

A. Aufsätze

Die Inlandeis-Theorie, seit 100 Jahren fester Bestand
der Deutschen Quartärforschung

Von KARLHEINZ KAISER, Berlin

Mit 4 Abbildungen, 3 Tafeln und einer Zeittafel¹⁾

Zusammenfassung. Vor allem die Begründungen von zwei Grundvorstellungen haben die Erforschungsgeschichte des quartären Eiszeitalters — und gleichfalls auch der präquartären Eiszeiten im Verlaufe der Erdgeschichte — maßgeblich bestimmt. Einmal fußt die im Klimawandel verankerte Sonderstellung des Quartärs gegenüber den älteren und weitaus länger andauernden Erdzeit-Systemen auf der Tatsache von einstmals weit ausgedehnteren Vergletscherungen auf der Erde. Die Auffassung von der periodischen Wiederkehr — mit dem daran geknüpften Wandel der Umweltbedingungen geologischer, geomorphologischer, klimatischer, hydrologischer, pedologischer und biogeographischer Art — solcher Vergletscherungen (Polyglazialismus) bildet hingegen die Grundlage unserer heutigen Quartärgliederung. Es bedurfte fast 100 Jahre, ehe sich diese Leitgedanken im Jahre 1875 bzw. zu Anfang der 20er Jahre dieses Jahrhunderts weltweit und endgültig durchzusetzen vermochten.

Summary. Especially the reasons of two basic conceptions have influenced in a decisive way the history of the investigation of the Quaternary ice age, but also of the pre-Quaternary periods during the course of the earth's history. First the exceptional position of the Quaternary as compared with earlier by far longer lasting ice age systems, due to climatic variations, is caused by the fact of once by far more extensive glaciations upon the earth. The view of the periodical repetition (polyglacialism) of such glaciations associated with the change of environmental conditions of geologic, geomorphologic, climatic, hydrologic, pedologic, and biogeographic kind however is providing the basis of our present Quaternary subdivision. It needed nearly 100 years respectively before these leading ideas in 1875 and at the beginning of the twenties of our century could gather way finally all over the world.

Résumé. Ce sont surtout les fondements de deux principes essentiels qui ont déterminé en grande partie l'histoire de la recherche scientifique de la période glaciaire quaternaire — ainsi que d'ailleurs des périodes glaciaires préquaternaires de l'histoire des temps géologiques. D'une part la particularité au Quaternaire de variations climatiques, qui différencie ce système de tous les autres systèmes plus anciens et de durée beaucoup supérieure, et repose sur le fait de glaciations jadis beaucoup plus étendues à la surface de la terre. La supposition du retour périodique de ces glaciations (polyglacialisme) — avec les modifications conséquentes de conditions du monde terrestre dans les domaines géologique, géomorphologique, climatique, hydrologique, pédologique, et biogéographique, forme à présent le fondement de notre stratigraphie quaternaire (Polyglacialismes). Il a fallu 100 ans presque, avant que ces principes directeurs, depuis l'année 1875 jusqu'au début de la vingtième année de ce siècle, puissent devenir universels et définitivement admis.

Einleitung

Am 3. November 1875 begründete in einem Vortrag vor der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Berlin der schwedische Quartärforscher Otto TORELL (Taf. III) die Lehre von der eiszeitlichen Vergletscherung Nordeuropas, wobei er eine breite Zuhörerschaft tief be-

¹⁾ Die Abbildungen auf Taf. I (B. F. KUHN, I. VENETZ-SITTEN, J. G. VON CHARPENTIER, L. AGASSIZ) und das Bild von A. VON MORLOT auf Taf. II sowie Hinweise auf zugehöriges Quellenmaterial verdanke ich Herrn Prof. Dr. B. MESSERLI (Bern), die Abb. 3 Herrn Dr. BORRE AS (Oslo).

Besonderen Dank schulde ich aber Herrn Prof. Dr. M. SCHWARZBACH (Köln), der mir nicht nur eine Reihe von Abbildungen zur Verfügung stellte (F. K. SCHIMPER auf Taf. II, O. TORELL und G. DE MORTILLET auf Taf. III sowie die Textabbildung 2), sondern mir auch wichtiges Quellenmaterial zugänglich machte. Ihm sei diese Arbeit, die ursprünglich (in gekürzter Form) als Festvortrag zur 100-Jahrfeier des Gletschergartens in Luzern konzipiert worden war, nachträglich zu seinem 65. Geburtstag am 7. 12. 1972 gewidmet.

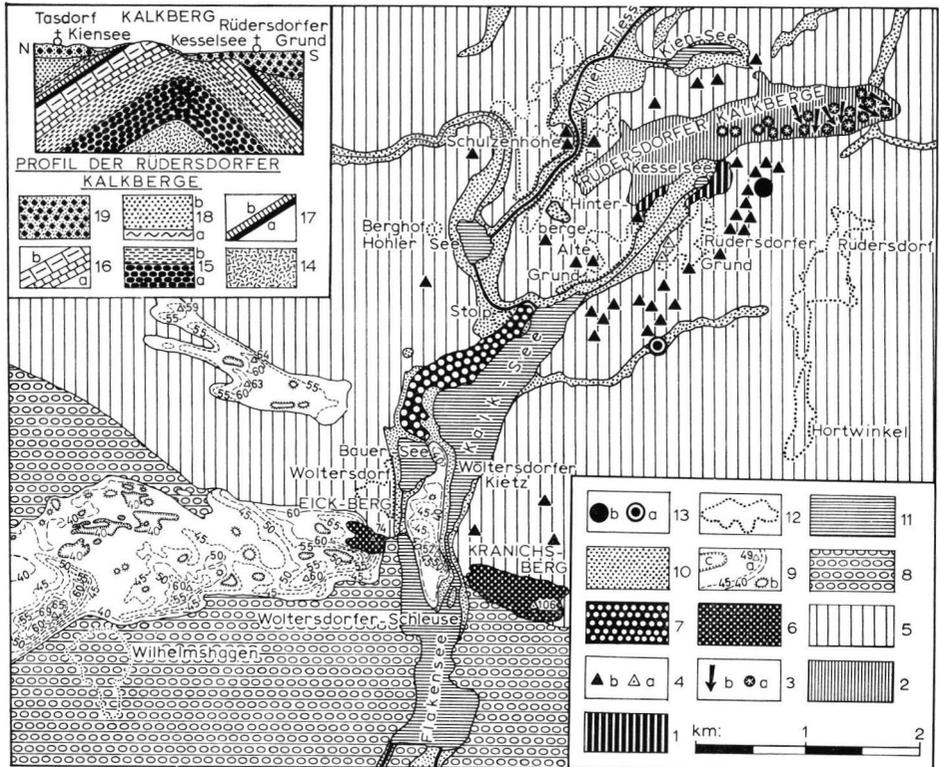


Abb. 1. Die Rüdersdorfer Kalkberge östlich Berlin (Brandenburg).

Aus den mächtigen Quartärbedeckungen der Barnim-Hochfläche treten bei Rüdersdorf auf der Nordflanke einer ostwärts verlaufenden, asymmetrischen Sattelstruktur Schichten des Untergrundes heraus (Profil). Es handelt sich um nach Süden exponierte und von den skandinavischen Inlandeismassen rundhöckerartig abgehobelte Schaumkalk-Schichtköpfe des Unteren Muschelkalkes (Trias). Bereits G. VON HELMERSEN (1867) führte hier erhaltene Schrammungen auf Gletscherwirkungen zurück. Nach einer vorausgegangenen Exkursion in die Rüdersdorfer Kalkberge mit G. BERENDT und A. ORTH konnte O. TORELL am 3. 11. 1875 im Rahmen eines Vortrages bei der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Berlin der Inlandeisstheorie endgültig zum Durchbruch verhelfen. Profil: 19 = Quartärablagerungen (überwiegend als Grundmoräne), 18 = Keuper (obere Trias, b = Sandsteinfolgen des Gipskeupers, a = Lettenkeuper), 17 = Tonstein- und Mergelfolgen des Muschelkalkes (mittlere Trias, b = Oberer Muschelkalk, a = Mittlerer Muschelkalk), 16 = Kalksteinfolgen des Unteren Muschelkalkes (mittlere Trias, b = Schaumkalk, a = Wellenkalk), 15 = Buntsandstein (untere Trias, b = mergelige Folgen des Röt, a = Sandsteine und Konglomerate des Mittleren und Unteren Buntsandsteins), 14 = Zechsteinsalze (Keulensalinare). Karte: 13 = Fundstellen pleistozäner Faunen (b = Wirbeltierreste, a = Mollusken), 12 = Orte, 11 = Rinnenseen, 10 = holozäne Talaufschüttungen, 9 = spätglaziale bis frühholozäne Dünengebiete (c = wannenartige Ausblasungsformen, b = Kupstendünen, a = durch 5 m-Isohypsen und Kammhöhen markierte Parabeldünen), 8 = sandig-kiesige Fluvialabsätze des Berliner Urstromtales (spätes Weichsel-Hochglazial), 7 = Oszüge (Abschmelzphase des Brandenburger Stadiums), 6 = Stauchendmoränen (Abschmelzphase des Brandenburger Stadiums), 5 = Grundmoränenplatte der Barnim-Hochfläche (lokal von Decksanden überkleidete Geschiebemergel, Brandenburger Stadium), 4 = Verbreitung von Lokalgeschieben im Bereich der Grundmoränenplatte (b = Muschelkalkgeschiebe, a = Rötgeschiebe), 3 = Gletscherspuren an der ehemaligen und größtenteils von Lehmen konservierten Muschelkalk-Oberfläche (b = Gletscherschrammen, a = Gletschertöpfe), 2 = Schaumkalke über Wellenkalken (Unterer Muschelkalk) der Rüdersdorfer Kalkberge (die ehemals rundhöckerartig gestaltete sowie mit Gletscherschrammen und Strudeltöpfen überkleidete Muschelkalk-Oberfläche ist infolge des weit fortgeschrittenen Abbaues nahezu vollständig zerstört worden), 1 = Röt-Ausbisse (bunte und teilweise dolomitische Mergel mit Einschaltungen von Kalken und Gips des Oberen Buntsandsteins). In Anlehnung an die Geol. Karte 1 : 25 000, Blatt Rüdersdorf (3548), Lieferung 26 (1922).

eindruckte und zu überzeugen vermochte. Vorausgegangen war eine Exkursion in die Rüdersdorfer Kalkberge mit G. BERENDT und A. ORTH. Dort konnten bereits von G. VON HELMERSEN (1867) auf Muschelkalkoberflächen gedeutete Glazialschrammen wiederaufgefunden werden (Abb. 1). Dieses Ereignis wird allgemein als Zeitpunkt gewertet, wo die bis dahin beherrschenden Flut- und Drifthythesen endgültig durch die moderne Vergletscherungstheorie abgelöst wurden. Aus deutscher Sicht dürfte das auch durchaus gerechtfertigt erscheinen. Nach einem vollen Jahrhundert mag es als Anlaß dienen, um einmal die Marksteine und Wege der Quartärforschung von Anbeginn bis zu jenem Zeitpunkt aufzuzeigen, und daran die Haupttendenzen nachheriger Entwicklungen zu orientieren.

Erratische Blöcke

Schon früh regten die „Findlinge“ sowohl in den äußeren Bereichen der einstmals von nordeuropäischen Inlandeismassen bedeckten Gebieten — beispielsweise im norddeutschen Flachland — als auch im Umkreis der Alpen — beispielsweise im Schweizer Molasseland — nicht zuletzt aufgrund ihrer teilweise beachtlichen Größen und wegen der in manchen von ihnen vorkommenden Fossilien zu Untersuchungen vor allem über ihre Herkunft an. Solche des norddeutschen Flachlandes wurden zunächst bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts überwiegend aus den deutschen Mittelgebirgen hergeleitet und ihnen somit eine südliche Herkunft unterstellt; andere Forscher hingegen faßten sie als Trümmer der im Untergrund Norddeutschlands anstehender Gesteine auf (vgl. u. a. F. WAHNSCHAFFE & F. SCHUCHT 1921). J. J. SILBERSCHLAG (1780) erklärte sie nebst ihren umgebenden Sanden durch vulkanische Vorgänge aus dem Untergrund gefördert. Dabei sprach er die kessel- und wannenartigen Depressionen der Hochflächen („Pfulle“) als Förderstellen in der Art von Kratern an. J. W. VON GOETHE (1829) führte in der 2. Ausgabe seines Romans „Wilhelm Meisters Wanderjahre“ u. a. dazu aus: „Man hielt es ungleich naturgemäßer, die Erschaffung einer Welt mit kolossalem Krachen und Beben, mit wildem Toben und feurigem Schlendern vergehen zu lassen.“ Eine ähnliche Auffassung hat aber auch noch E. BOLL (1846) vertreten, wobei er allerdings die Herde der vulkanischen Tätigkeiten, „aus denen der Regen vulkanischer Bomben“ im weiten Umkreis über die benachbarten Länder verstreut worden sein soll, nach Skandinavien verlegte.

John PLAYFAIR (1802) führte den Begriff der „erratischen Blöcke“ ein. In Anlehnung an B. F. KUHN (1787) schrieb er solche im Schweizer Jura-Vorland der Neuenburger Gegend bereits dem Gletschertransport zu. Schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts sind im englischen und amerikanischen Schrifttum Begriffe wie „boulder“ (B. SILLIMAN 1821) und „till“ (L. AGASSIZ 1842) verwandt worden, ebenso in der deutschen Literatur der Terminus „Geschiebe“. In der gleichen Zeit wurden wissenschaftliche Gesellschaften gegründet, die sich u. a. der Quartärforschung und insbesondere auch der Herkunftsermittlung solcher Erratika widmeten. So teilte E. BOLL (1846) mit, daß ein in Lübeck beheimateter „geognostischer Verein“ „das Vaterland unserer Geschiebe oder Rollsteine“ festzustellen versuchte. In der Schweiz wurde u. a. im Kanton Aargau — wie F. MÜHLBERG (1869) zu entnehmen ist — ein „Moränenclub“ gegründet.

Im letzten Jahrhundert ist diese Forschungsrichtung dann besonders gepflegt und sowohl in räumlich-systematischer als auch methodischer Hinsicht ständig weiter entwickelt worden. Umfassendere Ergebnisse der Geschiebeforschung wurden erstmalig von F. ROEMER (1862), dann von H. VON DECHEN (1879) für den Niederrhein und W. DAMES (1889) für Brandenburg sowie K. HUCKE (1917) und J. KORN (1927) für Norddeutschland insgesamt vorgelegt. Als Träger dieser Disziplin erwies sich in Norddeutschland für mehrere Jahrzehnte die „Gesellschaft für Geschiebeforschung“, deren von K. HUCKE herausgegebenes Organ „Zeitschrift für Geschiebeforschung“ durch 18 Bände in der Zeit von 1925 bis 1942 ausgewiesen ist. Ferner wurden durch N. V. USSING & V. MADSEN (ab 1897) sowie V. MILTHERS (ab 1909) in Dänemark die ersten Geschiebeanalysen entwickelt. Sie ver-

stehen sich als Arbeitsweisen, um über den statistisch erfaßbaren Geschiebebestand glaziärer Absätze genauere Hinweise auf die Liefergebiete und Bewegungsrichtungen ausgedehnter Gletschereismassen (vor allem Inlandeise) sowie daraus letztenendes auch Kriterien über die stratigraphische Gliederung von Gletscherabsätzen zu erlangen. Verfeinerte Methoden führten später in Norddeutschland vor allem J. HESEMANN (ab 1929), G. MÜNICH (ab 1932), K. RICHTER (ab 1933) und G. LÜTTIG (ab 1954) ein.

Flut- und Drifthythesen

Alle zur Erklärung des Transportes erratischer Blöcke sowohl im nordeuropäischen Vereisungsgebiet als auch im Alpenvorland entwickelten Flut- und Drifthythesen begründen sich letztenendes auf die biblische Sintfluttheorie. Unter ihrem Einfluß führte W. BUCKLAND (1823) auch die bis weit in unser Jahrhundert hinein gebräuchlichen quartären Abteilungsbeuriffe „Diluvium“ (= große Flut) und „Alluvium“ (= Anschwemmung) ein.

Als wohl erster Vertreter einer Fluthypothese leitete bereits Hauptmann VON ARENSWALD (1775) die Findlinge des norddeutschen Flachlandes aus Schweden ab. Sie sollen dort durch eine große Flut losgebrochen und nach Norddeutschland überführt worden sein. L. VON BUCH²⁾ (1815) schrieb den Transport der erratischen Blöcke zunächst großen Schlammfluten zu, obzwar er sich später zur Drifthythese bekannte. Dabei wurde „das Hinüberschleudern des nordischen Materials“ für möglich erachtet, „ohne daß die von den Wogen mitgeführten Blöcke den Boden der Ostsee berührten.“ Noch N. G. SEFSTRÖM (1836) erklärte den Blocktransport in ähnlicher Weise. Anhand einer wohl erstmaligen Mitteilung von G. ROSE wies er auf die von solchen „Rollsteinfluten“ erzeugten Schrammungen auf den Muschelkalk-Oberflächen bei Rüdersdorf östlich Berlin hin.

Die Fluthypothesen wurden dann allmählich durch die Drifttheorie abgelöst. Als ihr erster Vertreter kann wohl G. A. VON WINTERFELD (1790) gelten. Er legte dar, daß der Blocktransport von Schweden bei einer allgemeinen Meeresbedeckung Norddeutschlands durch Treibeis erfolgt sei. K. F. KLÖDEN (1829) nahm die Annahme stärkerer Temperaturerniedrigungen für das Ausbreiten vorzeitlicher Polareiskappen zum Anlaß, wobei sich in Buchten der skandinavischen Gebirge große Eismassen angesammelt oder auch Teile davon bedeckt hätten. Schließlich seien von dort aus Verdriftungen von Eisbergen mit eingefrorenen skandinavischen Gesteinen bis „gegen die hervorragenden Gebirgsmassen Polens, der Lausitz, des Erzgebirges, des Thüringer Waldes und des Harzes“ erfolgt, wodurch erklärt würde, daß solches Material nördlich davon als „Geschiebe- und Geröllablagerungen“ in Erscheinung trete (vgl. L. EISZMANN 1974). Schon früh hat auch im bayerischen Alpenvorland F. P. VON GRÜTHUISEN (1809) eine Drifthythese verfochten. Zwar ordnete er die erratischen Blöcke, die hier bereits von M. FLURL (1792) festgestellt worden waren, Gletschern aus Tirol zu. Doch sollten diese Gebirgsmassen durch eine „Flut“ aus ihren Betten gehoben und ins Flachland hinausgetragen worden sein. Ähnliche Vorstellungen eines kombinierten Transportes der erratischen Blöcke entwickelte auch J. W. VON GOETHE (1829): vom Alpengebirge her durch Gletscher, im Alpenvorland durch „Treibeis auf einem hochliegenden Meer“. Demgegenüber ließ er in Norddeutschland die Drifttheorie gelten (vgl. L. EISZMANN 1974). Als Hauptvertreter der Drifttheorie kann insgesamt jedoch C. LYELL (1835) zumindest bis fast in die Mitte des 19. Jahrhunderts gelten. Skandinavien sah er als von mächtigen Gletschern bedeckt an. Die Findlinge Norddeutschlands wurden als in Eisbergen eingeschlossen durch Verdriftung nach Süden in einem kal-

²⁾ Eine Portrait-Abbildung des Privatgelehrten Christian Leopold VON BUCH (1774—1853), der u. a. den Begriff „Leitfossilien“ einführte (1825) und bis zu seinem Tode als Hauptvertreter der „Plutonisten“ sowie als exponierter und vor allem in Deutschland auch als einflußreichster Gegner der Eiszeit-Theorie gelten kann, findet sich im Jubiläumsband (100) der Z. dt. geol. Ges. (1948).

ten Meere erklärt. Dort seien sie dann an verschiedenen deutschen Küstenlinien gestrandet und ausgeschmolzen, maximal in der Fußzone der deutschen Mittelgebirge³⁾. Zahlreiche und international führende Fachgelehrte wie H. G. BRONN, L. VON BUCH, C. DARWIN, R. I. MURCHISON und A. SEDGWICK schlossen sich dieser Lehre an, die insgesamt bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts, in Deutschland sogar bis zu dem einleitend erwähnten Ereignis (1875) bestimmend war. Als ihr „Schwanengesang“ könnte das scherzhafte Lied vom „erratischen Block“ gelten (V. VON SCHEFFEL 1867).

Vergletscherungstheorie

Aus dem Befund, daß von den Blöcken im Schweizer Molasseland viele aus dem Wallis stammen, schloß wohl erstmalig B. F. KUHN (1787, Taf. I) in seinem „Versuch über den Mechanismus der Gletscher“ auf eine einstmals weit ausgedehntere Alpenvergletscherung. Die Walliser Bergführer J. P. PERRAUDIN aus Lourtier und M. DEVILLE aus Chamonix äußerten 1815 unabhängig voneinander ebenfalls die Ansicht einer früher sehr viel größeren Gletscherausdehnung, worauf Gletscherschliffe auf nackten Felsoberflächen und Blocktransporte ins Alpenvorland zu begründen wären. Für das bayerische Alpenvorland bezweifelte J. WEISS (1820), daß die erratischen Blöcke im Sinne der Drifthypothese von F. P. VON GRUITHAUSEN (1809) vom Wasser auf Eisschollen aus den Tiroler Bergen hertransportiert worden wären.

Der Walliser Forstingenieur I. VENETZ-SITTEN (Taf. I) hat nun diese Vorstellungen erweitert und systematisch ausgebaut. Bereits 1816 trug er in der Schweizer Naturforschergesellschaft über den Gletschertransport von Felsblöcken vor (Publikationen: 1822, 1824, 1825). Auf ein Preisausschreiben dieser Gesellschaft hin (1817) handelte er 1821 die Schwankungen und den einstmals viel größeren Stand der Alpengletscher ab (Publikationen: 1822, 1833). Die Moränen des Schweizer Mittellandes und die Findlinge bis in das Jura-Vorland hinein erklärte er als Absätze vorzeitlicher Walliser Gletscher (1829, 1830).

J. G. VON CHARPENTIER (Taf. I) wurden schon 1815 von J. P. PERRAUDIN in dessen Walliser Heimat solche Anschauungen über die einstmals größeren Gletscherausdehnungen vorgetragen. In einem Vortrag 1834 (Publikation: 1835) vor der Schweizer Naturforschergesellschaft in Luzern stellte er dann erstmalig für den Gesamttraum der Alpen die Theorie einer diluvialen Vergletscherung auf. In seinem Hauptwerk „Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône“ (1841) baute er diese Vorstellungen — insbesondere auch die Erklärung von Felsschrammen durch Gletscherschurf (erstmalig erwähnt von N. SERERHARD 1742) weitab von den heutigen Gletschern — aus, so daß sie sich für den Raum der Westalpen mehr und mehr durchsetzen konnten. Der auf H. BESSON (1780, „marème“) und H. B. DE SAUSSURE (1779, „moraines“) — dem wir ebenfalls den Terminus „montagnes moutonnées“ verdanken — zurückgehende Begriff Moräne (erstmalige Beschreibungen bereits bei H. R. RÄBMANN 1606) wurde von ihm in die wissenschaftliche Literatur übernommen. Seine grundlegenden Befunde über die Glazialerosion (N. DESMOREST 1776) und die Ausgestaltung der Alpentäler durch Gletscher zu Trogtälern

3) Der Begründer des Aktualitätsprinzips Charles LYELL (1797—1875) hatte bereits in seinen „Principles of geology“ (1830—33) die Tertiärstufen Eozän, Miozän und Pliozän eingeführt sowie den Gegenwarts-Begriff „Alluvium“ (W. BUCKLAND 1823) durch „The recent“ — später durch „Holozän“ abgelöst (P. H. GERVAIS 1867—69) — ersetzt. 1839 löste er ferner den Begriff „Diluvium“ (W. BUCKLAND 1823) durch den heute für das quartäre Eiszeitalter (i. e. S.) gebräuchlicheren Terminus „Pleistozän“ ab. Bis 1840 kann er als weltweiter Hauptvertreter der Drift-Hypothese gelten, um dann unter dem Einfluß von L. AGASSIZ die Eiszeit-Theorie anzuerkennen.

Zahlreiche Arbeiten auch auf dem Gebiet der Quartärforschung kennzeichnen sein vielseitiges Schaffen (vgl. auch Abb. 4). Die Ursachen von Klimaänderungen erklärte er allgemein aus den Veränderungen des Erdbildes wie den Verteilungen von Land und Meer. Damit kann er — eine Portrait-Abbildung findet sich u. a. in M. SCHWARZBACH (1974) — als früher Vertreter einer terrestrischen Eiszeit-Hypothese gelten.

(E. RICHTER 1900) sind später von G. DE MORTILLET (1858—59, Taf. III) vertieft worden. A. C. RAMSAY (1860—64) und J. TYNDALL (1859—60) haben sie dahingehend übersteigert, daß sie selbst Ausraumtiefen von mehreren 100 (z. B. im Unterinntal bei Innsbruck) bis über 1000 m durch Gletscher wie beispielsweise bei den norwegischen Fjorden (z. B. im Sognefjord 1244 m) annahmen, wogegen sich dann besonders L. RÜTIMEYER (1869) und A. HEIM (ab 1871) verwandt haben. In diesem Widerstreit über Wirkungen und Ausmaße der Glazialerosion hat später A. PENCK (ab 1882) eine vermittelnde Rolle eingenommen.

Schon bald ließ sich auch L. AGASSIZ (Taf. I) mit dem befreundeten Münchener Botaniker F. K. SCHIMPER (Taf. II) von J. G. VON CHARPENTIER auf Walliser Exkursionen von der Vergletscherungstheorie überzeugen. So verwandte F. K. SCHIMPER erstmalig in Münchener Vorlesungen (1833—36) den Begriff der „Eiszeit“ und legte diesen auch in einer dem Geburtstag von G. GALILEI (*1564) gewidmeten Ode (Taf. II) fest, die er am 15. 2. 1837 bei einem Vortrag von L. AGASSIZ in Neuenburg eigenhändig verteilte. L. AGASSIZ blieb es vorbehalten, der modernen Vergletscherungstheorie in der Mitte des vorigen Jahrhunderts weltweite Anerkennung zu verschaffen. Schon 1840 begründete er in seinem Hauptwerk „Études sur les glaciers“ die Annahme einer fast totalen Vereisung der Nordhalbkugel. Dabei führte er die Begriffe „Ablation“ und „roches moutonnées“ ein. Im gleichen Jahr gewann er W. BUCKLAND auf gemeinsamen Exkursionen in Schottland für diese

Tafel I

BERNHARD FRIEDRICH KUHN

Der helvetische Minister B. F. KUHN (1762—1825) lebte in Grindelwald und sprach in seinem 1787 erschienenen „Versuch über den Mechanismus der Gletscher“ als Erster den Gedanken aus, daß dereinst die Alpengletscher bis weit ins Vorland hinausreichten. (Nach einem Ölgemälde von F. N. KÖNIG.)

IGNATZ VENETZ-SITTEN

Der Walliser Forstingenieur I. VENETZ-SITTEN (1788—1859) hat ab 1816 in Vorträgen und Veröffentlichungen die Vergletscherungstheorie im Raume der Westalpen entscheidend ausgebaut und auch schon die Findlinge Norddeutschlands in eine glaziale Deutung einbezogen (1829). Als Erster verfocht er eine polyglazialistische Auffassung, indem er bereits 1822 aus Befunden bei Evian am Südufer des Genfer Sees auf eine zumindest zweimalige eiszeitliche Vergletscherung schloß.

JOHANN GEORG VON CHARPENTIER

J. G. VON CHARPENTIER wurde 1786 in Freiberg in Sachsen geboren. Er war als Honorarprofessor der Geologie in Lausanne und Salinendirektor in Bex (Waadt) tätig, wo er auch 1855 starb. Bereits 1834 stellte er im Rahmen eines Vortrages vor der Schweizer Naturforschergesellschaft in Luzern für den Raum der Alpen die Theorie einer pleistozänen Vergletscherung auf. In seinem Hauptwerk „Essai sur les glaciers...“ führte er 1841 den Begriff „Glazial“ ein. Grundlegend waren auch seine Untersuchungen über die glaziale Erosion und Akkumulation.

JEAN LOUIS RODOLPHE AGASSIZ

L. AGASSIZ wurde am 28. 5. 1807 in Motiers am Murtensee (Waadt) geboren. Seit 1832 war er zunächst als Professor an der Akademie in Neuenburg tätig. 1846 wurde er als Professor der Naturgeschichte an das Harvard College in Cambridge (Massachusetts, USA) berufen, wo er auch am 14. 12. 1873 starb. Bereits 1840 begründete er die Vorstellung einer pleistozänen Vergletscherung der Nordhalbkugel, worin Norddeutschland, die Britischen Inseln und Skandinavien sowie selbst weite Teile Nordamerikas und Sibiriens einbezogen waren. Gegenüber den Verfechtern der Drifthythese verhalf er der Vergletscherungstheorie weltweit zum Durchbruch. In diesem Sinne regte er auch nach 1846 die quartärgeologische Erforschung Nordamerikas an. Begriffe wie „Ablation“ und „roches mountonnées“ (1840) gehen auf ihn zurück. Unter seinem Einfluß legte der mit ihm befreundete Münchener Botaniker F. K. SCHIMPER den Begriff „Eiszeit“ in einer Ode fest, die am 15. 2. 1837 bei einem Vortrag von L. AGASSIZ in Neuenburg verteilt wurde. Dem für mehr als 3 Jahrzehnte führenden Quartärforscher zu Ehren wurde auch ein in Nordamerika ausgedehnter See des Spätglazials als „Lake Agassiz“ bezeichnet.



BERNHARD FRIEDRICH KUHN



IGNATZ VENETZ-SITTEN



JOHANN GEORG VON CHARPENTIER



LOUIS AGASSIZ

Tafel I. Vier bedeutende Vertreter der Ansicht einer pleistozänen Vergletscherung im ausgehenden 18. und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. KUHN (1787) vertrat erstmalig die Auffassung einer vorzeitlich weit ausgedehnteren Ausbreitung der Gletscher (für Bereiche der Westalpen). Sie wurde von VENETZ-SITTEN weiter ausgebaut (ab 1816), indem er sie auf andere Räume (u. a. Norddeutschland, 1829) und erstmalig auch durch die Begründung wiederholter eiszeitlicher Vergletscherungen (Polyglazialismus) ausgeweitet hat. Seit Beginn der 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts haben CHARPENTIER und besonders AGASSIZ dieser Vergletscherungs-Theorie nach und nach weltweite Anerkennung verschafft.



FRIEDRICH KARL SCHIMPER



ADOLF VON MORLOT

Die Eiszeit

Für Freunde abgedruckt am Geburtstag GALILEI's, 1837

Mehr als der Leu dort oder der Elefant,
Mehr als des Affleins Fratzen Gesicht, woran
Sich freut der Pöbel, während Denker
Heimlich sich schämen des Mitgesellen:

Mehr als die Vollzahl aller Geschöpfe selbst,
Die Sammellust doch häuft, und der tiefe Sinn
Des Forschers so geordnet, daß fast
Unwiderstehlich der Geist sich kund gibt:

Mehr als das Reich rings, fesselst du den Sinn,
Eisbär des Nordpols! Führst mich in Gegenden,
Wo winterfrohd du noch im Treibeis
Wohnst und behaglich dich übst im Fischfang.

Wohnst hingedrängt dort lange bereits, doch einst
War deine Heimath näher bei uns! es war
Vielleicht das Umland deiner Schöpfung,
Winterbedeckt noch, das Herz Europas.

Wohl war zuvor mild, milder als jetzt, die Welt:
Weithin im Urwald halte Gebrüll des Rinds,
Mammuthen grasen still, in Mooren
Wälzten sich lüsterne Pachydermen.

Längst sind vertilgt sie, deren gebleicht Gebein
Einhüllt das Fluthland, oder mit Haut und Fleisch
Zugleich und frisch erhalten, ausspeit,
Endlich erliegend das Eis des Nordens!

Ureises Spätrest, älter als Alpen sind!
Ureis von damals, als die Gewalt des Frostes
Berghoch verschüttet selbst den Süden,
Ebnen verhüllt so Gebirg als Meere!

Wie stürzte Schneesturm, welche geraume Zeit,
Endlos herab! wie, reiche Natur, begrubst
Du lebenscheu dich, öd und trostlos!
Aber es ging ja zuletzt vorüber!

Tief aus dem Grund brach Alpengebirg hervor,
Brach durch die Eiswucht, deren erstarrter Zug
Unendlich trümmervoll mit Blöcken
Seltam geziert noch den Kamm des Jura.

Wie stand sie hoch erst, deren Zusammensturz
Dich schöner See Genfs, dich auch von Neuenburg,
Als jener Vorzeit Wundersiegel,
Einzig entzog der Geröllverschüttung!

Denn als sie hinschmolz, als sich die Erde neu
Sehnsüchtig aufthut, flutheten graueuvoll,
Dem Guß und Sturz der Wasser weichend,
Weg die Molassen als Loß ins Rheinthäl!

Des Zeuge warst du, herrlicher Kaisersstuhl,
Breisgau's Hochwart, sanfterer Sohn Vulcans!
Neun Linden schmücken jetzt das Haupt dir,
Schauend in spätere Paradiese.

Noch aber lehnt am feuergekochten Fels
Spätzeitiger Flötzung, der sich zu Alpen hob,
Die Schaar von Gletschern, deren Rückzug
Zaudernd gereiht die Block-Moränen.

Hoch ragt die Jungfrau, welche der Kindheit noch
Stolz eingedenk stets weiße Gewänder trägt,
So gut als kurz vor ihrer Ankunft
Schwer die getragen der Pathe Montblanc.

Sie sammt dem Heerzug, Brüder und Schwestern all,
Wie stehn sie stumm da, hüllen sich ein in Eis!
Denn lauter als sie alle sprichst du,
Das sie bewohnt, o du kleines Schneehuhn!

Als nach dem Ausbruch dieser Gewaltigen
Hinsank des Frostes Reich, lebengeschwellt Natur
Der aus sich selbst erwarmen Erde
Kinder verlich in erneuter Schöpfung:

Damals gebar euch, Zaubern der Möglichkeit
Rasch folgend Tellus, ward sich zuerst in euch,
Die ihr jetzt wohnt im Eis des Poles,
Wieder gewahr in der Macht des Lebens.

Nicht hätte nachher euch sie gebracht, da voll
Freihin der Strom floß derer die jetzo sind;
Vorgänger seid ihr aller Andern,
Athmetet sehnlich den ersten Frühling!

Nahrung genug bot Fluthengewimmel schon,
Neu hing am Fels auch freudiger Flechtenwuchs,
Genügsam, wie das edle Renn, das
Ahnte den Herrn, der es jetzt gezähmt hat!

Ihr wicht! Erfüllung wurde gewährt, und ganz,
Auf letzten Umsturz, siegte das Lebenreich;
Im alten und im neuen Baustyl
Wandelt das Volk der verjüngten Erde!

Ich wicht! Der Schauplatz wurde zu warm, und fern
Wohnt ihr am Pol jetzt! Aber der Herrschende,
Der dann zuletzt erschien, kennt euch!
Staunt der Geschichten, die ihr ihm kündet!

Lehre, anschließend nach und nach aber auch die bis dahin wohl eifrigsten Verfechter der „Sintfluttheorie“: R. I. MURCHISON, A. SEDGWICK und C. LYELL, der noch 1840 in einer Publikation die Drifthypothese verteidigt hatte. Ab 1846 war er als „Harvard's most famous professor“ am Harvard College in Cambridge (Massachusetts, U.S.A.) tätig und förderte nachhaltig die Quartärforschung Nordamerikas im Sinne der modernen Vergleitscherungstheorie. Dem führenden Eiszeitforscher in der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat man hier auch mit der Bezeichnung „Lake Agassiz“ eines ausgedehnten späteiszeitlichen Sees in der Mitte des nordamerikanischen Kontinents eine bleibende Ehrung zuteilwerden lassen (W. UPHAM 1895).

In nördlichen Teilen Europas hat wohl erstmalig J. ESMARK (1824, 1827, Taf. III) in Norwegen und angrenzenden Gebieten (einschl. Dänemark) die dort schon länger bekannten erraticen Blöcke auf einstmals so weit reichende Polareiskappen bezogen. Besonders in seiner norwegischen Heimat stellte er auch (1829) die Wirkung von Gletscherschürfen und ihre Zusammenhänge mit den dortigen Talformen und Seenbildungen heraus. Seiner Auffassung schloß sich zunächst A. BRONGNIART (1828) nach vorausgegangenen Geländeuntersuchungen in Schweden an. In einem Vortrag vor der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft am 22. 7. 1829 (publiz. 1830) schrieb dann I. VENETZ-SITTEN (Taf. I) die „in mehreren Gegenden Nordeuropas“ (einschl. Norddeutschlands) verstreuten Blockansammlungen dem einstmaligen „Vorhandensein ungeheurer Gletscher“ zu. Nach ihm erklärte auch A. BERNHARDI (1832), Professor an der Forstakademie in Dreissigacker (Thüringen), die Findlinge Norddeutschlands durch Gletschertransport bis einst an den Fuß der deutschen Mittelgebirge reichender Inlandeismassen. Wie schon angeführt, sah bereits L. AGASSIZ (1840, Taf. I) weite Bereiche der Nordhalbkugel als eiszeitlich vergletschert an: die Alpen über ausgedehnte Teile des Mittelmeeres bis zum Atlas hin, die Britischen Inseln und Skandinavien über Nord- und Ostsee bis weit ins norddeutsche Flachland hinein sowie selbst große Gebiete Sibiriens und Nordamerikas. J. G. VON CHARPENTIER (Taf. I) hat sich in seiner Arbeit „Über die Anwendung der VENETZSchen Hypothese auf die erraticen Phänomene im Norden“ (1842) dieser Auffassung nicht völlig angeschlossen. Zwar sah auch er einerseits die Nord- und Ostsee als von eiszeitlichen Inlandeismassen übergriffen und Nordrußland bis in den Raum Moskaus sowie Nordpolen, Norddeutschland und die Ostküste Englands als dereinst vergletschert an. Andererseits versucht er jedoch

Tafel II

FRIEDRICH KARL SCHIMPER

F. K. SCHIMPER (1803—1867) verwandte erstmalig in Münchener Vorlesungen (ab 1833) und in der unten abgedruckten Ode zum Geburtstag von G. GALILEI, die er im Rahmen eines Vortrages von L. AGASSIZ in Neuenburg (Schweiz) selbst verteilte, den Begriff „Eiszeit“. Aus K. MÄGDEFRAU (1967): Friedrich Karl SCHIMPER.

ADOLPH VON MORLOT

Der Schweizer Geologe und Prähistoriker A. VON MORLOT (1820—67) hat sich zunächst durch seine grundlegenden glazialgeologischen Befunde in Mittelsachsen (1843—45) verdient gemacht. Anschließend (1846—50) war er als kartierender Feldgeologe im „Geognostisch-Montanistischen Verein für Innerösterreich und das Land ob der Enns“ in den österreichischen Alpen tätig. In den Erläuterungen zu seiner „Geologischen Übersichtskarte der nordöstlichen Alpen“ sprach er (1847) bereits von einem ca. 1000 m mächtigen, vorzeitlichen Innegletscher. Von 1851—53 war er Professor für Geologie und Mineralogie an der Akademie zu Lausanne, um sich nachher ins Privatleben zurückzuziehen. In Anlehnung an Vorstellungen von I. VENETZ-SITTEN (1822) festigte er anhand von Befunden in der Dranse-Schlucht bei Thonon südlich vom Genfer See die Auffassung von der mehrfachen Wiederkehr eiszeitlicher Gletscher (1854—58). Dabei führte er den Begriff „Quartär“ im heute gebräuchlichen Sinne ein. In seinen letzten Lebensjahren bis zu seinem allzu frühen Tode (1867) macht er sich als grundlegender Erforscher der Vorgeschichte Dänemarks und besonders der Schweizer Pfahlbauten (1861) verdient.

offensichtlich erstmalig zwischen der damals noch weithin herrschenden Drifthythese und der modernen Vergletscherungstheorie insofern eine vermittelnde Stellung einzunehmen (vgl. L. EISMANN 1974), indem er die noch weiter südlich bis an den Rand der Mittelgebirge vereinzelt vorkommenden Erratika durch vom maximalen Eisrand ausgelösten Eisschollentransport auf Flüssen und Meeren außerhalb der Vergletscherungsgebiete zu erklären versuchte.

J. G. VON CHARPENTIER (1842) hat wohl auch erstmalig die meridional streichenden, d. h. die \pm Ost-West-verlaufenden Schuttwälle im Norddeutschen Flachland wie die „Dämme oder Streifen“ des Baltischen Landrückens als Stirn- bzw. Endmoränen („moraines frontales“) angesprochen. Zuvor schon waren als Sonderformen der Grundmoränenlandschaft stromlinienförmige und zumeist in Schwärmen auftretende Rücken zunächst in Irland (J. BRYCE 1833) als Drumlin erklärt worden (M. H. CLOSE 1866). Sie wurden später im Norddeutschen Flachland gelegentlich auch als „Rückenberge“ (E. GEINITZ 1912)

Tafel III

JENS ESMARK

Als Professor der „Bergwissenschaft“ an der Universität Christiania (Oslo) tätig, vertrat J. ESMARK (1763—1839) erstmalig in Nordeuropa eine auf ausgedehnte Polareiskappen bezogene und bis zum Meeresspiegel hinabreichende Vorzeitvergletscherung Skandinaviens (1824, 1827). In der gleichen Zeit führte er auch den Begriff „Sparagmit“ für die jungalgonkischen Basalserien der kaledonischen Geosynklinale ein, in der später T. KJERULF erstmalig auf der ganzen Erde Zeugnisse einer jungpräkambrischen Eiszeit nachweisen konnte (1871). Aus O. HOLTEDAHL (1953).

OTTO TORELL

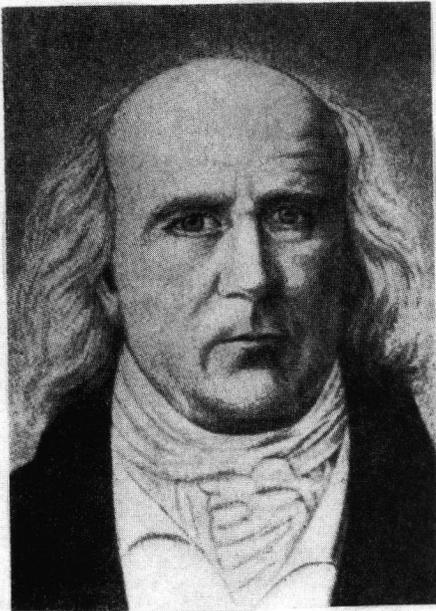
Aufgrund umfangreicher Feldbefunde vor allem aus Schweden verhalf O. TORELL (1828—1900) der Lehre von der eiszeitlichen Vergletscherung Skandinaviens zum Durchbruch (1859, 1872). Begriffe wie „Yoldia-Meer“ für eine Entwicklungsphase der Ostsee am Ende der letzten Eiszeit (1865) und „Dryas-Zeit“ für das Spätglazial der letzten Eiszeit (1872) wurden durch ihn eingeführt und kennzeichnen die Vielseitigkeit seiner grundlegenden Quartärforschungen. Ihm gebührt auch allgemein das Verdienst, am 3. 11. 1875 im Rahmen eines Vortrages vor der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Berlin die Inlandeis-Theorie endgültig durchgesetzt und die nachherige Erforschung des Quartärs besonders in Norddeutschland nachhaltig angeregt zu haben. Aus Geol. Magaz. (1902).

GABRIEL DE MORTILLET

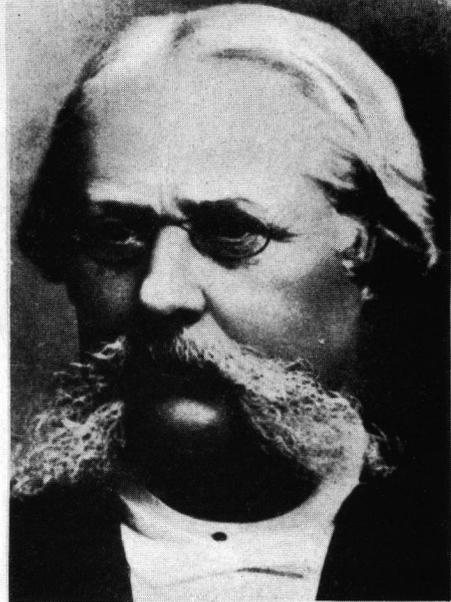
Zunächst baute G. DE MORTILLET die grundlegenden Vorstellungen von J. G. VON CHARPENTIER (1841) über die glaziale Erosion und Akkumulation weiter aus. So schrieb er die Ausräumung übertiefter Talabschnitte und Becken, vor allem in Bereichen der größeren Alpenvorlandseen, von ihren vorherigen Schuttverfüllungen den eiszeitlichen Vorland-Gletschern zu (1858/59, 1861). Später konnte er in Anlehnung an Vorarbeiten von E. LARTET (ab 1861) und J. LUBBOCK (1865) grundlegende Beiträge zur Aufhellung der Geschichte der Menschheit, seiner Kulturen und der sich ändernden Umweltbedingungen erbringen. Begriffe wie „Acheuléen“ (1872), „Moustérien“ (1869), „Solutréen“ (1869) und „Magdalénien“ (1869) wurden durch ihn eingeführt. Aus dem Nachruf von CARTEILHAC in L'anthropologie 9 (1898).

THEODOR KJERULF

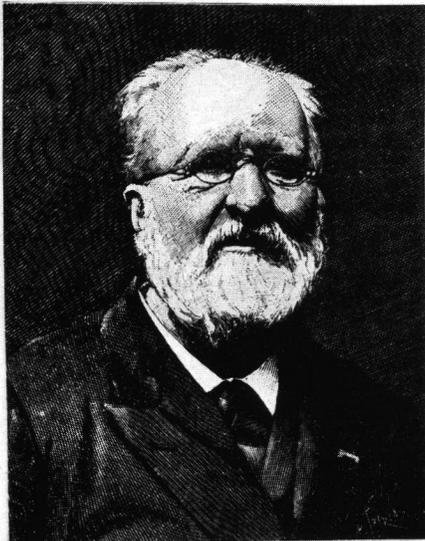
Mit vielen Feldbefunden vor allem aus Norwegen vermochte T. KJERULF (1825—1888) die erstmals in Nordeuropa von J. ESMARK (1824) vertretene Lehre von der eiszeitlichen Vergletscherung Skandinaviens entscheidend zu stützen (1865). Nachdem bereits durch J. W. T. BLANFORD (1856) in Vorderindien, A. R. C. SELWYN (1859) in Südastralien und P. S. SUTHERLAND (1868) in Südafrika Zeugnisse einer permokarbonischen Eiszeit ausgewiesen worden waren, vermittelte erstmalig T. KJERULF (1871) grundlegende Erkenntnisse über „Glazialformationen“ in den jungalgonkischen Sparagmit-Serien (J. ESMARK) der Kaledoniden, wonach später W. C. BRÖGGER (1900) den Begriff „eokambrische Eiszeit“ prägte. Aus O. HOLTEDAHL (1953).



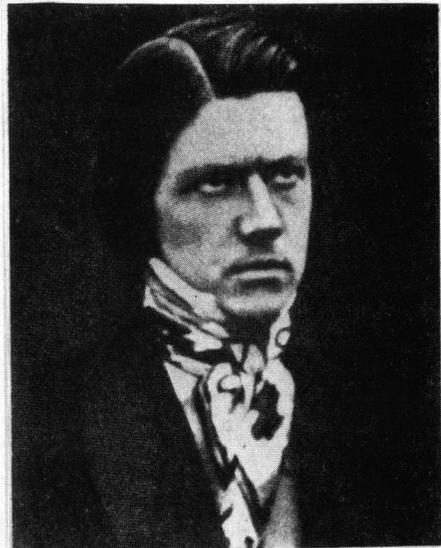
JENS ESMARK



OTTO TORELL



GABRIEL DE MORTILLET



THEODOR KJERULF

und „Schildrücken“ (J. KORN 1913) bezeichnet. Von L. AGASSIZ wurden B. VON COTTA⁴⁾ 1843 auf einer Exkursion im Schweizer Jura bei Neuenburg eiszeitliche Gletscherschliffe vorgeführt. Daraufhin deutete er (1844) wohl erstmalig im norddeutschen Raum die zuvor von C. F. NAUMANN⁴⁾ beobachteten Schrammungen auf Porphyrkuppen der Hohburger Schweiz bei Wurzen in Sachsen als Gletscherschliffe. Es sei aber erinnert, daß bereits N. G. SEFSTRÖM (1836) auf solche von „Rollsteinfluten“ erzeugten Felsschrammungen auf den Muschelkalk-Oberflächen bei Rüdersdorf hingewiesen hatte. Ferner sei bemerkt, daß sich B. VON COTTA (1844) zu seinen Befunden folgendermaßen äußerte: „Sollten die nordischen Gletscher wirklich von den skandinavischen Bergen bis an die Wurzen Hängel erreicht haben? Mich friert bei dem Gedanken!“ Noch im gleichen Jahr (1844) begründete A. VON MORLOT (Taf. II)⁴⁾ auf solchen „orientiert-abgerundeten Bergformen“ mit „Schliffflächen und Furchen“, „erratischen Blöcken von skandinavischem Gneisgranit“ und „Riesentöpfen als Auswaschungen oder Aushöhlungen durch das durch die Spalten und Löcher des Eises herunterstürzende Wasser“ eine bis Mittelsachsen reichende skandinavische Vergletscherung, in dessen Vorland er große Eisstauseen vor dem Gletscherrand vermutete (vgl. L. EISZMANN 1974). C. F. NAUMANN⁴⁾, der zunächst noch (1844) eine Deutung als Gletscherschliffe abgelehnt hatte, wurde später (ab 1848) bis zu seinem Tode (1873) besonders gegen A. HEIM (1870, 1874) und H. CREDNER (1874), die solche Erscheinungen teilweise als polierte Windschliffflächen und insgesamt als Formen äolischer Wirkungen auszuweisen suchten, eifrigster Verfechter jener frühen glazialmorphologischen Befunde von B. VON COTTA und A. VON MORLOT im mittelsächsischen Raum.

Besonders in Norddeutschland haben solche grundlegenden glazialgeologischen Erkenntnisse zumeist rasch völlig andere Deutungen erfahren oder aber sind schon bald in Vergessenheit geraten, so daß hier vor allem unter dem Einfluß eines L. VON BUCH die Drifthypothese bis zu jenem einleitend angeführten Ereignis verteidigt werden konnte. Noch SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN (1846) sprach vom „Märchen einer sogenannten Eiszeit“, und L. VON BUCH (1850) bezeichnete sogar die „Eiszeittheorie als eine sonderbare Verirrung des menschlichen Geistes“.

Von großer Bedeutung waren die seit 1758 vor allem von skandinavischen Forschern durchgeführten Spitzbergen-Expeditionen und besonders auch die ersten grundlegenden Studien über die grönländischen Inlandeismassen durch den dänischen Forscher H. RINK (1852—57). Vor allem O. TORELL (1859, 1872, Taf. III) und T. KJERULF (1860, Taf. III) stützten eine eiszeitliche Vergletscherung Skandinaviens auf umfangreiche und fundierte Feldbefunde. Im Raum der Britischen Inseln verhalfen u. a. A. C. RAMSAY (1862) und A. GEIKIE (1863) der Lehre von der eiszeitlichen Vergletscherung zum endgültigen Durchbruch. Im ersten Standardwerk über das quartäre Eiszeitalter „The Great Ice Age“ hat J. GEIKIE (1874) diese dann auch nachhaltig und weltweit demonstriert.

Beachtung verdient schließlich, daß 1872 die eindrucksvollen Zeugnisse des „Gletschergartens“ in Luzern zufällig bei Aushubarbeiten für eine Weinkellerei durch den damaligen Besitzer J. W. AMREIN-TROLLER entdeckt und die Bedeutung der Funde, obzwar nicht die ersten in dieser Art (solche werden bereits u. a. von A. VON MORLOT 1844 aus Sachsen angeführt), vor allem von F. J. KAUFMANN, Geologe und Professor an der Kantonschule Luzern, und A. HEIM (1873—74), Professor der Geologie in Zürich, erkannt wurde. Mit der zunehmenden Freilegung und Sichtbarmachung der einmalig als Schrammen und Gletschertöpfe erhaltenen Vereisungsspuren auf den festen Gesteinsoberflächen (Molasse) veranlaßte der für die Naturpflege aufgeschlossene Besitzer die Einstellung der Aushubarbei-

⁴⁾ Portrait-Abbildungen von Carl Friedrich NAUMANN (1797—1873), Bernhard VON COTTA (1808—79) und Adolph VON MORLOT (1820—67) finden sich neben ausführlichen Würdigungen ihrer Verdienste um die frühe Erforschung vor allem des mittelsächsischen Quartärs in L. EISZMANN (1974).

ten und Sprengungen unter dem Gesichtspunkt, diese natürlichen Demonstrationsobjekte der Eiszeit zu erhalten und öffentlich zugänglich zu machen. Bei der frühen Ausgestaltung des Museums hatte A. HEIM vor allem im Hinblick auf die Erläuterung der Funde im Garten, wie ein eiszeitliches Gletscherrelief und das Modell einer Gletschermühle, große Anteile. Auch machte er die dort sichtbaren Hinterlassenschaften der Eiszeitgletscher in der Fachliteratur bekannt. Seit 1873 konnten hier somit eine Vielzahl von Besuchern Gelegenheit nehmen, um einige besonders deutliche Zeugnisse der Wirkungen eiszeitlicher Vorlandseismassen in Augenschein zu nehmen und sich mit dem Wesen der Eiszeit vertraut zu machen.

Zur verfeinerten Erkenntnis glazialer Wirkungen hat dann auch die bereits mit F. SIMONY (1871) einsetzende systematische, insbesondere experimentelle und messende Gletscherbeobachtung beigetragen. Trägerorganisationen solcher Forschungen wurden hier vor allem die Schweizer Gletscherkommission (ab 1874) und der von E. RICHTER dafür gewonnene Deutsche und Österreichische Alpenverein (ab 1888).

Präquartäre Eiszeiten

Erstmalig wohl glaubten H. HOGARD (1848) in Buntsandstein-Geröllen der Vogesen und A. C. RAMSAY (1855) in Konglomeraten des Rotliegenden der Abberley und Malvern Hills in Mittelengland vorquartäre Vergletscherungsspuren in Form triadischer bzw. permischer Glazialgeschiebe vorgefunden zu haben, was sich jedoch später als irrig erwies. Bereits wenige Jahre später konnten aber J. W. T. BLANFORD (1856) in Vorderindien und



Abb. 2. Gletscherschliffe der permokarbonischen Vereisung in Noitgedacht (Südafrika). Der von Gletschern der permokarbonischen Vereisung glatt geschliffene und mit zahlreichen Schrammen überkleidete Felsuntergrund wird von präkambrischen Lavagesteinen der Ventersdorp-Schichtenfolge (Algonkium) gebildet. Darauf legen sich diskordant bis 200 m mächtige Tillite (A. PENCK 1906) als Basalkomplexe der Dwyka-Serien (Oberkarbon/Unterrotliegendes). Schon 1868 wurden hier von P. S. SUTHERLAND die Zeugnisse einer permokarbonischen und somit ca. 250 bis 300 Millionen Jahre zurückliegenden Eiszeit entdeckt.

Noitgedacht in der Nähe des Vaal-Flusses ca. 25 km norwestlich Kimberley (Südafrika).

Aus M. SCHWARZBACH (1970).

A. R. C. SELWYN (1859) in Südastralien den Nachweis einer permokarbonischen Eiszeit erbringen. In Südafrika erkannte dann P. S. SUTHERLAND (1868) teilweise über geschrammtem präkambrischem Untergrund (Abb. 2) Moränenabsätze in den jungpaläozoischen „Dwyka-Serien“, nach denen später A. PENCK (1906) den Begriff „Tillit“ einführte. Nachdem schließlich auch W. DAWSON 1872 aus Nordamerika Beweise für eine permokarbonische Vereisung erbracht hatte, setzte vor allem auf den Südkontinenten — z. B. O. A. DERBY (1888), J. C. WHITE (1888) und J. B. WOODWORTH (1908) in Südamerika — ihre Erforschung mit großer Intensität ein.



Abb. 3. Eokambrische Tillite über geschrammtem Kristallin-Untergrund des präkambrischen Grundgebirges (Baltischer Schild).

Die verfestigten und bereits von T. KJERULF (1871) als „Glazialformationen“ erkannten Moränenabsätze eokambrischer Zeitstellung (W. C. BRÖGGER 1900) bilden hier die untersten Abfolgen im Rahmen der infrakambrischen und schon von J. ESMARK beschriebenen Sparagmit-Serien. Dieser Basalkomplex der Kaledoniden legt sich hier diskordant einem weitflächig abgeschliffenen und mit Gletscherschrammen überkleideten Kristallin-Untergrund des bereits im Präkambrium konsolidierten Grundgebirges (Baltischer Schild) auf. So haben sich hier in einmaliger Art sowohl Exarationsformen als auch mehrere Zehner von Metern mächtige Absätze glazigener Natur einer wohl mehr als 600 Millionen Jahre zurückliegenden Eiszeit erhalten. Bigganjarga, Varanger Fjord in Nord-Norwegen. (Photo: BORRE As 1965).

In Nordeuropa hatte bereits J. ESMARK (Taf. III) um 1825 die Tillit-führenden und weitestgehend terrestrischen Basalserien der Kaledoniden von jungpräkambrischer Zeitstellung unter dem Begriff der Sparagmit-Formation zusammengefaßt und eingehend beschrieben. Hierin erkannte dann erstmalig T. KJERULF (1871, Taf. III) und nach ihm besonders H. REUSCH (1891) die Spuren einer sehr alten Eiszeit, für die W. C. BRÖGGER (1900) den Terminus „Eokambrium“ einführte (Abb. 3). Vergletscherungsspuren derselben Zeitstellung wurden dann von W. HOWCHIN (1901) aus Südastralien, A. W. ROGERS (1902) aus Südafrika, E. BLACKWELDER (1907) aus Nordamerika und E. BLACKWELDER & B. WILLIS (1907) aus Ostchina nachgewiesen.

Seither ist eine Fülle von Zeugnissen einer eokambrischen und permokarbonischen Eiszeit sowie auch präkambrischer und altpaläozoischer Vereisungen von der ganzen Erde beigebracht worden. Zunächst hat sie A. P. COLEMAN (1926) in seinem Werk „Ice-Ages recent and ancient“ in großzügiger Überschau behandelt. M. SCHWARZBACH (1974) machte sie, dem modernen Forschungsstand gerecht werdend, in eingehender sachkritischer Würdigung überschaubar.

Polyglazialismus und Quartärstratigraphie

Eine erste Einteilung der Erdgeschichte nahm G. ARDUINO (1759) in „montes primitivi“, „m. secundarii“ und „m. tertiarii“ in Italien vor. Aus letzterem leiteten später G. CUVIER & A. BRONGNIART (1809) den System-Begriff Tertiär ab. Ihr folgte die erweiterte erdgeschichtliche Gliederung von A. G. WERNER (1786) in „Urgebirge“, „Übergangsgebirge“, „Flözgebirge“ und „Aufgeschwemmtes Gebirge“ in Sachsen. Sie wurde schließlich durch die heute gebräuchliche Einteilung in die Erdzeitalter Präkambrium (C. R. VAN HISE 1809), Paläozoikum (J. PHILIPPS 1841), Mesozoikum (J. PHILIPPS 1841) und Känozoikum (E. FORBES 1854) ersetzt. Doch spielen diese Einteilungen für unsere Betrachtung kaum eine Rolle, da jeweils die Quartärbildungen ohne deutliche Grenzziehungen in die Begriffe „montes tertiarii“, „Aufgeschwemmtes Gebirge“ bzw. Känozoikum einbezogen waren. Daran änderte sich auch wenig, als J. DESNOYERS (1829) erstmals das „Quaternaire“ als jüngsten Zeitabschnitt der Erdgeschichte abgeschieden hatte, zumal man darunter zunächst auch noch Abfolgen einstuft, die wir heute ins Tertiär stellen. Erst als C. LYELL (1830—33) das auf die paläontologische Statistik von P. DESHAYES (1830) nach dem Anteil jeweils lebender Arten an der heutigen Gesamtfauuna (insbesondere marine Mollusken) sich begründende Gerüst unserer heutigen känozoischen Stufengliederung mit den Begriffen Eozän, Miozän, Pliozän, Pleistozän (1839) und „The recent“ einführte, wobei er mit beiden letzteren die von W. BUCKLAND (1823) auf der Grundlage der damals herrschenden Sintfluttheorie geprägten Termini Diluvium und Alluvium ablöste, konnte der Grundstock einer Quartärgliederung in Abteilungen gelegt werden. Die Tertiärstufen wurden später durch das Paleozän (W. P. SCHIMPER 1874) und Oligozän (H. E. BEYRICH 1854) ergänzt, der Terminus „The recent“ durch den des Holozäns (P. GERVAIS 1867—69) abgelöst. Aber erst die Lehre von der Wiederkehr der eiszeitlichen Vergletscherung (Polyglazialismus) schuf die eigentliche Voraussetzung für eine detaillierte Quartärstratigraphie.

Als erster schloß wohl I. VENETZ-SITTEN (1822, Taf. I) aus einem warmzeitlichen Lignitlager zwischen Moränenabsätzen bei Evian am Südufer des Genfer Sees auf eine wiederholte eiszeitliche Vergletscherung. Anhand von Befunden in der Dranse-Schlucht, ebenfalls am Südufer des Genfer Sees, wo 45 m mächtige Schotter Moränen zwischengelagert sind, begründete A. von MORLOT (1854—58, Taf. II) die Annahme von durch eine warme Periode getrennten Eiszeiten. Dabei führte er den Begriff „Quartär“ (bzw. „Quartaire“) im heute verwandten Sinne des Eiszeitalters ein (ab 1855, vgl. L. EISMANN

1974). Diese polyglazialistische Auffassung wurde von O. HEER (1855—65)⁵⁾ vor allem durch paläobotanische Studien an zwischen Moränen eingelagerten Schieferkohlen bei Uznach-Dürnten-Gossau nordöstlich des Zürichsees biostratigraphisch unterbaut, wobei er auch den Begriff „Interglazial“ einführte (1865). Weitere Belege steuerten dann S. GRAS (1856—57) aufgrund von Lösslagen zwischen Moränen im Rhonetal, J. C. DEICKE (1858) anhand zwischen Moränen eingelagerten Schieferkohlen bei Mörschwil nordöstlich St. Gallen und F. MÜHLBERG (1869) mittels Moränen zwischengeschalteten Schotterabsätzen im Aargau bei. Für den Raum der Britischen Inseln führten erstmalig R. CHAMBERS (1853), A. GEIKIE (1863) und J. GEIKIE (1872) den Nachweis wiederholter Vergletscherungen, was dann J. GEIKIE (1874) in seinem ersten großen Standardwerk „The Great Ice Age“ gehörend gewürdigt hat.

Dennoch zählte die Lehre von der mehrmaligen Wiederkehr der Eiszeitgletscher vor 100 Jahren keineswegs zum festen Bestand unserer Erkenntnis und es bedurfte noch eines Zeitraumes von fast 50 Jahren, ehe sie sich weltweit durchzusetzen vermochte. In Norddeutschland traten 1879 unabhängig voneinander A. HELLAND und A. PENCK für eine wiederholte Eisbedeckung des skandinavisch-norddeutschen Raumes ein. Ersterer glaubte aufgrund der Feststellung, daß in den Hochflächen des norddeutschen Flachlandes stets eine obere über einer unteren Grundmoräne durch warmzeitliche Bildungen zu trennen wäre, eine zweimalige Inlandvereisung annehmen zu müssen. Demgegenüber postulierte A. PENCK⁶⁾ anhand genauerer Profilaufnahmen eine zumindest dreimalige Überkleidung Norddeutschlands mit skandinavischen Inlandeismassen. Schon 1895 stellte J. GEIKIE eine detaillierte Gliederung für den nord- bis mitteleuropäischen Raum auf (vom Älteren zum Jüngeren): Scanian (Glacial), Norfolkian (Interglacial), Saxonian (Glacial), Helvetian bzw. Tyrolian (Interglacial), Polandian (Glacial), Neudeckian (Interglacial), Mecklenburgian (Glacial), an letzteres noch angehängt: Forestian und Turbarian. Sowohl gegen die Benennungen als auch gegen die Gliederung schlechthin hat sich vor allem K. KEILHACK (1896, 1899, 1909) verwandt. Er führte schließlich (1927) die Begriffe Elster-, Saale- und Weichsel-Eiszeit als Gerüst der norddeutschen Gliederung ein. Zu einer verfeinerten Kenntnis der norddeutschen Quartärstratigraphie hat dann vor allem auch P. WOLDSTEDT (1925—29) mit der Einführung des Warthe- (1929, als Warthe-Eiszeit: 1927), Brandenburger (1926), Frankfurter (1929) und Pommerschen Stadiums (1925, allerdings von K. KEILHACK 1899 schon so bezeichnet) — zumeist heute noch in diesem Sinne verwandt — beigetragen.

Mit seiner Habilitationsschrift „Die Vergletscherung der deutschen Alpen“ hat A. PENCK (1882) zunächst eine Dreigliederung der alpinen Eiszeitenfolge aufzustellen versucht. Gemeinsam mit E. BRÜCKNER legte er dann in dem dreibändigen Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ (1901—09) die für weltweite Forschungen richtungsweisenden Begriffe Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit fest. In der 3. Auflage von „The Great Ice Age“ (J. GEIKIE 1894) stellte T. C. CHAMBERLIN bereits die Grundgliederung des nordamerikanischen Vereisungsgebietes auf. Wie in den Alpen, so setzte sich auch hier nahezu gleichzeitig eine Viergliederung mit dem Nebraskan (B. SHIMEK 1909), Kansan (T. C.

⁵⁾ Der in Zürich tätige Paläobotaniker Oswald HEER (1809—83) erforschte vor allem die känozoischen Floren des mittel- und nordeuropäischen Raumes (ab 1855) mit grundlegenden paläoklimatischen Ausdeutungen. Durch seine paläobotanischen Untersuchungen über die zwischen Moränen eingelagerten Schieferkohlen bei Uznach-Dürnten-Gossau nördlich bis östlich des Zürichsees (1855—65) baute er die polyglazialistische Auffassung vom quartären Eiszeitalter von I. VENETZ-SITTEN (1822) und A. VON MORLOT (1854—58) biostratigraphisch entscheidend aus. Dabei führte er auch den Begriff „Interglazial“ (1865) ein. Eine Portrait-Abbildung findet sich in M. SCHWARZBACH (1974).

⁶⁾ Eine Portrait-Abbildung von Albrecht PENCK (1858—1945) findet sich u. a. in M. SCHWARZBACH (1974).

CHAMBERLIN 1894), Illinoian (F. LEVERETT 1896) und Wisconsin (T. C. CHAMBERLIN 1894) durch.

Dennoch konnten für längere Zeiten von namhaften Forschern — so vor allem bis zu ihrem Tode R. LEPSIUS († 1915) und E. GEINITZ († 1925) — eine monoglazialistische Auffassung verteidigt werden. Sie sprachen die verschiedenen und oft durch andersartige Absätze getrennten Moränenbildungen lediglich größeren Oszillationen der bewegten Eismassen zu. So konnte sich unter der Führung von A. PENCK die Lehre einer durch echte Warmzeiten zu trennenden Eiszeiten (Polyglazialismus) erst zu Beginn dieses Jahrhunderts (vor dem Ausbruch des 1. Weltkrieges) weltweit durchsetzen. Zwar herrschte bereits nach den ersten Pflanzenfunden in der Höttinger Breccie (1855—58) Klarheit über deren insgesamt warmzeitliche Stellung (A. PICHLER 1859, R. VON WETTSTEIN 1892, J. MURR 1926). Auch wurde ihr schon früh eine interglaziale Zeitstellung zuerkannt (A. PENCK 1882), die sich durch Funde gekritzter Geschiebe vertiefte (A. VON BÖHM 1884). Doch fiel hier die endgültige Entscheidung wohl erst, nachdem im Anschluß an den Deutschen Geographentag in Innsbruck (1912) auf Veranlassung von O. AMPFERER unter der Höttinger Breccie am nördlichen Inntalgehänge bei Innsbruck der LEPSIUS-Stollen errichtet worden war (1913). Dieser verschaffte nun endgültig Klarheit über die bis dahin dort heftig umstrittenen Lagerungsverhältnisse und führte zum sicheren Nachweis einer mehrfachen Kalt- und Warmzeitenfolge (O. AMPFERER 1914, A. PENCK 1921) an dieser für die Quartärstratigraphie so bedeutsamen Lokalität (vgl. H. HEUBERGER 1975).

Mittelbare Bildungen von Gletschern und periglaziale Erscheinungen

Bei der Erforschung der mittelbaren Bildungen von Gletschern nehmen die Erosions- und Akkumulationsformen der Gletscherflüsse breiten Raum ein. Schon C. MARTINS (1841/42) hat die Bedeutung der glazio-fluvialen Schotterablagerungen herausgestellt. Freilich wurde der Begriff „fluvioglazial“ erst von A. PENCK (1882) eingeführt. Damm- und rückenartige Kiesaufschüttungen im Bereich ehemaliger Schmelzwasserrinnen werden seit langem mit dem in Schweden geprägten Begriff „Os“ bezeichnet (N. HOLST 1876). Nahezu gleichzeitig bürgerte sich dafür im englischen und amerikanischen Schrifttum der Terminus „Esker“ ein (W. UPHAM 1877). Grundlegende Untersuchungen über die Verwendung des schwedischen Os-Typs als geologischer Kalender (Jahreszeitenschichtung) wurden von G. DE GEER (ab 1889) vorgelegt. Eine erste eingehende Studie über Rinnentäler und Rinnenseen im norddeutschen Vereisungsgebiet verdanken wir G. BERENDT & W. DAMES (1885). Kames als terrassenartige Kiesaufschüttungen am Eisrand oder aber auch als flächenhafte Absätze von Schmelzwässern zwischen aktiven Eismassen und größeren Toteisklötzen machten erstmalig T. F. JAMIESON (1865) und T. C. CHAMBERLIN (1867) bekannt. Auch dürften die an Endmoränenzüge sich nach außen in zusammenhängenden Streifen (Flächensander), schwemmfächerartig (Kegelsander) oder auch rinnenförmig (Rinnensander) anschließenden und überwiegend sandigen Schmelzwasserbildungen, welche ja mit dem isländischen Ausdruck Sander (Sandr, Sandur) bezeichnet werden (K. KEILHACK 1883/84), bereits vor dem einleitend erwähnten Ereignis in ihren Wesenszügen erforscht gewesen sein. Allerdings verdanken wir grundlegende Untersuchungen der norddeutschen Kames und Sander erst F. WAHNSCHAFFE (1899).

Bereits H. GIRARD (1855) untersuchte die breiten Talzüge des norddeutschen Flachlandes, die er aber lediglich als an die Untergrundstrukturen geknüpfte Formenausprägungen ansah. Eine erste Deutung als Urstromtäler im Sinne großer peripherer Sammeladern der Schmelzwässer sowie ihre zeitlichen Einstufungen und Verknüpfungen mit den sie begleitenden Endmoränenzügen besorgte hier G. BERENDT (1879). Er führte auch die Bezeichnungen Glogau-Baruther, Warschau-Berliner und Thorn-Eberswalder Urstromtal ein. Das ebenfalls von ihm erkannte Dresden-Magdeburger-Bremer Haupttal wurde von

K. KEILHACK (1899) in Breslau-Magdeburger-Bremer Urstromtal umbenannt; außerdem fügte er diesen noch das Pommersche Urstromtal hinzu. P. WOLDSTEDT (1929) verdanken wir die heute zeitlich gültige Einordnung in ihrer Verknüpfung mit den norddeutschen Endmoränenzügen. Glaziolimnische Staubeckenabsätze fanden schon früh nähere Beachtung (T. F. JAMIESON, 1863, I. D. WHITNEY, 1865, G. DE GEER, ab 1889). Dabei war der Verwendung der Bändertone zur ersten absoluten Zeitmessung des Eiszeitalters (Warvenchronologie, G. DE GEER, ab 1905) ein großer Erfolg beschieden, vor allem auch im Hinblick auf Fixierungen eiszeitlicher Klimagänge (selbst jahreszeitlicher Art).

Als „moraines par obstacle“ bezeichnete E. COLLOMB (1845/46) Stauungen des Moränenschuttes an der Gletscherbewegung entgegenstehenden Felsauftragungen. Von E. VON MOJSISOVICS (1863) eingeführt, wird der Begriff „Staumoräne“ seit G. BERENDT (1881) im heute üblichen Sinne der Zusammenstauung von Moränenmaterial oder auch nicht glaziären Absätzen an der Gletscherstirn verstanden. Erste systematische Ausführungen zur eigentlichen Glazialtektonik — wie Schollenverstellungen und Schichtenstörungen im Sinne von Stauchungen, Verschuppungen und Faltungen durch Gletschereismassen — verdanken wir H. CREDNER (1880) und F. WAHNSCHAFFE (1882). Allerdings sind die Grundgedanken glazialisostatischer Ausgleichsbewegungen bereits von T. F. JAMIESON (1865) abgehandelt worden.

Bereits C. F. NAUMANN (1850) erwähnt die Felsenmeere deutscher Mittelgebirge, obwohl solche Formen ihre periglaziale Deutung erst viel später durch W. VON LOZINSKI (1912), der ja auch den Begriff „periglazial“ in die Literatur einführte (1909), erfahren haben. Auch gibt es frühe Beschreibungen sowohl rezenter Frostmusterböden, wie z. B. durch C. HAUSER (1864) in den Glarner Alpen, als auch mit Bodengefrorenis zusammenhängender fossiler Erscheinungen, wie z. B. im Raum der Britischen Inseln durch O. FISCHER (1866) oder J. GEIKIE (1874). Dennoch setzte die systematische Erforschung von Frostmusterböden, insbesondere auch der an Dauergefrorenis geknüpften Erscheinungen, erst nach der letzten Jahrhundertwende ein. Vor allem skandinavische Arbeiten — G. DE GEER (ab 1904), R. SERNANDER (ab 1905), G. ANDERSSON (ab 1906), der u. a. den Begriff „solifluction“ (1906) einführte, B. HÖGBOM (ab 1908), dem wir u. a. den Terminus „perenne Tjäle“ verdanken, O. NORDENSKJÖLD (1909) und J. FRÖDIN (ab 1912) — waren hier grundlegend, daneben aber auch solche von W. VON LOZINSKI (ab 1909) und W. MEINARDUS (ab 1912), dem wir den Begriff „Strukturboden“ verdanken (1912).

Die Bedeutung des Windes als formender Faktor periglazialer Klimabereiche wurde schon früh erkannt. So werden winderosive Bildungen wie Windkanter und Steinsohlen in Norddeutschland bereits in einer Arbeit von A. GUTBIER (1858) angesprochen, grundlegendere Darstellungen darüber verdanken wir freilich erst C. GOTTSCHKE (1883) und G. BERENDT (1885). Noch früher wurden indessen windakkumulative Formen abgehandelt, so norddeutsche Flugsanddecken durch A. W. ROTH (1788). Der Terminus „Löß“ ist von K. C. VON LEONHARDT (1824) in das Schrifttum eingeführt worden, doch wurden Löss von ihm noch als Wasserabsätze gedeutet. Als Windablagerung wurde er erstmalig von F. VON RICHTHOFEN (1877) erklärt. Danach setzte vor allem in Norddeutschland und Nordamerika die systematische Erforschung von Lössen, Dünen und anderen Windabsätzen mit Arbeiten von R. PUMPELLY (1879), F. KLOCKMANN (1883), A. PENCK (ab 1883), F. WAHNSCHAFFE (ab 1885), A. SAUER (1889), T. C. CHAMBERLIN (ab 1893), O. VON LINSTOW (1902), B. SHIMEK (1904), N. A. SOKOLOV (1904), K. KEILHACK (ab 1904), F. SOLGER (ab 1905), F. W. P. LEHMANN (1906) und A. JENTZSCH (ab 1908) ein. Vor allem die Lößforschung erfuhr erneute Impulse, seitdem J. BAYER (1927) und G. GÖTZINGER (1935) die Paläopedologie in ihren Dienst stellten und Leitlinien setzten, die später wesentlich zur Klärung quartärstratigraphischer Fragen beigetragen haben.

Alle größeren Flüsse mit ihren Tributären vor allem im weiteren Umkreis der eiszeitlichen Vergletscherungen werden durch Systeme von jungtertiären bis quartären Schotterterrassen ausgewiesen. Grundlegende Arbeiten darüber reichen bis an den Beginn des 19. Jahrhunderts zurück, z. B. im Rheinstromgebiet durch J. G. ZEHNER (1837). Als klassisches Beispiel hierfür kann aber auch die seit ca. 150 Jahren von den verschiedensten Forschern untersuchte, hauptsächlich aus fluvialen Sedimenten zusammengesetzte sowie an fossilen Floren, Mollusken und Säugetierresten reiche Villafranca-Fundstelle Perrier am Westrand des Limagne-Grabens bei Clermont-Ferrand gelten (Abb. 4). Vielfach sind ja die Flußabsätze aufgrund der Möglichkeit ihrer weiträumigen Korrelationen und der wechselseitigen Verknüpfungen sowohl mit dem glazialen als auch mit dem marinen Wirkungsbereich von größter Wichtigkeit für eine klimazeitliche Gliederung des quartären

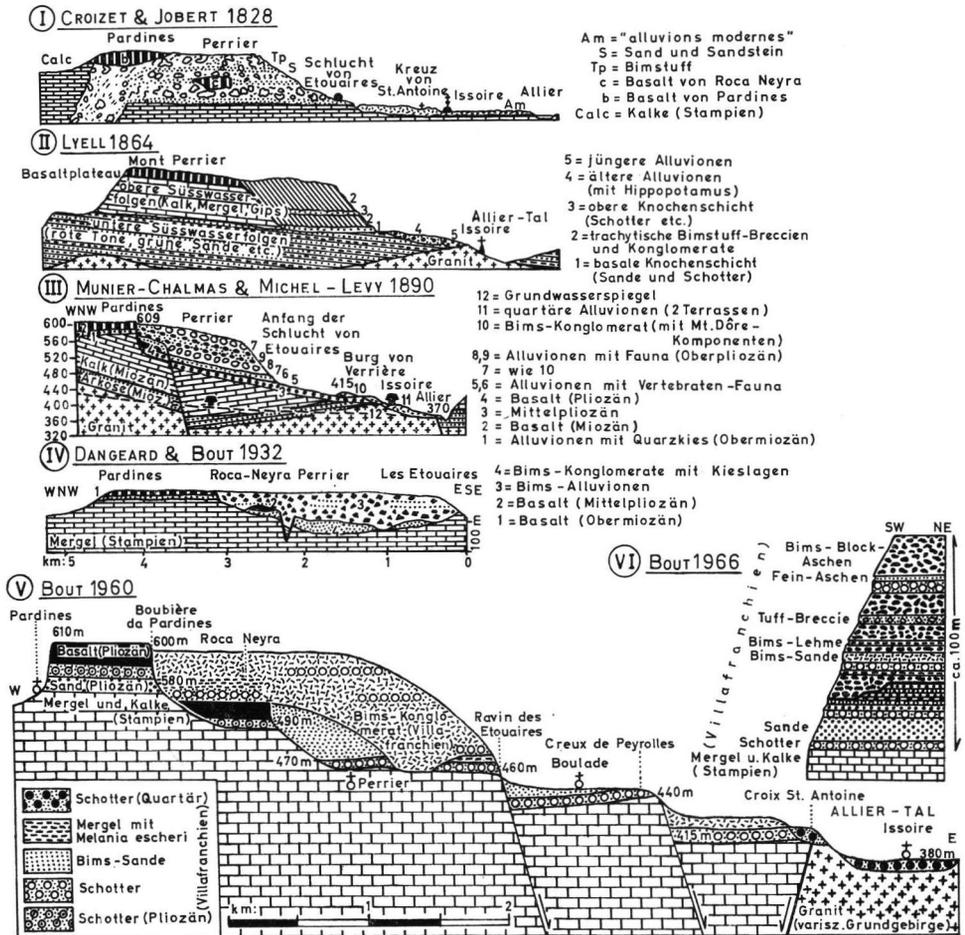


Abb. 4. Die altquartären Abfolgen von Perrier am Westrand des Limagne-Grabens bei Clermont-Ferrand.

Diese klassische Villafranca-Fundstelle von fossilen Floren, Mollusken, Säugetierresten und Böden aus altquartären Sedimentfolgen hat seit ca. 150 Jahren immer wieder zu unterschiedlichen stratigraphischen Deutungen veranlaßt. Sechs der wichtigsten Profileutungen, darunter solche von CROIZET & JOBERT (1828) und C. LYELL (1864), gelangen hier in Anlehnung an P. BOUT & R. BROUSSE (1969) zur Darstellung.

Eiszeitalters. Mit den in ihnen vorkommenden Klimazeugen biogener und nichtbiogener Art haben sie ja auch, als ihre systematische Erforschung am Ende des vorigen Jahrhunderts — so vor allem im Niederrheingebiet — einsetzte, dazu beigetragen, die traditionellen Eiszeitgliederungen in sich erheblich zu verfeinern und insbesondere auch im Abschnitt des Altpleistozäns um mehrere Kalt- und Warmzeiten zu erweitern.

Meeresgebiete und ihre Küsten

Schon C. LYELL (1830—33, dort auch eine Abbildung des „Serapis-Tempels“) hat sich am Beispiel der durch Löcher von marinen Bohrmuscheln (*Lithodomus dactylus*) gekennzeichneten Wasserstandsmarken (bis 5,7 m über dem heutigen Meeresspiegel) an den drei Säulenresten der ehemals römischen Markthalle (Serapeum) von Pozzuoli bei Neapel mit den jungen Meeresspiegelschwankungen auf der Grundlage dort wirksamer vulkanotektonischer Niveauschwankungen des Erdbodens beschäftigt. Der an sich einfache Befund hat innerhalb der letzten Jahrhunderte — wie auch an ähnlichen Küstenlokalitäten der Erde — namhaften Forschern immer wieder Veranlassung zu unterschiedlichen Erklärungen gegeben. Grundlegend leitete jedoch erst C. MACLAREN (1841, 1842) auf Anregung von L. AGASSIZ die Ausweitung der Quartärforschung auf die Meeresgebiete und ihre Küsten ein. Seine Arbeit „What effects have glaciation and deglaciation had on ocean level?“ bedeutete die Geburt der Lehre von den glazialeustatischen Spiegelschwankungen mit ersten Abschätzungen über deren Ausmaße. Die spät- und postglaziale Entwicklung der Ostsee mit ihren Eisstausee-, Binnensee- und Meeresphasen im Zusammenhang mit dem Abbau der skandinavischen Inlandeismassen am Ende der letzten Eiszeit sowie dem glazialeustatischen Meeresspiegelanstieg und den glazialisostatischen Ausgleichsbewegungen standen bereits seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts im Blickpunkt ihrer systematischen Erforschung. So führte G. LINDSTRÖM die Begriffe „Litorina-Meer“ (1852) und „Limnaea-Meer“ (1868) ein, O. TORELL (1865) die Phase des „Yoldia-Meeres“, F. SCHMIDT (1869) die Zeit des „Ancylus-Sees“, G. DE DEER (1884) die Abschnitte des „Gotiglazial-Meeres“ und H. MUNTHE die Zeiteinheiten des „Baltischen Eisstausees“ (1902) und des „Mya-Meeres“ (1910). Allgemein für die Quartärstratigraphie mariner Küstenbereiche waren jedoch die Untersuchungen im westlichen Mittelmeergebiet ausschlaggebend. Sie wurden durch grundlegende Arbeiten von P. DÖDERLEIN (1872) über die Sizil-Stufe eingeleitet und systematisch fortgesetzt durch C. DEPÉRET (ab 1906), der auch die heutige gültige Gliederung besorgte (1918—21), M. GIGNOUX (1910, „Calabrien“), L. DE LAMOTHE (ab 1911, besonders in Tunesien) und A. ISSEL (1914, „Tyrrhen“).

Biogeographie

Die biologischen Veränderungen des quartären Eiszeitalters stehen unter einem doppelten Prinzip. Einmal kennzeichnen sie sich als Fortsetzung einer bereits früher eingeschlagenen Entwicklung, wobei aber offenbar erst mit dem Beginn des Quartärs die Geschichte der Menschheit beginnt. Andererseits unterliegen sie den periodisch wechselnden Klimaeinflüssen der Kalt- und Warmzeiten, wodurch weitreichende Wanderungen vor allem von Floren und Faunen und auch regionale Ausmerzungen einzelner Elemente veranlaßt wurden.

Frühe systematische Untersuchungen quartärer Interglazialfloren verdanken wir O. HEER (ab 1855)⁵⁾, eingehendere Beschreibungen eiszeitlicher „Dryas-Floren“ vor allem A. G. NATHORST (1870), auf deren Grundlage O. TORELL (1872, Taf. III) den spätglazialen Zeitbegriff „Dryas-Zeit“ einführte. Gestützt auf vegetationsgeschichtliche Befunde von A. BLYTT (um 1876) stellte R. SERNANDER (1910) die heute am meisten verwandte Gliederung des Holozäns auf: Präboreal, Boreal, Atlantikum, Subboreal, Subatlantikum. Aber erst die Einführung der Pollenanalyse nach Vorarbeiten von C. A. WEBER (1902—08) und

N. G. LAGERHEIM (1902—09) durch L. VON POST (1916) erlaubte die genauere Rekonstruktion der klimatisch bedingten Veränderungen von Pflanzenvergesellschaftungen eines Gebietes für längere Zeiträume. Heute erweisen sich geschlossene Pollendiagramme als die wohl zuverlässigsten Gliederungsprinzipien größerer Zeitabschnitte, vor allem für die Warmzeiten und Interstadiale des quartären Eiszeitalters.

An die ins 17. Jahrhundert zurückreichenden ersten Funde von Faunenelementen des Quartärs — so wurde in Schwäbisch Hall bereits 1605 ein Mammut-Stoßzahn gefunden — wurden teilweise recht phantastische Vorstellungen und Deutungen geknüpft. Als wohl älteste Darstellung eines eiszeitlichen Tieres kann die des „Einhorns“ von dem Magdeburger Bürgermeister und Erfinder der Luftpumpe O. VON GUERICKE gelten. Er verwandte offenbar die Knochen großer Dickhäuter und den Stoßzahn eines Mammuts, welche im Rahmen noch anderer Knochenfunde 1663 am Seweckenberg bei Quedlinburg bei Steinbrucharbeiten geborgen werden konnten, zur Rekonstruktion seines vom Aussehen eines Elefantenskeletts noch weit entfernten „Einhorns“. Die berühmten Knochenfunde von Burgtonna bei Gotha aus dem Jahre 1696 mit Skelettresten eines Waldelefanten wurden von einer damaligen Gelehrtenkommission als „ein mineralisches Gewächs der spielenden Natur“ angesprochen.

In seinen „Epoques de la Nature“ führte G. L. L. BUFFON (1778) aus, daß die höheren Breiten die Urheimat großer Säugetiere gewesen seien, wie das durch die Funde von fossilen Elefanten, Nashörnern usw. im Norden von Europa, Amerika und Asien angezeigt würde. Diese Tiere wären dann im Zusammenhang mit der zunehmenden Abkühlung in die äquatorialen Gegenden vorgewandert. T. JEFFERSON (1785) erörterte die Frage, ob die Mammut-Funde in hohen Breiten durch eine andere Breitenlage infolge Änderungen der Ekliptik-Schiefe oder durch Wandlungen der Lebensgewohnheiten zu erklären seien. Dabei sah er als wahrscheinlicher an, daß das ausgestorbene Mammut gänzlich andere klimatische Ansprüche hatte als unsere heute in den niederen Breiten lebenden Elefanten. J. F. BLUMENBACH (1799) bezeichnete das Mammut als *Elephas primigenius*. Erst später wurde es als eigene Gattung *Mammonteus* (oder *Mammuthus*) von der Elefanten-Gattung *Elephas* abgetrennt. Wie bei den Elefanten, so konnte später auch J. F. BLUMENBACH (1807) vor allem bei den Nashörnern zeigen, daß die Knochen solcher bei uns beheimateten Eiszeittiere merkliche Unterschiede gegenüber den heutigen Dickhäutern aufweisen. G. CUVIER (1812) leitete dann mit der Methode der vergleichenden Anatomie die wissenschaftliche Erforschung der Vorzeittiere, insbesondere der eiszeitlichen Säugetiere ein.

In der Folgezeit haben dann Paläontologen aller Länder aus quartären Ablagerungen eine Fülle von Gebiß- und Knochenresten der eiszeitlichen Tierwelt zusammengetragen, beschrieben und systematisch geordnet. Damit steuerten sie zugleich wertvolle Beiträge zur Rekonstruktion der durch den Klimawandel gesteuerten Umweltsbedingungen des steinzeitlichen Vorzeitmenschen bei. Besondere Erwähnung verdienen die bereits im 18. Jahrhundert entdeckten (Reiseberichte von LAPTEW 1740, GMELIN 1752 und besonders von P. S. PALLAS 1773), teilweise mit Haut und Haaren erhaltenen Mammut- und Wollhaarnashornleichen aus dem Bodeneis Sibiriens, welche erstmalig von K. E. VON BAER (1866) eingehender beschrieben wurden. Als grundlegende Regionalstudien bzw. Monographien über eiszeitliche Tiervergesellschaftungen sind ferner zu nennen (bis 1875):

CROIZET & JOBERT (1828) aus der Auvergne,
 H. D. DE BLAINVILLE (1839—64) über die Klassifikation eiszeitlicher Tiere,
 P. C. SCHMERLING (1846) aus belgischen Höhlen,
 R. OWEN (1846) über Säugetiere und Vögel britischer Fundstellen,
 R. HENSEL (1855) aus europäischen Fundstellen,
 P. GERVAIS (1859, 1867—69) über die Klassifikationen eiszeitlicher Tiere,
 H. FALCONER (1868) vor allem über Säugetiere aus europäischen Fundstellen,

C. J. F. MAJOR (1873), der später (1908) auch eine erste grundlegende Studie über das südostenglische Cromer forest-bed vorlegte, aus italienischen Fundstellen.

E. LARTET (1861) versuchte bereits das Eiszeitalter durch zeitbestimmende Großsäugetiere in 4 Abschnitte zu gliedern:

4. Epoche des Auerochsen,
3. Epoche des Rentiers,
2. Epoche des Mammuts,
1. Epoche des Höhlenbären.

Aus einer Vielzahl nachfolgend ähnlicher Gliederungsversuche sei noch der von P. GERVAIS (1867—69) erwähnt:

4. Epoche der Pfahlbauten,
3. Epoche des *Cervus tarandus*,
2. Epoche des *Elephas primigenius*,
1. Epoche des *Elephas meridionalis*.

Wir wollen nicht außer Betracht lassen, daß auch die Erforschung wirbelloser Tiere auf dem festen Land als auch insbesondere in den Meeresbereichen wertvolle Beiträge zur frühen Erforschung des Quartärs erbracht haben. So wurde in anderem Zusammenhang bereits erwähnt, daß vor allem marine Mollusken für die Abgrenzung der Quartär-Abteilungen Pleistozän (C. LYELL 1839) und Holozän (P. GERVAIS 1867—69) verwandt wurden. Ähnliches gilt auch für die Interglaziale wie Eem- (P. HARTING 1874), Holstein- (A. PENCK 1922) und Cromer-Warmzeit (C. REID 1882), für die spät- und postglazialen Ostseestadien wie *Yoldia*-Meer (O. TORELL 1865), *Ancylus*-See (F. SCHMIDT 1869, *Litorina*- (G. LINDSTRÖM 1852), *Limnaea*- (G. LINDSTRÖM 1868) und *Mya*-Meer (H. MUNTHE 1910) oder aber auch die rein marinen Gliederungen des Quartärs, wie Calabrien (M. GIGNOUX 1910), Sizil (P. DÖDERLEIN 1872), Milazzo (C. DEPÉRET 1918—21), Tyrren (A. ISSEL 1914) und Monastir (C. DEPÉRET 1918—21).

Erstmalig konnte C. FUHLROTT im Jahre 1856 im Neandertal bei Düsseldorf einen Fund (Schädel) des Vorzeitmenschen tätigen. W. KING (1864) bezeichnete diesen den Paläanthropin zuzurechnenden Fund als *Homo neanderthalensis*. Nachfolgend sind weitere Neandertaler vor allem aus belgischen Höhlen (Spy, E. DUPONT 1867, 1872) geborgen worden. Aber auch die frühen Anthropinen (Sapiniden, *Homo sapiens*) wurden bereits 1868 von E. LARTET durch 5 Skelettfunde bei Cro-Magnon im Vésèretal (Dordogne) ausgewiesen. Dennoch waren bis 1875 zumindest die Kenntnisse über die Anfänge der Menschheit in völliges Dunkel gehüllt, zumal Funde der Australopithecinen (R. A. DART 1924/25 aus Südafrika) als wohl älteste Glieder der Menschheit sowie der Archanthropinen — 1891 auf Java: *Pithecanthropus*, E. DUBOIS 1894; 1907 in Mauer bei Heidelberg: *Homo (Palaeanthropus) heidelbergensis*, O. SCHOETENSACK 1908 — und Präsapiniden (K. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER 1901/02 aus Krapina in Kroatien) erst weit später getätigt werden konnten.

Weit früher noch als Funde vom Vorzeitmenschen selbst sind solche seiner Kulturhinterlassenschaften geborgen worden. So dürften wohl erstmalige Artefakt-Funde in England von J. FRERE (1797) getätigt worden sein. Erste systematische Ordnungen solcher Kulturfolgen haben E. LARTET (ab 1861) und J. LUBBOCK (1865) vorgenommen, mit denen sie die wohl ersten Zeitgliederungen des quartären Eiszeitalters überhaupt aufstellten. Auf J. LUBBOCK (1865) gehen ja auch die heute gebräuchlichen Hauptteilungen in Archäolithikum, Paläolithikum, Mesolithikum (M. REBOUX 1874) und Neolithikum zurück. Um eine detaillierte Gliederung der Artefakte nach typologischen Merkmalen und in ihren Beziehungen zur Menschheitsentwicklung hat sich dann vor allem G. DE MORTILLET (ab 1867, Taf. III) grundlegende Verdienste erworben. Wir verdanken ihm die Begriffe Acheuléen (1872), Moustérien (1869), Solutréen (1869) und Magdalénien (1869). Vor

seinem Tode (1867) erforschte bereits A. VON MORLOT (Taf. II) die Schweizer Pfahlbauten. Auch den Kunst Hinterlassenschaften des Eiszeitmenschen wie Skulpturen, Felsgravuren und Höhlenmalereien wurde vor allem an den klassischen Stätten des Vésèrtales bei Les Eyzies (Dordogne) frühe Beachtung zuteil (E. LARTET, ab 1861; G. DE MORTILLET, ab 1867), obzwar hier die bedeutendsten Funde dieser Art erst nach der letzten Jahrhundertwende gemacht werden konnten (H. BREUIL, L. CAPITAN und D. PEYRONY).

Datierung und Dauer, Klima und Ursachen

Kenntnisse über Datierung und Dauer des quartären Eiszeitalters existierten bis 1875 noch nicht. Eine wohl erste Abschätzung der nach jüngsten Datierungen auf fast 3 Millionen Jahre veranschlagten Dauer des quartären Eiszeitalters hat A. PENCK (650 000 Jahre) vorgenommen (A. PENCK & E. BRÜCKNER 1901—09). Auch die später auf den Strahlungskurven von M. MILANKOVIĆ (ab 1920) beruhenden Berechnungen ergaben für die Dauer des „klassischen“ Eiszeitalters (ab Günz-Eiszeit) ca. 600 000 Jahre. Die von G. DE GEER (ab 1889 bzw. 1905) eingeführte Os- und Warvenchronologie erlaubte erstmalig eine absolute Zeitmessung der letzten Jahrzehntausende. Für die jungquartäre Altersbestimmung, insbesondere der letzten 5—10 Jahrtausende erwies sich auch die von A. E. DOUGLAS (1909) ins Leben gerufene Dendrochronologie als nützlich. Der von K. P. OAKLEY & C. R. HOSKINS (1950) entwickelte Fluortest ist hingegen ein Verfahren, um aus dem von der Dauer von Knochenlagerungen im Grundwasserbereich abhängigen Fluorapatitgehalt in tierischen und menschlichen Skelettresten eine relative Altersbestimmung sowie in Kombination mit Methoden der absoluten Datierung auch eine absolute Zeitmessung für das quartäre Eiszeitalter abzuleiten. Von unschätzbarem Wert sind aber vor allem einige physikalisch-chemische Datierungs-Methoden. An erster Stelle ist wohl die 1946 von W. F. LIBBY entwickelte Radiokarbon-Methode zu nennen, obzwar deren Reichweite nur die letzten 50 (bestenfalls 70) Jahrtausende umfaßt. Mit ihr konnten Dauer, Ablauf und Ereignisse seit Beginn der letzten Eiszeit und bis zum Ende des nur die letzten 10 Jahrtausende unserer Erdgeschichte umfassenden Holozäns weltweit bestimmt werden. Seit mehr als 25 Jahren wird nun auch die von L. T. ALDRICH & A. O. NIER (1948) eingeführte Kalium-Argon-Methode auf den Gesamtzeitraum des Quartärs zur absoluten Altersfindung angewendet.

Die Abgrenzung und Gliederung des quartären Eiszeitalters wird einzig nach den Klimaänderungen vorgenommen. Diese stehen unter einem doppelten Prinzip: einmal der zumindest seit dem Alttertiär (vor 60 bis 70 Millionen Jahren) feststellbaren, weltweiten Abnahme der Temperaturen, andererseits unter dem periodischen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten. Über die Ursachen solcher Klimaänderungen sind seit dem 17. Jahrhundert Überlegungen angestellt worden. So schloß bereits 1686 der englische Physiker R. HOOKE aus versteinerten Lebewesen Südenglands auf ein anderes Vorzeitklima zu deren Lebzeiten. Auch W. LEIBNIZ (1646—1717) führte in seiner erst 1749 erschienenen *Protogaea* aus, daß zu Lebzeiten der Waldelefanten, deren Skelettreste 1696 in Burgtonna bei Gotha ausgegraben worden waren, ein anderes Klima geherrscht haben muß. Bereits 1773 versuchte schon J. WALCHER Beziehungen zwischen Klima- und Gletscherschwankungen aufzuzeigen. Seither ist eine Fülle an Befunden über die gegenüber heute anderen Klimaverhältnisse beigebracht und deren Ursache zu ergründen versucht worden.

Unter den Klimatheorien, die eine terrestrische Verursachung der Klimaänderungen voraussetzen, nehmen die Relief-Hypothesen einen breiten Raum ein. Als ihr Begründer kann Ch. LYELL (1830—33) gelten, indem er das vorzeitliche Klima aus dem veränderten Erdbild zu erklären versuchte. Eine andere Verteilung der Meere und abweichende Ausrichtung von Meeresströmungen sah er ebenfalls als Ursache der Klimaänderungen an. A. ESCHER VON DER LINTH und E. DESOR haben 1863 ein „diluviales“ Saharameer für die

eiszeitlichen Vergletscherungen der Nordhalbkugel verantwortlich gemacht. Vorstellungen, die den wechselnden Salzgehalt der Meere als Ursache von Klimaschwankungen ansahen, wurden schon von HALLEY (1715) entwickelt. Theorien, die eine Abkühlung der Erde durch Abgabe von Wärme aus dem Erdinnern durch radioaktiven Zerfall oder magmatische Vorgänge zur Voraussetzung machen, gehen auf BUFFON (1778) zurück. Auch A. VON HUMBOLDT (1799) hat die Wärmeabgabe bei der Kristallisation von Gesteinen als Grund der Abkühlung und Klimaänderungen angesprochen. So versuchte er (1823), vulkanische Tätigkeiten und Klimaschwankungen in Beziehungen zu bringen. Hypothesen, die Veränderungen der Atmosphäre wie unterschiedliche Zusammensetzung der Luft (CO₂-Gehalt) oder andere Bewölkungsverhältnisse zum Anlaß der Erklärung von Klimaänderungen nehmen, sind allerdings erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt worden (TAMARELLO 1888; S. ARRHENIUS, ab 1896). Schon R. HOOKE (1686) und J. G. HERDER (1784) sahen in Änderungen der Erdachse die Ursache des irdischen Klimawechsels. Bekanntlich hat mit diesen Vorstellungen A. WEGENER (1912) die Theorie der Polwanderung und Kontinentalverschiebung begründet, die ja besonders zur Erklärung der präquartären Eiszeiten geeignet erscheint und durch die Hypothese der Plattentektonik und „spreading oceans“ seit ca. 1960 auf eine neue Grundlage gestellt worden ist.

Schon früh wurde auch eine astronomische Verursachung der Klimaänderungen in den Kreis der Betrachtung gerückt. So zogen bereits T. JEFFERSON (1785), J. F. HERSCHEL (1830) und J. F. ADHEMAR (1842) periodische Änderungen der Erdbahnelemente zur Erklärung heran. Grundlegende Erweiterungen erfuhren diese Vorstellungen durch J. CROLL (1864, 1875), die dann später M. MILANKOVIĆ (ab 1920) zur Konstruktion seiner Strahlungskurven verwandte. Alle Klimahypothesen, die ansonsten eine extraterrestrische Verursachung voraussetzen, gehen entweder von der Vorstellung unterschiedlicher Absorption der Strahlung außerhalb der Erde (z. B. durch Einflüsse kosmischer Nebel) oder aber von der Annahme merklicher Änderungen der Sonnenstrahlung aus. Solche Vorstellungen wurden allerdings erst kurz vor der letzten Jahrhundertwende entwickelt (E. DUBOIS 1892).

Heute begründet man überwiegend (R. F. FLINT 1947, M. SCHWARZBACH 1950) mit der „Solar-Relief-Hypothese“, einer Kombination von terrestrischen und extraterrestrischen Ursachen, den Klimawandel auf unserer Erde. Zur genaueren Fixierung der Klimaänderungen in der Erdgeschichte erwies sich die von H. C. UREY, H. A. LOWENSTAM, S. EPSTEIN & C. R. MCKINNEY (1951) eingeführte Sauerstoffisotopen-Methode zur Herleitung von Paläotemperaturen von unschätzbarem Wert. Seit etwa 1950 hat sich aber auch der Paläomagnetismus als nützliches Instrument paläoklimatischer und zeitlicher Rekonstruktionen erwiesen.

Wenn wir uns aber heute ernsthaft die Frage vorlegen, warum reichten die skandinavischen Inlandeismassen vor weniger als 20 000 Jahren noch bis südlich von Berlin, um dort wie in den Rüdersdorfer Kalkbergen so eindrucksvolle Spuren zu hinterlassen, so kann die Antwort — wie vor 100 Jahren — nur lauten, daß man darüber zwar viele Vorstellungen entwickelt hat, daß man aber eine verbindliche Erklärung dafür wie auch für die Eiszeiten und den Klimawandel in der Erdgeschichte überhaupt noch nicht zu geben in der Lage ist.

Zeitafel grundlegender Ergebnisse der Quartärforschung bis 1875

1605		Fund eines Mammut-Stoßzahnes in Schwäbisch Hall
1606	H. R. RÄBMANN	erste Moränen-Beschreibung in der Schweiz
1663		eiszeitliche Knochenfunde am Seweckenberg bei Quedlinburg/Harz, Rekonstruktion des „Einhorn“ durch O. VON GUERICKE
1686	R. HOOKE	erste Begründung des Klimawandels in der Erdgeschichte durch Änderungen der Erdachse

- 1696 quartäre Knochenfunde von Burgtonna bei Gotha, daraus schloß W. LEIBNITZ (1749), daß u. a. zu Lebzeiten des Waldelefanten ein anderes Klima geherrscht haben müsse
- 1715 HALLEY wechselnde Salzgehalte der Meere werden als Ursache von Klimaschwankungen angesehen
- ab 1740 LAPTEW (1740) Entdeckung von Mammut- und Wollhaarnashornleichen im
GMELIN (1752) Bodeneis Sibiriens
PALLAS (1773)
- ab 1758 erste Spitzbergen-Expeditionen
- 1759 G. ARDUINO „montes terciarii“, darin Quartärbildungen einbezogen
- 1773 J. WALCHER Beziehungen zwischen Klima- und Gletscherschwankungen abgeleitet
- 1775 VON ARENSWALD erste Fluthypothese
- 1776 N. DESMOREST Glazialerosion erkannt
- 1778 G. L. L. BUFFON „Epoques de la Nature“, fortschreitende Abkühlung der Erde angenommen, Urheimat großer Säugetiere in höheren Breiten vermutet
- 1779 H. B. DE SAUSSURE „montagnes moutonnées“, „moraines“
- 1780 J. J. SILBERSCHLAG Findlinge Norddeutschlands sind durch vulkanische Vorgänge aus dem Untergrund gefördert worden
- 1785 T. JEFFERSON Wandlungen der Lebensgewohnheiten großer Tiere angenommen, Änderungen der Ekliptik-Schiefe erörtert
- 1786 A. G. WERNER „Aufgeschwemmtes Gebirge“, darin Quartärbildungen einbezogen
- 1787 B. F. KUHN (Taf. I) erste Begründung der Lehre von einer vorzeitlichen Vergletscherung der Alpen
- 1788 A. W. ROTH erste Darstellung über periglaziale Windakkumulationen (Flugsande) in Norddeutschland
- 1790 G. A. VON WINTERFELD erste Drifthypothese
- 1792 M. FLURL Findlinge im bayerischen Alpenvorland erkannt
- 1797 J. FRERE erste Artefaktfunde in England
- 1799 J. F. BLUMENBACH „*Elephas primigenius*“
- 1799 A. VON HUMBOLDT Abkühlung der Erde auf radioaktive Wärmeabgabe zurückgeführt
- 1802 J. PLAYFAIR „erratische Blöcke“, durch Gletschertransport erklärt
- 1807 J. F. BLUMENBACH systematische Darstellung quartärer Nashörner
- 1809 G. CUVIER & A. BRONGNIART Tertiär, darin Quartärbildungen eingeschlossen
- 1809 F. P. VON GRUITHUISEN Drifthypothese im bayerischen Alpenvorland vertreten
- 1812 G. CUVIER Methode der vergleichenden Anatomie eingeführt
- 1815 L. VON BUCH Schlammfluten-Hypothese
- 1815 J. P. PERRAUDIN und M. DEVILLE weitere Begründungen einer eiszeitlichen Vergletscherung in den Westalpen
- 1816—33 I. VENETZ-SITTEN grundlegender Ausbau der Lehre von einer eiszeitlichen Vergletscherung der Westalpen (Taf. I)
- 1820 J. WEISS Bezweiflung der Drifthypothese von F. P. VON GRUITHUISEN (1809) für das Alpenvorland
- 1821 B. SILLIMAN „boulder“
- 1822 I. VENETZ-SITTEN erste Begründung einer Lehre von der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen (Polyglazialismus)
- 1823 W. BUCKLAND „Diluvium“, „Alluvium“
- 1823 A. VON HUMBOLDT Beziehungen zwischen vulkanischen Tätigkeiten und Klimaschwankungen abgeleitet
- 1824 J. ESMARK (Taf. III) Norwegen und angrenzende Gebiete (bis Dänemark) werden als eiszeitlich vergletschert angesehen (Polareiskappen)
- 1824 K. C. VON LEONHARDT Löß, als Wasserabsatz gedeutet

- 1828 CROIZET & JOBERT erste Deutung der Villafranca-Fundstelle Perrier (Auvergne) mit eiszeitlichen Tiervergesellschaftungen (Abb. 4)
- 1828 A. BRONGNIART eiszeitliche Vergletscherung Skandinaviens begründet
- 1829 J. DESNOYERS „Quaternaire“, teilweise Tertiärbildungen einbezogen
- 1829 J. W. VON GOETHE Findlinge Norddeutschlands werden durch vulkanische Vorgänge erklärt, GOETHE selbst bekennt sich für Norddeutschland zur Drifthythese, für die Findlinge im Umkreis der Alpen nimmt er einen kombinierten Transport durch Gletscher und Treibeis an
- 1829 K. F. KLÖDEN Existenz eiszeitlicher Polareiskappen, Eisbergdrift bis Norddeutschland angenommen
- 1829 I. VENETZ-SITTEN Norddeutschland wird als eiszeitlich vergletschert angesehen
- 1829 J. ESMARK Gletscherschurfwirkungen und deren Zusammenhang mit Talformungen und Seenbildungen in Norwegen erkannt
- 1830 J. HERSCHEL periodische Änderungen der Erdbahnelemente als Ursache von Klimaschwankungen erörtert
- 1830—33 C. LYELL „Principles of geology“, „The recent“, erste grundlegende Erörterungen junger Meeresspiegelschwankungen und terrestrischer Verursachungen von Klimaschwankungen (Abb. 4)
- 1832 A. BERNHARDI Findlinge Norddeutschlands durch eiszeitlichen Gletscherttransport erklärt, Polareismassen reichten bis an den Nordrand der deutschen Mittelgebirge
- 1833 J. BRYCE „Drumlin“, später in Norddeutschland als „Rückenberge“ (E. GEINITZ 1912) und „Schilddrücken“ (J. KORN 1913) bezeichnet
- 1834 J. G. VON CHARPENTIER Theorie einer diluvialen Vergletscherung der Alpen aufgestellt (Taf. I)
- 1835 C. LYELL vom Aktualitäts-Prinzip unterbaute Drifthythese
- 1836 N. G. SEFSTRÖM Rollsteinflut-Hypothese, erster Hinweis auf Schrammungen in den Rüdersdorfer Kalkbergen (Abb. 1)
- 1837 J. G. ZEHRER erste Terrassengliederung im Rheinstromgebiet
- 1837 F. K. SCHIMPER (Taf. II) Begriff „Eiszeit“ geprägt
- 1839 C. LYELL Begriff „Pleistozän“ geprägt
- 1839—64 H. D. DE BLAINVILLE grundlegende Klassifikation eiszeitlicher Tiere
- 1840 C. LYELL letztmalige Begründung der Drifthythese
- 1840 L. AGASSIZ (Taf. I) „Ablation“, „roches moutonnées“, Begründung der Lehre von einer totalen eiszeitlichen Vergletscherung der Nordhalbkugel (Alpen, Mittelmeerraum bis zum Atlas, Britische Inseln, Skandinavien, Norddeutschland, Sibirien, Nordamerika), nachher überzeugt er von dieser Lehre die bislang einflußreichsten Vertreter der Drifthythese: BUCKLAND, LYELL, SEDGWICK und MURCHISON
- 1841 J. G. VON CHARPENTIER „Glazial“, „moraines frontales“ (= Stirn- bzw. Endmoräne), grundlegender Ausbau der Lehre von der glazialen Erosion und Akkumulation
- 1841—42 C. MACLAREN glazialeustatische Meeresspiegelschwankungen erkannt
- 1841—42 C. MARTINS Bedeutung glaziofluvialer Schotterabsätze erkannt
- 1842 J. F. ADHEMAR periodische Änderungen der Erdbahnelemente werden als Ursache von Klimaschwankungen angesehen
- 1842 J. G. VON CHARPENTIER Nordrußland (bis Moskau), Nordpolen, Norddeutschland und die Ostküste Englands werden als eiszeitlich vergletschert angesehen
- 1844 B. VON COTTA Gletscherschrammungen auf Porphyrkuppen der Hohburger Schweiz bei Wurzen in Sachsen erkannt
- 1844 A. VON MORLOT (Taf. II) Begründung einer bis Mittelsachsen reichenden skandinavischen Inland-Vereisung, Stauseen vor dem Gletscherrand erkannt

- 1845—46 E. COLLOMB „moraines par obstacle“
 1846 E. BOLL Findlinge Norddeutschlands werden als vulkanische Förderprodukte, aus Skandinavien nach Deutschland geschleudert, erklärt
- 1846 S. VON WALTERSHAUSEN spricht vom „Märchen einer sogenannten Eiszeit“
 1846 P. C. SCHEMERLING Darstellung eiszeitlicher Tierversgesellschaftungen in belgischen Höhlen
- 1846 R. OWEN Darstellung eiszeitlicher Tierversgesellschaftungen (Säugetiere und Vögel) britischer Fundstellen
- ab 1846 L. AGASSIZ fördert als Harvard-Professor nachhaltig die Quartärforschung Nordamerikas
- 1847 A. VON MORLOT grundlegende Untersuchung über einen ca. 1000 m mächtigen eiszeitlichen Inngletscher
- 1848 H. HOGARD Buntsandsteingerölle der Vogesen werden fälschlich als Zeugnisse einer triadischen Eiszeit angesehen
- 1850 L. VON BUCH bezeichnet die „Eiszeittheorie als eine sonderbare Verirrung des menschlichen Geistes“
- 1850 C. F. NAUMANN Mitteilungen über Felsschrammungen und Felsenmeere
- 1851—61 G. DE MORTILLET grundlegender Ausbau der Lehre von der glazialerosiven Ausgestaltung der Täler (Taf. III)
 1852 G. LINDSTRÖM „Litorina-Meer“
- 1852—57 H. RINK grundlegende Erforschung grönländischer Inlandeismassen
 1853 R. CHAMBERS Begründung der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen auf den Britischen Inseln
 1854 E. FORBES „Känozoikum“
 1854 A. VON MORLOT Ausbau der Lehre von der zumindest zweimaligen Wiederkehr „quaternärer“ Vergletscherungen (Polyglazialismus)
- ab 1855 A. VON MORLOT „Quartaire“
 1855 H. GIRARD erste Untersuchung über die breiten Talzüge Norddeutschlands
- 1855 A. C. RAMSAY Konglomerate des Rotliegenden in Mittelengland werden fälschlich als Zeugnisse einer jungpaläozoischen Eiszeit angesehen
- 1855 R. HENSEL Darstellung eiszeitlicher Tierversgesellschaftungen europäischer Fundstellen
- ab 1855 O. HEER paläobotanische Untersuchungen von Interglazialbildungen (Schweizer Schieferkohlen), Begründung der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen
- 1855—58 erste warmzeitliche Pflanzenfunde („Jungtertiär“) in der Höttinger Breccie bei Innsbruck (A. PICHLER 1859)
 1856 C. FUHLROTT erster Schädel Fund des Vorzeitmenschen im Neandertal bei Düsseldorf
- 1856 J. W. T. BLANFORD erster Nachweis einer permokarbonischen Eiszeit in Vorderindien
- 1856/57 S. GRAS Begründung der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen in den Alpen (Polyglazialismus)
- 1858 A. GUTBIER grundlegende Arbeit über periglazial-winderosive Wirkungen in Norddeutschland (Windkanter, Steinsohlen)
- 1858 J. C. DEIKE Begründung der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen in den Alpen (Polyglazialismus)
- 1859 P. GERVAIS grundlegende Klassifikation eiszeitlicher Tiere
- 1859 O. TORELL (Taf. III) Begründung einer eiszeitlichen Vergletscherung Skandinaviens
- 1859 A. R. C. SELWYN erste Begründung einer permokarbonischen Eiszeit in Südastralien
- ab 1859 J. TYNDALL (1859—60) Begründung gewaltiger Ausmaße glazialer Erosion (z. B. in den norwegischen Fjorden)
 A. C. RAMSAY (1860—64)

- | | | |
|----------|--------------------------------------|--|
| 1860 | T. KJERULF (Taf. III) | Begründung einer eiszeitlichen Vergletscherung Skandinaviens |
| 1861 | E. LARTET | erste Gliederung des Eiszeitalters auf paläontologischer Basis, erste systematische Ordnung von Kulturfolgen des Vorzeitmenschen, nachher auch erste Darstellungen über Kunsthinterlassenschaften der Vorzeitmenschen wie Felsgravuren |
| 1862 | E. DUPONT | Neandertalerfunde in belgischen Höhlen (Spy) |
| 1862 | F. ROEMER | erste exakte Darstellung über nordische Geschiebe |
| 1863 | A. GEIKIE | Begründung einer eiszeitlichen Vergletscherung der Britischen Inseln und ihrer Wiederkehr |
| 1863 | A. ESCHER VON DER LINTH und E. DESOR | Auffassung eines diluvialen Saharameeres vertreten |
| 1863 | E. VON MOJSISOVICS | „Staumoräne“ |
| 1864 | J. CROLL | periodische Änderungen der Erdbahnelemente als Ursache von Klimaschwankungen angesehen |
| 1864 | C. HAUSER | Beschreibung rezenter Frostmusterböden in den Glarner Alpen |
| 1864 | W. KING | „ <i>Homo neanderthalensis</i> “ |
| 1864 | C. LYELL | grundlegende Darstellung über das Villafranca-Profil von Perrier in der Auvergne (Abb. 4) |
| 1865 | O. HEER | „Interglazial“ |
| 1865 | O. TORELL | „ <i>Yoldia</i> -Meer“ |
| 1865 | J. LUBBOCK | „Archäolithikum“, „Paläolithikum“, „Neolithikum“ |
| 1865 | T. F. JAMIESON | „Kames“, grundlegende Darstellung über Glazialisostasie |
| 1866 | K. E. VON BAER | erste grundlegende Beschreibung sibirischer Mammute |
| 1866 | O. FISCHER | grundlegende Darstellung über mit Bodengefrorenis zusammenhängende fossile Erscheinungen auf den Britischen Inseln |
| vor 1867 | A. VON MORLOT | grundlegende Erforschung von Pfahlbauten in der Schweiz |
| 1867 | G. VON HELMERSEN | Schrammungen auf den Rüdersdorfer Kalkbergen erstmalig als Schurfwirkungen skandinavischer Inlandeismassen angesehen (Abb. 1) |
| 1867 | V. VON SCHEFFEL | scherzhaftes Lied vom „erratischen Block“ |
| ab 1867 | G. DE MORTILLET | grundlegende Erforschung der Kunsthinterlassenschaften des Vorzeitmenschen wie Felsgravuren, Skulpturen und Höhlenmalereien |
| 1867—69 | P. GERVAIS | „Holozän“, grundlegende Gliederung des Eiszeitalters auf paläontologischer Basis |
| 1868 | E. LARTET | Skelettfunde früher Sapiniden bei Cromagnon |
| 1868 | H. FALCONER | grundlegende Darstellung eiszeitlicher Tiervergesellschaftungen europäischer Fundstellen (Säugetiere) |
| 1868 | G. LINDSTRÖM | „ <i>Limnaea</i> -Meer“ |
| 1868 | P. S. SUTHERLAND | erste Begründung einer permokarbonischen Eiszeit in Südafrika (Abb. 2) |
| 1869 | L. RÜTIMEYER | grundlegende Darstellung über die Glazialerosion (Wirkungseffekte stark eingeschränkt) |
| 1869 | F. MÜHLBERG | Begründung der Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen im Alpenvorland |
| 1869 | F. SCHMIDT | „ <i>Ancylus</i> -See“ |
| 1869 | G. DE MORTILLET | „Moustérien“, „Solutrén“, „Magdalénien“ |
| 1870 | A. G. NATHORST | grundlegende Darstellung über eiszeitliche <i>Dryas</i> -Floren |
| 1870 | A. HEIM | überschliffene Porphyrkuppen der Hohburger Schweiz bei Wurzten in Sachsen als Windschliffe gedeutet |
| 1871 | T. KJERUF | erste Begründung einer jungpräkambrischen Eiszeit in Skandinavien (Abb. 3) |
| 1871 | F. SIMONY | erste systematische Gletscherbeobachtungen in den Alpen |

1872	W. DAWSON	erste Begründung einer permokarbonischen Eiszeit in Nordamerika
1872	O. TORELL	„Dryas-Zeit“
1872	P. DÖDERLEIN	„Sizil-Stufe“
1872	G. DE MORTILLET	„Acheuléen“
1872—73	J. W. AMREIN-TROLLER, F. J. KAUFMANN und A. HEIM (1873—74)	Entdeckung und Eröffnung des Gletschergartens Luzern
1873	C. J. F. MAJOR	Darstellung eiszeitlicher Tiervergesellschaftungen italienischer Fundstellen
1874	P. HARTING	„Eem-Warmzeit“
1874	M. REBOUX	„Mesolithikum“
1874		Schweizer Gletscherkommission gegründet, messende und experimentelle Gletscherbeobachtung eingeleitet
1874	J. GEIKIE	„The Great Ice-Age“, erstes Standardwerk über das quartäre Eiszeitalter, Wiederkehr eiszeitlicher Vergletscherungen begründet, erste zusammenfassende Darstellungen über periglaziale Erscheinungen
1874	A. HEIM und H. CREDNER	überschliffene Porphyrkuppen der Hohburger Schweiz bei Wurzen in Sachsen werden als Windschliffe gedeutet
3.11.1875	O. TORELL	endgültige Durchsetzung der nordeuropäischen Inlandeis-Theorie (Abb. 1)

Literatur-Auswahl

- BERINGER, C. C.: Geschichte der Geologie und des geologischen Weltbildes. — Stuttgart 1954.
Darin u. a.: ARDUINO, G. (1759); DESHAYES, P. (1830); FORBES, E. (1854); NAUMANN, C. F. (1850); PHILIPPS, J. (1841); WERNER, A. G. (1786).
- BOUT, P. & BROUSSE, R.: Auvergne-Velay. — Livret-Guide de l'exkursion C 13, VII. INQUA-Congr., Paris 1969.
Darin (Abb. 4): BOUT (1960); CROIZET & JOBERT (1828); DANGEARD & BOUT (1932); LYELL (1864); MUNIER-CHALMAS & MICHEL-LEVY (1890).
- EISZMANN, L.: Die Begründung der Inlandeistheorie für Norddeutschland durch den Schweizer Adolph von MORLOT im Jahre 1844. — Abh. u. Ber. Naturkundl. Mus. „Mauritanum“ Altenburg **8**, 289—318, 1874.
Darin u. a.: BERNHARDI, A. (1832); CHARPENTIER, J. G. VON (1835, 1841, 1842); COTTA, B. VON (1844); CREDNER, H. (1874, 1875); ESMARK, J. (1824, 1827, 1829); HEIM, A. (1870, 1874); HELLAND, A. (1879); KLÖDEN, K. F. (1829); LYELL, C. (1835); MORLOT, A. VON (1844, 1854, 1855, 1858, 1861); NAUMANN, C. F. (1844, 1848, 1870, 1874); SILBERSCHLAG, J. J. (1780); TORELL, O. (1875, 1880).
- FLINT, R. F.: Introduction: Historical perspectives. — In: The Quaternary of the United States (ed. by WRIGHT, H. E., Jr. & D. G. FREY), 3—11, Princetown, New Jersey 1965.
Darin u. a.: CHAMBERLIN, T. C. (1867, 1893, 1894, 1895, 1896, 1898); GEIKIE, J. (1894); JAMIESON, T. F. (1863, 1865); LEVERETT, F. (1896, 1898); MACLAREN, C. (1841); PUMPELLY, R. (1879); RICHTHOFEN, F. VON (1877); SHIMEK, B. (1909); SILLIMAN, B. (1821); UPHAN, W. (1877); WHITNEY, D. (1865).
- HEUBERGER, H.: Innsbrucker Nordkette. — In: Tirol. Ein geographischer Exkursionsführer (Hrsg. F. FLIRI & A. LEIDLMAIR), Innsbrucker Geogr. Stud. **2**, 43—65, Innsbruck 1975.
Darin u. a.: AMPFERER, O. (1914); BÖHM, A. VON (1884); PENCK, A. (1882, 1921); PENCK, A. & E. BRÜCKNER (1901—09); PICHLER, A. (1859).
- HOLTEDAHL, O.: Norges Geologi. — Norges Geol. Unders. **164** (2 vols.), Oslo 1953.
Darin u. a.: BRÖGGER, W. C. (1900); KJERULF, T. (1871); REUSCH, H. (1891).
- KLEBELSBERG, R. VON: Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. — 2 Bde., Wien 1948/49.
Darin u. a.: ADHEMAR, J. F. (1842); AGASSIZ, L. (1840, 1842); ARENSWALD, VON (1775); ARRHENIUS, S. (ab 1896); BESSON, H. (1770—80); BLACKWELDER, E. (1907); BLACKWELDER, E. & B. WILLIS (1907); BLANFORD, J. W. T. (1856); BRONGNIART, A. (1828); BRYCE, J. (1833); BUCKLAND, W. (1823); CHAMBERS, R. (1853); COLLOMB, E. (1845—46); CREDNER, H. (1880); CROLL, J. (1864, 1875); DAWSON, W. (1872); DEICKE, J. C. (1858); DERBY, O. O. (1888); DESMOREST, N. (1776); DESOR, E. (1863); DEVILLE, M. (1815); ESCHER VON DER LINTH, A. (1863); FLURL, M. (1792); GEER, G. DE (ab 1889, 1897, ab 1905); GEIKIE, A. (1863); GEIKIE, J. (1872, 1874, 1895); GRAS, S. (1856—57); GRUTHUISEN, F. P. VON (1809); HEER, O. (ab

- 1855, 1858, 1864); HEIM, A. (ab 1871); HELMSEN, G. VON (1867); HOGARD, H. (1848); HOWCHIN, W. (1901); KEILHACK, K. (1927); KUHN, B. F. (1787); LAGERHEIM, N. G. (1902—09); LYELL, C. (1830—33, 1840); MACLAREN, C. (1842); MADSEN, V. (ab 1897); MARTINS, C. (1841—42); MILTHERS, V. (ab 1909); MOJSISOVIC, E. VON (1863); MORLOT, A. VON (1847, 1854—58); MORTILLET, G. DE (1858—59, 1861); MÜHLBERG, F. (1869); MÜNNICH, G. (ab 1932); NATHORST, A. G. (1870); PENCK, A. (1879, 1882, ab 1888, 1884, 1906); PERRAUDIN, J. P. (1815); PLAYFAIR, J. (1802); POST, L. VON (1916); RÄBMAN, H. R. (1606); RAMSAY, A. C. (1855, 1860—64, 1862); RINK, H. (1852—57); ROEMER, F. (1862); ROGERS, A. W. (1902); RÜTMEYER, L. (1869); SAUSSURE, H. B. DE (1779); SEFSTRÖM, N. G. (1836); SELWYN, A. R. C. (1859); SERERHARD, N. (1742); SERANDER, R. (1910); SIMONY, F. (1871); SUTHERLAND, P. S. (1868); TORELL, O. (1859, 1872); USSING, N. V. (ab 1897); VENETZ-SITTEN, I. (1816, 1822, 1824, 1825, 1829, 1830, 1833); WAHNSCHAFFE, F. (1882); WALCHER, J. (1773); WEBER, C. A. (1902—08); WEISS, J. (1820); WHITE, J. W. (1888); WINTERFELD, G. A. VON (1790); WOODWORTH, J. B. (1908).
- LEROI-GOURHAN, A. (ed.): *La préhistoire*. — Paris 1966.
Darin u. a.: DUPONT, E. (1867, 1872); LARTET, E. (1868).
- MURAWSKI, H.: *Geologisches Wörterbuch*. — 6. Aufl., Stuttgart 1972.
Darin u. a.: ALDRICH, L. T. & A. O. NIER (1948); BEYRICH, H. E. (1854); BLYTT, A. (1876); CUVIER, G. & A. BRONGNIART (1809); DESNOYERS, J. (1829); DÖDERLEIN, P. (1872); DOUGLAS, A. E. (1909); GEER, G. DE (1884); GIGNOUX, M. (1910); HARTUNG, P. (1874); HEER, O. (1865); HISE, C. R. VAN (1809); ISSEL, A. (1914); LEONHARDT, K. C. VON (1824); LINDSTRÖM, G. (1852, 1868); LUBBOCK, J. (1865); LYELL, C. (1839); MILANKOVIĆ, M. (ab 1920); MORTILLET, G. DE (1867, 1869, 1872); MUNTHE, H. (1902, 1910); REBOUX, M. (1874); REID, C. (1882); SCHIMPER, W. P. (1874); SCHMIDT, F. (1869); TORELL, O. (1865).
- SCHWARZBACH, M.: *Das Klima der Vorzeit*. — 3. Aufl., Stuttgart 1974.
Darin u. a.: BOLL, E. (1846); BUCH, L. VON (1815, 1850); BUFFON, G. L. L. (1778); COLEMAN, A. P. (1926); FLINT, R. F. (1947); GOETHE J. W. VON (1829); HALLEY (1715); HEER, O. (1855—59); HERSCHEL, J. F. (1830); HOOKE (1686); HUMBOODT, A. VON (1799, 1823); JEFFERSON, T. (1785); LIBBY, W. F. (1946); SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN (1846); SCHEFFEL, V. VON (1867); SCHWARZBACH, M. (1950, 1970); TAMARELLO (1888); UREY, H. C., H. A. LOWENSTAM, S. EPSTEIN & C. R. MCKINNEY (1951).
- TOEFFER, V.: *Die Tierwelt des Eiszeitalters*. — Halle 1965.
Darin u. a.: BAER, K. E. VON (1866); BAYER, J. (1927); BLAINVILLE, H. D. DE (1839—64); BLUMENBACH, J. F. (1799), 1807; CUVIER, G. (1812); FALCONER, H. (1868); GERVAIS, P. (1859, 1867—69); GMELIN (1752); HENSEL, R. (1855); LAPTEW (1740); LARTET, E. (1861); LEIBNIZ, W. (1749); MAJOR, C. J. F. (1873, 1908); OWEN, R. (1846); PALLAS, P. S. (1773); SCHMERLING, P. C. (1846).
- TROLL, C.: *Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung*. — Aus: *Klimatische Geomorphologie* (herausgeg. von C. RATHJENS), 171—205, Darmstadt 1971.
Darin u. a.: ANDERSSON, G. (ab 1906); FISCHER, O. (1866); FRÖDIN, J. (ab 1912); GEER G. DE (ab 1904); HÖGBOM, B. (ab 1908); LOZINSKI, W. VON (1909, 1912); MEINARDUS, W. (1912); NORDENSKJÖLD, O. (1909); SERANDER, R. (ab 1905).
- WAHNSCHAFFE, F. & SCHUCHT, F.: *Geologie und Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes*. — 4. Aufl., Stuttgart 1921.
Darin u. a.: BERENDT, G. (1879, 1881, 1885); BERENDT, G. & W. DAMES (1885); CLOSE, M. H. (1866); DAMES, W. (1889); DECHEN, H. VON (1879); GEINITZ, E. (1912); GUTBIER, A. (1858); JENTZSCH, A. (1908); KEILHACK, K. (1883—84); KLOCKMANN, F. (1883); KORN, J. (1913); LEHMANN, F. W. P. (1906); PENCK, A. (1883); ROTH, A. W. (1788); SAUER, A. (1889); SOKOLOV, N. A. (1894); SOLGER, F. (ab 1905); WAHNSCHAFFE, F. (ab 1885, 1899).
- WOLDSTEDT, P.: *Das Eiszeitalter. Grundlagen einer Geologie des Quartärs*. — 3 Bde. (2. bzw. 3. Aufl.), Stuttgart 1958, 1961, 1965.
Darin u. a.: DART, A. R. (1924—25); DEPÉRET, C. (ab 1906); DUBOIS, E. (1894); FRERE, J. (1797); FUHLROTT, C. (1856); GORGANOVIC-KRAMBERGER, K. (1901—02); GOTTSCHÉ, C. (1883); GÖTZINGER, G. (1935); HARTZ, N. (1902); HOLST, N. (1876); KING, W. (1864); LAMOTHE, L. DE (ab 1911); LINSTOW, O. VON (1902); MURR, J. (1926); OAKLEY, K. P. & C. R. HOSKINS (1950); RICHTER, E. (1900); SCHOETENSACK, O. (1908); SHIMEK, B. (1904); UPHAM, W. (1895); WETTSTEIN, R. VON (1892).
- WOLDSTEDT, P. & DUPHORN, K., (Hrsg.): *Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter*. — 3. Aufl., Stuttgart 1974.
Darin u. a.: CEPEK, A. (1964); GIRARD, H. (1855); HESEMANN, J. (ab 1929); HUCKE, K. (1917); KEILHACK, K. (1896, 1899, 1909); KORN, J. (1927); LÜTTIG, G. (ab 1954); RICHTER, K. (ab 1933); WOLDSTEDT, P. (1925, 1926, 1927, 1929).

Manuskript eingeg. 27. 8. 1975.

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. Karlheinz Kaiser, 1 Berlin 45, Carstennstr. 47 c.