

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 30 (1937)
Heft: 1

Artikel: Vorläufige Mitteilung über eine Revision des alpinen Quartärs
Autor: Beck, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-159719>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 04.04.2026

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

Vorläufige Mitteilung über eine Revision des alpinen Quartärs.

Von Paul Beck, Thun.

Mit 1 Tabelle (Taf. XI)¹⁾,

I. Einleitung.

In der Veröffentlichung „Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän“ (2) stellte ich verschiedene Arbeitshypothesen auf, von denen die wichtigsten und weittragendsten die folgenden sind: 1. Zwischen die Riss- und die Mindelvergletscherung schalten sich noch zwei Eiszeiten, Glütsch und Kander genannt, ein, die mit den schweizerischen Hochterrassen- und Rinnenschottern in Verbindung stehen. 2. Die Zuteilung der Deckenschotter zum Pliozän wurde erneut zur Diskussion gestellt. 3. Die Datierung der verschiedenen Eisvorstösse mit Hilfe der sog. Milankovitchkurve wurde versuchsweise auf das neue Schema der Eiszeiten angewendet.

Seither fand ich Gelegenheit, alle diese Fragen in einem grossen Abschnitt des Alpenumkreises, zum Teil wiederholt, an Ort und Stelle nachzuprüfen. Dabei hatte ich das grosse Glück, für Exkursionen und Diskussionen die lebhafteste und freundschaftliche Unterstützung der folgenden Herren Kollegen zu finden: MAURICE GIGNOUX und LÉON MORET in Grenoble, LUDWIG ERB in Freiburg i. Br., FRITZ WEIDENBACH in Stuttgart, BARTL EBERL in Augsburg, JOSEPH KNAUER in München, GUSTAV GÖTZINGER in Wien, ENRICO CAFFI in Bergamo und L. G. NANGERONI in Milano. Eine allseitige und ausgiebige Abklärung und Förderung gewannen die Probleme durch die 3. Internationale Quartärkonferenz in Wien im September 1936, die zugehörige grosse Exkursion durch Österreich und die von

¹⁾ Für die schweizerischen Ablagerungen füge ich eine Tabelle bei, welche die Ergebnisse der Begehungen in den angrenzenden Alpengebieten berücksichtigt und gleichzeitig der Gliederung der Legende der in Ausführung begriffenen Quartärkarte Europas, wie sie von der Internationalen Quartär-Assoziation (INQUA) am Kongress in Moskau 1932 angenommen wurde, gerecht wird.

ALBRECHT PENCK veranstaltete Anschlussexkursion ins Isartal, an denen teilzunehmen mir durch den Schweizerischen Bundesrat und die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ermöglicht wurde. Allen denen, die in irgendeiner Form zur Läuterung meiner Auffassungen über die Quartärzeit beitrugen, danke ich an dieser Stelle aufs herzlichste. Die persönlichen Besprechungen, die Diskussionen in Wien und auf den Exkursionen ermöglichten mir, einen Einblick in die Beweiskraft und Zuverlässigkeit der verschiedenen Disziplinen, die sich, oft recht unabhängig, mit den gleichen oder benachbarten Quartärproblemen befassen: Geologie, Morphologie, Palaeobotanik, Palaeontologie, Palaeoklimatologie, Urgeschichte, Bodenkunde (speziell für Lössböden und Verwitterungszonen!) usw. zu gewinnen. Es können Missverständnisse, die sich durch die Verwendung von Literatur, die oft schon überholt ist, entstehen, vermieden werden, wenn die neuesten Auffassungen und Beobachtungen der Forscher direkt zur Diskussion stehen. Die nachfolgenden Ergebnisse kommen zu Bestätigungen und zu Revisionen der eingangs genannten Arbeitshypothesen.

II. Über einige fragliche Datierungen.

A. Mit Ausnahme des Würm, und leider auch da nicht immer, besitzt keine der alpinen Eiszeiten Merkmale, die mit einiger Sicherheit in der Mehrzahl der Fälle stratigraphisch von den andern unterschieden werden können. Erst die gegenseitige Lage und die morphologische Stellung (Höhenlage, Einschachtelung), wobei aber eine der Ablagerungen als sicher bestimmt vorausgesetzt werden muss, ermöglichen die Bestimmung der andern. Wenn nun die als Grundlage der Datierung dienende Eiszeit oder die weitem Unterscheidungsmerkmale unsicher oder gar unzutreffend sind, so werden auch die darauf gestützten Konsequenzen fraglich oder unrichtig. Im folgenden verweise ich auf einige wichtige Beispiele.

B. So kommt es, dass die namentlich auf der Nordseite der Alpen entwickelten alpinen und subalpinen Talterrassen, die nach dem Schema: 1) Hangende Moräne, 2) Schotter (oft mit Schieferkohlen!), 3) liegende Moräne — aufgebaut sind, früher „Bühl“ und „Würm“ genannt, heute als Würm und Riss gedeutet werden (13, 14). Konsequenterweise dürften nun auch die französischen geologischen Karten 1:80 000 (Blatt Grenoble 1927) die Bezeichnungen „Néowurm“ (im Sinne von Bühl) durch Würm und „Würm“ durch Riss ersetzen, eine Frage, die neuestens diskutiert wird (4).

C. Auf der Nordseite der Alpen dehnt sich ein breiter, einheitlicher Altmoränengürtel von der Isère in Frankreich bis zur Krems in Österreich aus. Im Mittelteil, vom französischen Jura bis zum Inn, wird in den letzten Jahren mehr und mehr eine innere

und eine äussere Zone unterschieden, die sich aber in jeder Beziehung so nahe stehen, dass sie von allen Forschern²⁾ als Hauptvorstoss und Rückzugsphase bewertet werden. Im Osten, zwischen Inn und Krems, liegen die äussern Altmoränen auf Deckenschotterplatten, die innern dagegen in breiten Talzügen oder Becken, also meist tiefer. Zufällig nimmt nun der Deckenschotter in der Zone seiner Überlagerung mit Altmoränen selber auch einen moränennahen Charakter an. Daher fassten PENCK (13) und nach ihm die österreichischen geologischen Karten 1 : 75 000 (Blätter Mattighofen, Gmunden und Schafberg, Kirchhofen, Wels und Kremsmünster, Enns und Steyr) Deckenschotter und Altmoräne als „Mindelmoräne“ zusammen. Doch unterscheidet sich die meist lockere, hangende Altmoräne oft schon nach ihrem Gesteinsmaterial (relativ leicht verwitternder Flysch) von den liegenden, verfestigten Deckenschottern, die diskordant abgeschnitten werden. Würde es sich wirklich um Mindelmoränen handeln, so müssten die innern, in diesem Falle risszeitlichen Altmoränen in ihrem Habitus den jungen Würmmoränen viel näher stehen, als den dann um die grosse Mindel-Riss-Interglazialzeit ältern äussern, wofür keine Beweise bekannt sind. Die oft zu Schlüssen verwendete Auffassung, die Mindeleiszeit sei in den Ostalpen allgemein grösser gewesen als die Rissvereisung, kann, wenigstens nach dem was ich gesehen habe, nicht direkt bewiesen werden; eine Deckenschottervereisung reichte aber ungefähr gleich weit wie die Riss und diese nicht viel weiter als die Würm.

Die PENCK'sche Trennung der östlichen Altmoränen in Mindel und Riss finden wir auf den Blättern Lyon (1922) und Grenoble (1927) für das Gebiet des Rhone-Isère-Gletschers wieder, trotzdem die Verhältnisse dort weit klarer sind als in Österreich, weil die innere Stellung nur gering dokumentiert ist, bei Lyon z. B. nur durch die Ablenkung der Rhone. Auch dieser Darstellung wird neuestens von den Franzosen nicht mehr unbedingt zugestimmt (5). Sie dürfte wohl aufgegeben werden.

D. Zum Schlusse weise ich noch darauf hin, dass die Günz- und Mindel-Moränen und -Schotter durch die Unsicherheit ihrer Kennzeichen im allgemeinen und östlich der Riss im besondern stark enttäuschen. In Frankreich kenne ich keine sichern Deckenschotter. Die grossen Schottermassen, die teils unter den Altmoränen beider Zonen, teils in grosser Mächtigkeit um deren Zungenbecken herum vorkommen, werden auf Blatt Lyon als „alluvions préglaciaires“ bezeichnet. Nach dem Habitus und dem Verwitterungszustande zu schliessen, dürften die hochgelegenen ältern Teile, welche

²⁾ F. NUSSBAUM u. F. GYGAX in Burgund, L. ERB im Rheintal und bis zur Donau, F. WEIDENBACH im Rissgebiet, B. EBERL zwischen Iller und Lech (als Erster!) und J. KNAUER vom Lech bis zum Inn.

den Rhonebogen umsäumen und überragen, zum Deckenschotter zählen, während die im Beckeninnern liegenden Schotter jünger, jedoch älter als Riss, sind und damit die gleiche stratigraphische Stellung einnehmen wie die sog. „Hochterrasse“ der Schweiz, die nachstehend besprochen wird.

Zwischen Iller und Inn liegen ausserhalb der Altmoränenzone die beiden alten Schotter an einzelnen Stellen stratigraphisch übereinander, alpenwärts aber ineinandergeschachtelt, der jüngere tiefer als der ältere. Dieses Überschneiden erschwert die Zuteilung der einzelnen, meist isolierten Reste sehr stark. Einzig im Rheingebiet führen bedeutende Höhenunterschiede (bis zu 100 m!) und die Anreicherung von Terrassen- und Moränenresten aller Altersstufen zu einer klaren und einigermaßen zuverlässigen Gliederung, was denn auch darin zum Ausdruck gelangt, dass A. GUTZWILLER (8) schon 1894 hier 4 Schottersysteme und 4 Eiszeiten unterschied.

Zusammenfassend möchte ich noch einmal darauf hinweisen, dass die Anwendung der 4 Eiszeiten im Umkreis der Alpen durchaus nicht so einfach und überzeugend ist, wie man es sich im Interesse der Quartärgliederung wünschen möchte und wie etwa aus den Publikationen und kartographischen Darstellungen geschlossen wird.

III. Über die neuen Eiszeiten Glütsch und Kander.

A. Die Annahme zweier neuer Eiszeiten (Glütsch und Kander) drängt sich deshalb auf, weil in den alpenrandnahen Tälern der Aare und der Linth unter der unter IIB skizzierten Gruppe von Terrassensedimenten [1) Hangende Moräne, 2) Schotter oft mit Schieferkohlen, 3) Liegende Moräne] Seeablagerungen auftreten, die eine weitere Moräne einschliessen und eine vierte überlagern. Nach dem Mittelland hin setzen sie sich in den sog. schweizerischen „Hochterrassen“, die da und dort ebenfalls Moränen einschliessen, fort, indem sie unter den Würm- und Rissablagerungen durch sich im Rheintal bis ins eisfreie Gebiet erstrecken. Die schweizerische „Hochterrasse“ darf nicht mit der Hochterrasse PENCKS verwechselt werden, da die letztere nach ihrer Definition eine Bildung der Risseiszeit ist, an deren Moränen anschliesst und, beispielsweise bei Laufenburg, die schweizerische „Hochterrasse“ überlagert. In Zukunft sollte in der Schweiz dieser allgemein verwendete und morphologisch begründete Namen streng vermieden werden, um nicht mit dem zwar jüngern, aber früher genau definierten und heute allgemein angewendeten Namen Hochterrasse im Sinne PENCKS und BRÜCKNERS (13) verwechselt zu werden. Die Schweizer Hochterrasse besitzt ein wesentliches Merkmal darin, dass sie nach den Ergebnissen der vielen neuen Bohrungen tief (bis 100 m) unter die heutigen Talsohlen hinabreicht, welche Erscheinung als „Rinnenschotter“ bezeichnet wird. Es liegt

nahe, die schweizerische „Hochterrasse“ in Zukunft als Rinnenschotter zu bezeichnen und damit das bisherige System der 4 Schotter zu ergänzen. Sie steht ja mit den neuen Eiszeiten in ähnlichem Zusammenhang wie die andern, enthält dazu aber auch noch unzweifelhaft interglaziale Elemente, wie das Flusspferd von Holzikon beweist. Bisher schenkte man im Ausland dieser Erscheinung keine besondere Aufmerksamkeit, weil die grossen einheitlicheren Vorlandgletscher die Zungenbecken stärker ausräumten als der stark gegliederte helvetische Gletscher, eine Erklärung, die auch durch das vorläufige Fehlen ähnlicher Ablagerungen in den Becken des Bodensees und Genfersees unterstützt wird.

B. Horizontale Rinnenschotter der Aussenzone sieht man ausserhalb der Schweiz in mehreren Kiesgruben längs der Olona (NW Mailand), in den „alluvions préglaciaires“ des Rhonegebiets bei Lyon, die unter den Altmoränen liegen, zwischen Iller und Inn sehr wahrscheinlich in den sog. „Mindel II-Schottern“ und an der Salzach bei Ach-Burghausen in den Schottern, welche dort die Altmoränen unterteufen und einer ältern Moräne auflagern, was schon PENCK (13) erwähnte und Frau E. EBERS neuerdings beobachtete.

C. Seeablagerungen vom Typus der lakustren schweizerischen Rinnenschotter kommen in folgenden Flussgebieten auch noch vor: Olona (südlich des Luganersees), Tessin (Varese sowie Mendrisio und Umgebung von Lugano), Isère, Rhone, Inn und Salzach. Auch Leffe und Pianico-Sellere in den Bergamasker Alpen weisen ähnliche Verhältnisse auf.

An mehreren Stellen beweisen 2 verschiedene hangende Moränen (Würm und Riss) das vorrisszeitliche Alter der fraglichen Ablagerungen direkt: Eybens (Isère), Drance (Rhone), Olona und Varese, Salzburg (Salzach).

D. Aequivalente der Glütschmoränen, d. h. Moränen, die in Seeablagerungen auftreten, beobachten wir bei Varese und an der Olona, bei Mendrisio und Lugano, sowie bei Pianico-Sellere, jedoch nie in ausgedehnten Aufschlüssen. Mit Ausnahme des letztgenannten Ortes breiten sich über ihnen und den zugehörigen Deltaschottern eine diskordante Nagelfluhplatte und auf dieser Riss- und Würmmoränen (Varese, Olona) oder auch nur Würm (Mendrisio, Lugano) aus. Bei Varese, Lugano und Pianico trennen pflanzenführende Schichten die glütschartigen Moränen von den unter dem Lakustrum liegenden, was auf 2 verschiedene Eiszeiten hinweist. Lugano, Mendrisio und Pianico-Sellere können nicht durch 2 überlagernde Moränen direkt datiert werden wie Varese und Olonatal, sondern nur durch Analogieschlüsse, die sich auf die Seebildung und deren Auffüllung stützen.

E. Liegende Moränen, deren stratigraphische Stellung der Kandermoräne entspricht, kennt man an der Drance (Savoien), am Förchenbach im Innggebiet, bei Salzburg, Varese, Mendrisio und Pianico-Sellere.

F. Nirgends treten die Rinnenschotter oder die zugehörigen Moränen in direkten Kontakt mit den Deckenschottern. Im Rheingebiet erscheinen sie tief in die jüngern Deckenschotter eingeschachtelt, zwischen Comer- und Langensee treten sie in einem Becken innerhalb der dort ferrettisierten, nicht näher bestimmbar Deckenschotter, und längs der Olona, in diese eingeschachtelt, auf. Da die Deckenschotter nirgends in grösserer Ausdehnung und durch beide Stufen vertreten den Alpenrand erreichen, so fehlen auswertbare direkte Zusammenhänge. Die geringen Vorkommen von Günzschotter auf dem Albis (500 m über dem Züricher See) und Mindelschotter (?) vom Bischofsberg bei St. Gallen (ebenfalls 500 m über dem Bodensee) widersprechen umsomehr einer Verknüpfung der liegenden Kandermoräne mit einer der Deckenschottervereisungen, als die der Moräne auflagernden Deltaablagerungen noch mindestens 160 m (Bohrung von Tuggen) unter den Seespiegel des Züricher Sees hinabreichen. Die liegende Moräne bei Au an der Salzach und der zugehörige Schotter sind ebenfalls bis gegen 100 m in die Altmoräne und gegen 150 m in die nächsten Deckenschotter eingetieft (Blatt Mattighofen).

IV. Zusammenfassung der Gliederung.

A. Für die Randgebiete der Vereisung drängt sich nach meinen Beobachtungen eine deutliche Dreiteilung auf: 1) Niederterrassen und Jungmoränengürtel, 2) Hochterrassen (im PENCKschen Sinne) und Altmoränengürtel und 3) Deckenschotter mit seltenen Moränen oder moränennahem Material. In der Jungmoränenzone können noch 3 besondere Moränenzüge unterschieden werden, doch ohne trennende Schotterzwischenlagen von wesentlicher Ausdehnung (WI—III). Die Altmoränen werden in neuerer Zeit ebenfalls in 2 Zonen unterschieden, deren Bedeutung ungefähr den 3 Würmstellungen entspricht (RI und RII). Für die Deckenschotter ist es meist unmöglich, den sichern Beweis zu erbringen, ob sie Mindel oder Günz seien. Sie werden meist nach geringen Höhenunterschieden ihrer Oberflächen getrennt; doch sind die Verhältnisse selten so zwingend, dass diese Massnahme wirklich berechtigt und erforderlich ist.

B. Zu dieser, am Ende des letzten Jahrhunderts allgemein gültigen Gliederung der Aussenzone treten im Innenraum noch horizontale und lakustre Rinnenschotter mit ein- und untergelagerten Moränen, die älter als Riss sind, weil sie von Riss und Würm überlagert werden. Ihnen voran ging die Entstehung der ehemals viel

grössern Alpenrandseen und (im Rheingebiet) eine die heutige oft um mehr als 100 m übertreffende Talbildung, die einer Verknüpfung der Rinnenschottermoränen Glütsch und Kander mit einer oder beiden Deckenschottervereisungen nach allem, was wir heute über die Deckenschotter wissen, direkt widerspricht. Erst durch die bisher fehlende Berücksichtigung dieser neuen Ablagerungsgruppe wird eine einheitliche Auffassung und Darstellung des Glazialphänomens möglich. Will man aber, um die Vierheit der alpinen Eiszeiten unverändert zu erhalten, die Ergänzung durch Rinnenschottereiszeiten ablehnen, so muss man beweisen, dass sie zu den Deckenschottervereisungen gehören, wofür mir trotz eingehender Prüfung im Terrain und trotz vieler Besprechungen mit den betreffenden Aufnahmegeologen keine Gründe bekannt sind. Ich sehe mich dadurch gezwungen, vorläufig an einer Vermehrung der alpinen Eiszeiten festzuhalten.

V. Über die Abgrenzung von Pliozän und Pleistozän.

A. Die Gründe, die mich s. Z. veranlassten, dieses Problem neuerdings aufzugreifen, waren folgende:

1. Der morphologische Gegensatz zwischen dem nördlichen und dem südlichen Alpenrand, der darin besteht, dass im N der Felsboden der Deckenschotter ca. 500 m über den Talsohlen und Alpenrandseen den Alpenrand erreicht, während im S marines Pliozän tief in den Talsohlen auftritt. Dabei zeigt die morphologische Gliederung der dazwischen liegenden alpinen Quertäler keine dieser Differenz entsprechenden Unterschiede.

2. Wenn die Zahl der Eiszeiten durch die Rinnenschottereiszeiten um 2 vermehrt werden muss, so wäre es sehr wohl möglich, dass die ältesten Spuren des nordischen Vereisungsgebietes den neuen Eiszeiten Glütsch und Kander entsprechen, was umso eher möglich ist, da im N Spuren eines bedeutenden Interglazials, wie es für Mindel-Riss, resp. Mindel-Kander angenommen werden muss, fehlen. Dadurch werden Günz und Mindel überzählig und fallen möglicherweise in die Pliozänzeit.

3. Setzt man die nachmindeleiszeitliche grosse Durchtalung der Schweiz ins Pliozän, so wird das vollständige Fehlen von Plaisancien-Astien-Ablagerungen irgendwelcher Art verständlich, da die Zeit kräftiger Abtragung der Sedimentation ungünstig war.

4. Im pliozänen Ponteganakonglomerat bei Chiasso kommen kristalline Gerölle vor, deren Herkunft unsicher ist und auch glazial gedeutet werden kann.

5. Ich konnte in der Literatur im ganzen Umkreis der Alpen kein Profil finden, das sichere Auskunft über das Verhältnis der Deckenschotter zum Plaisancien-Astien gab.

Die seitherigen geologischen Aufnahmen im Südtessin und die Ausdehnung der Pliozän-Quartär-Studien auf den Alpensaum zwischen Sesia und Gardasee bestärkten mich in meiner Auffassung durch den gelungenen Nachweis, dass die um mehrere hundert Meter verschiedene Höhe der marinen Pliozänvorkommen mindestens zum grossen Teil primär ist, indem das Meer in ein Relief eindrang, das sich vom heutigen kaum unterscheidet, und dass deshalb die bisher angenommene alpenwärts ansteigende Pliozänfelsfläche nicht ohne weiteres zutreffend ist (13, 3).

Die Verhältnisse zwischen Ostalpen und Donau boten keine sicheren Beweismittel, erweckten aber im allgemeinen eher Bedenken gegen meine Auffassung. — Die glazialen Ablagerungen im Rhone-Isère-Gebiet sind durch das Fehlen sicherer Deckenschotter so lückenhaft, dass die reichlich vorhandenen Pliozänschichten so oder anders gedeutet werden können.

B. Erst im November 1936 sah ich an der Olona bei La Torba fossilführendes Pliozän, 1928 entdeckt von L. G. NANGERONI (12), so nahe am Fusse einer mächtigen Deckenschotterwand, dass an der Altersfolge kaum zu zweifeln ist. Gestützt auf dieses Vorkommen stelle ich das sog. Glaziopliozän nicht mehr zur Diskussion, sondern betrachte das Problem der Pliozän-Quartär-Grenze im bisherigen und allgemein üblichen Sinne als erledigt.

C. Die diesem Resultat scheinbar widersprechenden morphologischen Verhältnisse des Alpensüdrandes müssen infolgedessen zwangsweise anders gedeutet werden. Zur Zeitbestimmung fallen sie ausser Betracht. Dasselbe gilt auch von der zur Datierung verwendeten, hochgelegenen Altfläche, die sich als einheitliche Form von der Schweiz bis in die Ostalpen hinaus und vom Nord- zum Südrand erstreckt. Sie wird im Berner Oberland als Simmenfluhniveau, im Tessin als Petanettoterrasse, in den Ostalpen als „Zone oberster Verflachungen“ oder Firnfeldniveau bezeichnet. Ihr Alter bestimmte man in den Ostalpen als spätligocaen bis frühmiozän, während sie bei uns erst nach der Entstehung der obern Süsswassermolasse, also im Obermiozän entstanden sein kann. Auch diese ist zur Datierung entfernter Vorkommen unbrauchbar, so verlockend sie aussieht.

VI. Zur Datierung der Eiszeiten durch solare sommerliche Kältewellen.

A. Der Belgrader Professor MILUTIN MILANKOVITCH errechnete in vieljähriger, Balkan- und Weltkrieg überdauernder Arbeit aus der Stärke der Sonnenstrahlung und aus dem Mechanismus unseres Planetensystems den zeitlichen Ablauf der Temperaturerscheinungen

auf den Oberflächen der Planeten und veröffentlichte die Ergebnisse 1920 in Paris unter dem Titel „Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire“ (10). Auf W. KÖPPENS Bitte verwendete MILANKOVITCH diese Grundlagen zur Berechnung des Temperaturganges der sommerlichen Bestrahlung der nördlichen geographischen Breiten von 55, 60 und 65° während den letztverflossenen 650000 Jahren und erstellte damit die allgemein bekannte „Strahlungskurve“. KÖPPEN erkannte als erster in der Zahl und der zeitlichen Verteilung der „Kältespitzen“ die überraschende Ähnlichkeit mit der ganz anders gewonnenen Eiszeitkurve von PENCK und BRÜCKNER (13). SOERGEL (15), GRAHMANN (7), EBERL (6) und der Verfasser (2) parallelisierten den geologisch nachgewiesenen Ablauf der glazialen Erscheinungen zwanglos, wenn auch unter sich nicht restlos übereinstimmend, mit dieser Kurve. 1930 veröffentlichte MILANKOVITCH die „Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen“ (11), in welcher der säkulare Strahlungsgang der Erdbestrahlung für die Breitengrade 25, 35, 45, 65 und 75 beider Erdhälften und für die Sommer- und Winterhalbjahre in Tabellenform enthalten ist. Diese mir erst 1934 zur Kenntnis gelangte Arbeit ermöglichte eine genauere Prüfung der Auswirkung der Strahlungsänderungen für die Frage der Eiszeiten.

B. Für die Schweizeralpen konnte ich die Studien abschliessen, für die nordische Vereisung ist die Arbeit noch im Gang. Dabei stellten sich ganz unerwartete Ergebnisse ein, die vorläufig nur für die Alpen gelten und auch für diese nur mit dem Vorbehalt eventl. noch feststellbarer nordischer Einwirkungen.

1. Die sommerlichen Kältewellen würden genügen, um die Schweizeralpen im Umfang der Daun- und der Gschnitzstadien autochthon zu vereisen.

2. Der grösste Teil der Schweiz und ihrer Alpen hatte aber gleichzeitig ein Klima, das zur Ausbreitung der Vereisung viel ungeeigneter ist als das heutige.

3. Die Zeiten der heissen Sommer und kalten Winter können keine autochthonen Vergletscherungen erzeugen; dagegen sind sie für eine Gletscherverbreitung in den tiefern Alpen und im Mittelland viel günstiger als die sommerlichen Kältewellen.

Diese Resultate erhielt ich dadurch, dass ich die Auswirkung der Strahlungsänderungen auf die einzelnen Monate untersuchte. Mit Hilfe der erhaltenen Beträge stellte ich fest, ob die Monatsmittel unserer alpinen meteorologischen Stationen eine Vermehrung oder Verminderung der Frostmonate, d. h. der Monatsmittel unter 0°, aufweisen. Da nach den Feststellungen der Station Säntis die Schneegrenze 8 Frostmonate benötigt, so lassen sich noch weitere Ableitungen gewinnen.

4. Damit die Schneegrenze der Würmzeit erreicht würde, brauchte es heute eine Vermehrung der Zahl der Frostmonate um 5.

5. Die Strahlungsperioden mit kühlen Sommern und milden Wintern, die KÖPPEN für die Eiszeiten verantwortlich machte, erfordern dagegen 8 weitere Frostmonate, weil sich die Zahl der Frostmonate für das ganze Mittelland, den Jura und für die Alpentäler bis zu 1600 m Höhe auf 0 vermindert.

6. Dagegen scheinen die Zeiten der grossen Extreme mit heissen Sommern und kalten Wintern, die nur eine Vermehrung von 3 Frostmonaten erfordern, einer allgemeinen Vereisung günstiger zu sein, vorausgesetzt, dass eine ausserhalb unserer heutigen Kenntnis liegende Ursache eine Vermehrung der Frostmonate herbeiführe.

7. Das Hauptergebnis der noch nicht ganz abgeschlossenen Studien ist die Feststellung der Tatsache, dass sich die Strahlungsveränderungen nicht so einfach auswirken wie bisher, gestützt auf die Sommerkurve, angenommen wurde, sondern sogar das Gegenteil des erwarteten Erfolges eintreten kann. Die zahlenmässige und mit graphischen Darstellungen versehene Begründung soll in nächster Zeit in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.

Zweifellos bilden die von MILANKOVITCH berechneten Strahlungszahlen wenigstens für den Abschnitt der Eiszeit, der ungefähr das jetzige Relief vorfand, d. h. vom Ende der Mindel-Kander-Zwischenzeit an, zuverlässige und wertvolle Grundlagen zur theoretischen Beurteilung des ehemaligen Klimas; doch muss ihre Gesamtwirkung ins Auge gefasst werden, was bis jetzt nicht geschah. Es ist wahrscheinlich, dass ausgedehnte Studien auf Grund der Zahlen MILANKOVITCHS zu einer veränderten Auffassung des Wechsels von Eiszeiten und Interglazialen führen, die auch den Ergebnissen der Säugetierpalaeontologie besser gerecht wird als die heutige.

Bis zur vollständigen Abklärung der nordischen Verhältnisse werden wir gut tun, auf die Datierung der alpinen Eisvorstösse nach der MILANKOVITCH-KÖPPEN-Kurve zu verzichten.

Der ganze Problemkomplex der Eiszeit, der hier nur in einzelnen Richtungen angeschnitten wurde, benötigt zu seiner gründlichen Abklärung eine so umfangreiche Darstellung, dass zu ihrer Abfassung längere Zeit notwendig ist. Deshalb nehme ich die oben stehenden Resultate heraus und teile sie mit, um meine frühern Darlegungen, soweit dies notwendig ist, richtigzustellen.

Literaturverzeichnis.

1. BECK, P. Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland. *Eclogae geol. Helv.* XVI, 1921.
2. BECK, P. Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. *Eclogae geol. Helv.*, 26, 1933.
3. BECK, P. Über das Pliozän und Quartär am Alpensüdrand zwischen Sesia und Iseosee. *Eclogae geol. Helv.*, 28, 1935.
4. BOURDIER, F. Stratigraphie des alluvions anté-wurmiennes du Grésivaudan et de la vallée de Chambéry. *C. R. Ac. d. Sc. Paris*, 18 nov. 1935.
5. DENIZOT, G. Observations sur la glaciation quaternaire et les terrasses de la région lyonnaise. *Bull. Soc. géol. France*, 5me série, T. 3, fasc. 7—8, (1933) 1934.
6. EBERL, B. Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland. Augsburg 1930.
7. GRAHMANN, R. Über die Ausdehnung der Vereisungen Norddeutschlands und ihre Einordnung in die Strahlungskurve. *Sitzungsber. d. Sächs. Akad.* Bd. LXXX (1928).
8. GUTZWILLER, A. Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. *Verh. Natf. Ges. Basel*, 10, 1894.
9. KÖPPEN, W. und WEGENER, A. Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
10. MILANKOVITCH, M. *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*, Paris 1920.
11. MILANKOVITCH, M. *Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*, Handbuch der Klimatologie von W. KÖPPEN und R. GEIGER. Bd. I, Teil A. Berlin 1930.
12. NANGERONI, L. G. Nuovi affioramenti del Pliocene marino nella Val d'Olona. *Atti d. R. Accad. d. Sc. di Torino*, LXIII, 1928.
13. PENCK, A. und BRÜCKNER, ED. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig 1902 bis 1909.
14. PENCK, A. Die Terrassen des Isartales in den Alpen. *Sitzungsber. d. preuss. Ak. d. Wiss.* XIX. 1922.
15. SOERGEL, W. *Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters*. Berlin 1925.

Manuskript eingegangen den 30. April 1937.

		Eiszeiten Interglaziale		Definitionen nach den Ablagerungen des Rhein- und Pogebietes		Typische Vorkommen		Weitere Vorkommen		Flächenausdehnung, Kartendarstellung		Besondere Bemerkungen	
Quartär	Holozän	Neopleistozän Niederterraszenzeit	Spätglazial	Daun w _d	Rezente Schuttbildungen, rezenter Torf und Tuff; verschwemmte Materialien älterer Böden, Moränen, deren Schneegrenzendeckung geringer als 200 m ist	Becken von Innertkirchen mit Moränen a. d. Kirchhof und am Urbachtalaustrag	Viele Moränen auf Karnischenschwellen	Geringe Moränenausdehnung, Terrain meist zu steil	In den grösseren Tälern sind die Beckenbildung und die Ablenkung von Seitenflüssen zur Charakteristik wichtiger als Moränen. An nicht zu steilen Hängen u. kleinen, wenig steilen Tälern dominieren die Moränen. Zur Altersbestimmung ist die Höhe der Linie, die das hydrographische Einzugsgebiet horizontal habitiert, meist sicherer als die zugehörige Schneegrenze				
				Gschnitz w _g	Glatscherablagerungen mit Schneegrenzendeckung von 200–450 m samt fluvio-glazialen Terrassen	Becken des Brienzsees mit Abschluss von Interlaken samt Moränen von Gateig und am Harder-Riedegrat	Becken von Reichenbach im Kandertal. Becken von Lenk im Simmental. Viele Moränen auf Karschwellen der Voralpen	Geringe Moränenreste, weil Hänge zu steil und im Tal verschwemmt					
				Bühl w _b	Glatscherablagerungen mit Schneegrenzendeckung von 450–750 m samt zugehörigen fluvio-glazialen Terrassen	Becken von Thun mit Strättlimoräne innen und Jabergrasmoräne aussen (Wichtrach) und abgelenkten Seitenbächen; Terr. im Aaretal	Becken Wimmis-Reutigen des Kanderjletschers. Becken von Kiental. Becken von Airolo	Nicht bedeutend, oft in mehrere Gruppen aufgelöst					
			Würm	Zürich w ₁₁	Innere Jungmoränen, meist Seebecken einschliessend, und unterste Niederterrasse	Zürchermoräne im Lintbgebiet, N T ₁₁₁ am Rhein. Murimoräne im Aaretal mit Terrasse	Moräne von Singen, Stein a. Rh., Ossingen, Dübendorf, Brengarten (Aargau), N Baldeggersee, Sursee, Solothurn (Rhodengletscher)	Weitverbreitet, meist gut zusammenhängend		NT ₁₁ im Rheintal von L. Erb (Freiburg) festgestellt			
				Schlieren w ₁₁	Mittlere Jungmoränen und mittlere Niederterrasse	Schlierenmoräne im Lintbgebiet, Bernermoräne mit hochgelegenen Terrassen. NT ₁₁ im Rheintal	Moräne von Kloten, Dissenhofen, Wohlen (Aargau), Seengen, Wangen a. A.	Verbreitung weniger deutlich, oft zersplittert					
				Killwangen w ₁	Äussere Jungmoränen und Hauptniederterrasse	Killwangenmoräne im Lintbgebiet. Schaffhausenermoräne mit NT ₁ , Gurtenmoräne	Moräne N Bülach, Mellingen, Othmarsingen, Staffelbach, Schötz, Thunstetten-Oberbipp	Weitverbreitet. Sehr deutliche Zone					
			Riss-Würm-Interglazial R-W	Horizontale Schotter unter der obersten Moräne, z. T. Vorstoss-, z. T. interglaziale Schotter	Horizontale Schotter von Spiez-Glüttschtal-Aaretal bis Bern	Jüngere Seelandschotter, Schotter des Saanegebietes z. T. Schotter im Gros de Vaud z. T.	Im Aaretal oberh. Bern schmale Ausbisse an Terrassenhängen. Im Seeland, Saanegebiet u. Gros de Vaud sehr schwer von den älteren Schottern zu unterscheiden	In unsicheren Fällen als „Präwürm“ zu kartieren!					
			Pleistozän	Hochterraszenzeit	Spät-meso-pleistozän	Riss	Spät-riss R ₁₁	Innere Altmoränengürtel und zugehörige untere Hochterrasse H ₁₁		Moräne auf Schweizerboden nicht festgestellt. HT ₁₁ im Klettgau und rheinabwärts bis Säckingen	—	Andeutungen im franz. Jura, HT ₁₁ im Rheingebiet	HT ₁₁ und R ₁₁ von L. Erb (Freiburg) festgestellt. Die HT oft nur Erosionsform im Rinnenschotter
							Gross-riss R ₁	Äussere Altmoränen; Moränen der grössten Vergletscherung; zweitoberste Moräne der Talsohlen und Hochterrasse I		Moräne von Möhlin samt entsprechender HT ₁	Moräne von Liestal. Hochgelegene Moräne ausserhalb des Würm-areals, ebenso Schotter. Erratische Blöcke im Jura	Viele Vorkommen von geringer Grösse	Die in ca. 900 m Höhe gelegenen Moränen und Schotter zwischen Aare und Emme, weil unsicher, allg. „Mesopleistozän“
						Mittel-meso-pleistozän	Rinnenschotterzeit	Glüttsch-Riss-Interglazial G ₁ -R		Rinnenschotter unter Rissmoränen; aussen horizontal, alpenwärts Seebildungen, z. T. auch Rissvorstosschotter	Alte Seebildungen im Grunde des Aaretals von Thun bis Bern. Jüngerer Ceppo von Varese und Val d'Olona	Schotter mit Schieferköhlen von Wangen am untern Buchberg und Uznach-Kaltbrunn	Seebildungen. Nur in kl. Ausbissen u. Bohrlöchern. Ceppo ausgedehnter sichtbar
	Glüttsch G ₁	Im Rinnenschotter eingelagerte Moränen, aussen horizontal, alpenwärts deltoide und lakuster						Deltamoräne im Glüttschtal (Aare). Moräne von Seebach (Glatt), Deltamoräne der Valle delle Fornace bei Varese	Obere Moräne von Bubenthal am Buchberg. Obere Moräne über dem Delta von Güntenstall. Moräneneinlager. im alten Luganensee z. T.	Sehr geringe Aufschlüsse; oft nur Sondierungen	Wenig ausgedehnte Ausbisse an Steilhängen		
	Kander-Glüttsch-Interglazial K ₁ -G ₁	Horizontale und deltoide Rinnenschotter unter Glüttschmoräne						Ältere Deltaschotter des Glüttsch- und Kander-Simmetales. Seebildungen von Varese und Olonatal	Delta von Güntenstall-Kaltbrunn. Seebildungen zwischen den Moränen von Bubenthal am Buchberg. Schotter u. Moräne von Seebach	Sehr kleine Aufschlüsse. Statt Farbe nur Signatur			
	Kander K	Moräne zwischen Rinnenschotter und Fels		Kandermoräne im Durchbruch. Liegende Moräne von Güntenstall-Kaltbrunn. Liegende Moräne von Bubenthal am Buchberg	Moräne unter den Schottern des Forstplateau W Bern (Wangental)	Kommt auf den Karten durch Felsausbisse oder durch Einschachtung der Rinnenschotter im jüngeren Deckenschotter zur Geltung							
	Frühmeso-pleistozän	Deckenschotterzeit		Mindel-Kander-Interglazial M-K	Mindel M	Erosionszeit	Durchtaltung der jüngeren Deckenschotter des Rhein-Aare-Reuss-Limmat-Glüttschgebietes bis zur Basis der Rinnenschotter	Rheinsberg, Hüthenberg, Emparg an der Glattmündung in den Rhein zwischen Irchel und Schöfflisdorferegg	Heiligenberg, Bodmann, Schienerberg, Stammheimerberg, Kohlfirst, Teufelkeller bei Baden und versch. Vorkommen im Aare- u. Rheintal	Ziemlich ausgedehnt	Wenn Stellung unsicher, nur „Eopleistozän“. Entsprechend den zwei Moränenniveaus in den Deckenschottern kommen auch Teilstufen vor, namentlich nahe dem Eisrand.		
						Erosionszeit	Eintiefung des Glatttales in den älteren Deckenschotter Irchel-Schöfflisdorferegg bis zur Basis der jüngeren Deckenschotter	Schöfflisdorferegg N Wehntal. Irchel	Höchsten NE Überlingen, Hohenbodmann, zwischen Suhr und Aa, langes Limmat, Aare, Rhein	Ordentlich ausgedehnt			
						Günz G	Moränen mit dem obern, älteren Deckenschotter verknüpft	Sundgauschotter von Casarhof und Ziegelhütte bei Bettlach W Basel (Frankreich)	Verschiedene Kiesgruben u. a. Aufschlüsse im südlichen Sundgau	Sehr ausgedehnt; doch selten aufgeschlossen, weil unter Lösslehm			
	Tertiär	Pliozän			Astien-Plaisancien		Marine, meist blaue Mergel, Tone und Sande mit Astien- und Plaisancien-Fossilien	Ziegelgrube S. Antonio bei Balerna. Roncigliatal. Val Morea SW Stabio (Italien)	Vorkommen am M. Morella, im Olonatal, Varese, Taino, Gozzano, Borgosesia, Almeno, Cunezzo, Nese (letztere drei bei Bergamo)	Kleine bis sehr kleine Vorkommen. Die grössten sind bei Borgosesia			