pleistozäns gegangen. Sie erfolgte aber nicht geradlinig und ruckartig, wie PENCK es sich nach der Klimakurve am Ende seines großen Werkes vorstellte.

In seiner letzten größeren Arbeit über diese Fragen, wo er vom pleistozänen Eiszeitalter als von einer „Geokatastrophe“ spricht, läßt PENCK das glaziale Phänomen langsam kommen und gehen, eine Auffassung, die der natürlichen

Klimaentwicklung weit mehr gerecht wird. Viele Argumente lassen sich auch dafür beibringen. Und was für das Kommen und Gehen des pleistozänen Eiszeitalters insgesamt gilt, sollte auch für die Entwicklung während dieser Periode selbst gelten: Sie verlief nicht geradlinig auf jede einzelne Eiszeit zu, sondern war von Warm- und Kaltzeiten unterbrochen. So können zwischen zwei der schon bekannten größeren Eiszeiten (also in einer Interglazialzeit, etwa M-R) kürzere Eiszeiten, wirkliche Zwischen eiszeiten liegen.

Der Wechsel von Warm- und Kaltzeiten dürfte zwar bei dem sicher allgemeinen Charakter der Klimaschwankungen überall zur Auswirkung gekommen sein. Nur war, wie gesagt, die Intensität der Klimaverschlechterung eine regional ganz verschiedene. Eine verstärkte Heraushebung der Westalpen z. B., wie sie nach Heim im Großen Interglazial vonstatten gegangen ist, kann hier in einer sonst allgemein mäßigen Kaltzeit schon zu Vereisungen geführt haben. In Nordeuropa und Nordamerika können andere Faktoren, etwa, um nur ein Beispiel zu nennen, die Veränderung der Lage des Golfstromes oder der durch ihn zugeführten Wärmemenge, eine ähnliche oder auch gegenteilige Wirkung erzielt haben.

Indem wir bei den Untersuchungen des Pleistozäns nicht so sehr die paläontologische und petrographische Methode verwenden können, sondern das klimatische Geschehen der entscheidende Kanon wird, müssen wir dem auch konsequent bei der Abgrenzung und Gliederung Rechnung tragen. Sein Beginn wäre aber erst an jene Stelle der schon im Pliozän einsetzenden kaltzeitlichen Entwicklung zu setzen, wo ein erstes Mal eine Kaltzeit zu einer Vereisung führte, die etwa das Ausmaß der uns durch PENCK bekannten besaß. Es kann hier und da schon kleinere und kürzer dauernde Vereisungen gegeben haben, und damit wird auch auf jeden Fall — ebenso wie im Großen Interglazial — zu rechnen sein. Wer solche älteste Vereisungsspuren findet, wird nun — und nach den bisherigen Auffassungen ganz mit Recht — mit diesen das Eiszeitalter beginnen lassen. Damit würden wir aber bei der so großen örtlichen Differenziertheit der Verhältnisse nie eine Einigung erzielen. Ich möchte, wie es bisher im allgemeinen auch schon so gehalten wurde, das Pleistozän vielmehr dort beginnen lassen, wo die glazialen Erscheinungen ein erstes Mal als ein sozusagen globales Phänomen auftreten. Zuvorgegangene kleinere und örtliche Vereisungen wären dann noch den Kaltzeiten des Pliozäns zuzuordnen.

Es sollte in Zukunft überflüssig erscheinen, sich darum zu streiten, ob es 4, 7, 12 oder 15 Eiszeiten gegeben hat. Besser wird sein festzustellen, zu wieviel Vereisungen es in jedem einzelnen Bereich gekommen ist. Das ist die eine Aufgabe, und die andere, weit schwierigere ist die zu untersuchen, welche Ablagerung des einen mit welcher des Nachbarbereiches zu verbinden ist. Dann erst werden wir beurteilen können, wieviele und welche Kaltzeiten die allgemeine Bezeichnung „Eiszeit“ verdienen, die doch nur zutreffend ist, wenn sie für Zustand, Bildung und Formung eines größeren Teiles der Erdoberfläche wie für die Entwicklung und Ausbreitung eines bestimmenden Teiles ihrer Lebewelt — wie z. B. des Menschen — besonders charakteristisch ist.

### Wichtigstes Schrifttum

- EBERL, B.: Die Eiszeitenfolge im nördl. Alpenvorlande. — Augsburg 1930.  
 KLEBELSBERG, R. v.: B. Eberl über das Iller-Lechvorlandgletschergebiet. — Z. f. Gletscherkunde 1930.  
 Derselbe: Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. — Wien 1949.

- KNAUER, J.: Erl. zur geol. Karte v. Bayern 1:100 000, Teilblatt Starnberg und Landsberg, 1929 und 1931.
- Derselbe: Die Ablagerungen der älteren Würmeiszeit im süddt. und norddt. Vereisungsgebiet. — München 1935.
- Derselbe: Widerlegung der Einwendungen K. Trolls gegen die Vorrückungsphase der Würmeiszeit. — Mitt. Geogr. Ges. München, 1937.
- MÜHLBERG, F.: Der Boden von Aarau. — Festschrift Kantonschule Aarau 1896.
- PENCK, A. und BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. — Leipzig 1901/09.
- SCHAEFER, I.: Die diluviale Erosion und Akkumulation — Erkenntnisse aus Untersuchungen über die Talbildung im Alpenvorland. — Forsch. zur deutschen Landeskunde 49/1950.
- SCHINDEWOLF, O. H.: Grundlagen und Methoden der paläontologischen Chronologie. — Berlin 1944.
- SOERGEL, W.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion. — Berlin 1921.
- Derselbe: Das diluviale System. — Fortschr. Geol. und Paläont. 39/1939.
- TROLL, C.: Die Eiszeitenfolge im nördl. Alpenvorland. — Mitt. Geogr. Ges. München 1931.
- Derselbe: Die sog. Vorrückungsphase der Würmeiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgange. — Mitt. Geogr. Ges. München 1936.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Diluviums. — Stuttgart 1929.

## Die Eisbilanzkurve und die Gliederung der Eiszeit

Vortragsauszug von W. W u n d t, Freiburg i. Br.

Die Eisbilanzkurve ist eine Fortbildung der Strahlungskurve (MILANKOVITCH) und der Vereisungskurve (SOERGEL). Während die Vereisungskurve im wesentlichen ein empirisches Gebilde darstellt, das sich auf der Lage der Endmoränen in Norddeutschland aufbaut, kehrt die Eisbilanzkurve zur Rechnung zurück, wobei sie sich auf die Strahlungskurve stützt. In manchen Ländern ist es üblich, die Niederschläge vom 1. Tage des Jahres an laufend zu summieren, um festzustellen, ob man hinter der normalen Summe zurückbleibt oder sie überschreitet; ebenso kann man für Jahrzehnte und viel längere Perioden verfahren. Bei gleichbleibendem Klima müßte die Summe gleichmäßig wie eine Gerade ansteigen. Bleibt die tatsächliche Summe unter dieser Geraden, so kennzeichnet sie eine Reihe von Trockenjahren, ebenso eine Serie von Naßjahren, wenn sie sich über die Gerade erhebt. Genau so kann man mit der Strahlungskurve verfahren, die bekanntlich für die letzten 600 000 Jahre berechnet vorliegt. Nimmt man an — was genähert zutrifft — daß die Strahlung zu Beginn und am Ende dieses Zeitraums gleich war, so kann man auch hier eine Wellenlinie berechnen, die hinter dem gleichmäßigen Anstieg teils zurückbleibt, teils ihn übertrifft. Diese Linie ist geeignet, die Verspätungseffekte, die bei klimatischen Erscheinungen auftreten, auch rechnerisch zum Ausdruck zu bringen; denn die Lage des einzelnen Punktes hängt nicht nur von der augenblicklichen Strahlung, sondern zugleich auch von allen vorausgehenden ab. Dabei werden kleinere Strahlungsanstiege, die in größere Perioden des Abmangels eingebettet sind, überbrückt werden (Interstadiale!), während sonst schwächere Hebungen zusammen einen starken Anstieg abgeben können (Interglaziale!).

Man könnte annehmen, daß auf diese Weise die bekannten empirischen Einteilungen der Eiszeit, z. B. die PENCK'sche Gliederung, besser zum Ausdruck kämen als bei der Strahlungskurve selbst; denn letztere enthält ja über ein