

# Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit

Autor(en): **Mühlberg, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **90 (1907)**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90152>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Der mutmassliche Zustand der Schweiz

und ihrer Umgebung

## während der Eiszeit

von

Prof. Dr. F. MÜHLBERG, Aarau.

---

### *Hochgeehrte Versammlung!*

Im grossartigen Schauspiel des Weltentheaters sind die Eiszeit und die sich daran schliessende Gegenwart nur die letzten Szenen des vorläufig letzten Aktes, der mit der Entwicklung des Festlandes in Zentraleuropa begonnen hat. Die vorher während langer Epochen im Meere abgelagerten und verfestigten Sedimentgesteine traten zuerst am Ende der Jura-Periode im Norden der Schweiz bis in den nördlichen Aargau und bis zum Nordrand des Aar-massivs über den Wasserspiegel. Gegen das Ende der Kreideperiode war bereits das ganze Juragebiet Festland, am Ende der Eocaenperiode das ganze Alpengebiet. Hier wurde sodann ein förmliches Bergland dadurch erzeugt, daß nach und nach weit von Süden her mehrere Über-faltungsdecken in einer Gesamtmächtigkeit von über tau-send Meter, einer Länge von mehreren hundert Kilometer und einer Breite von 50 und mehr Kilometer über das noch tief liegende Gebiet der alpinen Zentralmassive mehr oder weniger wagrecht allmählich bis an den jetzigen Nordrand der Alpen geschoben wurden.

Von älteren feinen Festländern her wurde dieses neue Festland durch eine Flora und Fauna besiedelt, die

sich bereits so hoch entwickelt hatten, daß alle Repräsentanten derselben mit den heute noch lebenden bereits im Klassen- und Ordnungs-Charakter, viele sogar im Familien- und Gattungs-Charakter übereinstimmten. Ja, wenigstens eine Pflanzenart, *Wellingtonia gigantea*, die kalifornische Riesentanne, hat sich aus jener Zeit bis heute erhalten.

Mit dem ersten Auftauchen über das Meeresniveau begann naturgemäß die Erosion des entstandenen und sich weiter erhebenden Festlandes.

Zwischen diesem neuen Bergland im Süden und dem Gebiet der heutigen Vogesen und des Schwarzwaldes im Norden und über einen großen Teil des heutigen Juragebietes hinweg erstreckte sich damals eine flache Mulde, die da und dort während eines Teiles der Eocaenzeit und des Anfanges der Oligocaenzeit mit seichten Seen erfüllt war. Auch in der späteren Oligocaenzeit war diese Mulde noch durch eine Niederung im Gebiet des mittleren Jura (zwischen den Linien Biel-Pruntrut im Westen und Olten-Basel im Osten) mit dem Gebiet der heutigen ober-rheinischen Tiefebene in Verbindung. Längs des südlichen Teiles dieser Mulde vom Ostende des heutigen Bodan und weiterher bis zum Ostende des jetzigen Lemman floß ein großer Strom, der die aus dem östlichen und südlichen Bergland erodierten Materialien als mächtige Kieffschichten ablagerte, die später zu Nagelfluh verkittet wurden. In der Folge ist diese Nagelfluh teils durch die weiter nordwärts vorgeschobenen Ueberfaltungsdecken zwischen dem heutigen Genfer- und Thunersee überdeckt, teils durch Erosion zu einzelnen Bergen wie Rigi, Roßberg, Speer etc. zerstückelt worden. Der feinere Sand und Schlamm wurde seitwärts in der übrigen Mulde angeschwemmt und nachträglich zu den Sandsteinen und Mergeln der Molasse verfestigt. —

Aus der großen Mächtigkeit dieser Ablagerungen folgt, daß während derselben die Molassemulde stetig im Betrage der Aufschüttung unter das Niveau der diese Materialien herbeischwemmenden Zuflüsse gesunken ist.

Die Zwischenlagerung von Meeresmolasse beweist, daß die Senkungen während derselben rascher stattgefunden haben als die Aufschüttung, so daß ein seichtes Meer den Talboden vorübergehend überfluten konnte. Indem die Flüsse ihr Einzugsgebiet unausgesetzt erodierten, wurde das Meeresbecken allmählig ausgefüllt; die hineingeschwemmten Materialien sind seither zu dem als Baustein hochgeschätzten Muschelsandstein und den sonstigen Gesteinen der helvetischen Meeresmolasse verkittet worden.

Während der Meeresüberflutung fand die Tiefland- und Ufer-Flora und Fauna der älteren Molassezeit Zuflucht in den nördlichen und südlichen Erosionsgebieten und konnte später von hier aus während der Ablagerung der oberen Süßwassermolasse die früheren Gebiete wieder besiedeln, freilich in einem etwas abweichenden, den seither veränderten Verhältnissen angepassten Formenbestand.

Am Ende der Ablagerung der Meeresmolasse konnten Gerölle von Buntsandstein aus den Vogesen oder dem Schwarzwald noch bis in das aargauische Molasseland verschwemmt werden. Zur Zeit der Ablagerung der Oberen Süßwassermolasse trennte bereits eine Wasserscheide, die sich in der Richtung der Vellerat-Kette südlich des heutigen Beckens von Delsberg, von da südlich des Matzendorfer Stierenberges über den Hauenstein und Brugg und über den Randen nach Schwaben hinzog, ein Gebiet mit aus dem Schwarzwald und den Vogesen stammenden Flußgeröllen vom südlichen Molasseland mit Geröllen und Sanden alpiner Herkunft.

In der Folge erreichte die Molasseablagerung wenigstens im südlichen Teil der Mulde eine Mächtigkeit von über 1000 Meter. Ebenso beträchtlich, oder weil die ins ferne Meer verschwemmten feineren Schlammteile und gelösten Stoffe dazu gechnet werden müssen, noch viel grösser, muss die gleichzeitige Abtragung der Vorläufer der Alpen gewesen sein.

Aus der Pliocaenzeit fehlt jede Spur von Ablage-

rungen auf der Nordseite der Alpen. Während dieser Zeit hat offenbar die Hauptaufstauung und Faltung des Jura und der Alpen und die Hebung der Zentralmassive samt ihren Überfaltungsdecken stattgefunden. Zugleich wurde der mittelschweizerische Talboden zu einem Hochland emporgehoben und dessen Südrand zu langen Antiklinalen aufgerichtet. Dadurch wurde das Gefälle der Gewässer verstärkt, so daß zugleich neuerdings eine beträchtliche Abtragung der Alpen, des Jura und des Molasselandes eintrat.

Diese kräftige Erosion hat seither durch die ganze Quartärperiode bis in deren letzte Episode, die Gegenwart, fortgedauert, jedoch mit der Modifikation, daß sich daran nicht nur Regen, Quellen und Flüsse, sondern mehrmals aus den Alpen weit auf und über das Molasseland vordringende Eismassen beteiligt haben. Die anderwärts in den Pliocaenschichten erhaltenen Pflanzenreste beweisen nämlich, dass das Klima der Schweiz inzwischen kühler geworden war. Jetzt konnten sich auf den Hochgebirgen Gletscher bilden. Damit begann die Eiszeit.

---

Wenn es in der Gegenwart keine Gletscher gäbe, an denen man die Gesetze ihrer Entstehung und Wirkung erfahrungsgemäß ermitteln kann, würden wahrscheinlich die erratischen Blöcke, die Moränen, die Gletscherschliffe und Rundhöckerformen der Alpen und ihres Vorlandes ein unlösbares Rätsel geblieben sein; denn keine menschliche Phantasie hätte zur theoretischen Rekonstruktion grosser Vergletscherungen ausgereicht. In der Tat hat zuerst ein Gemsjäger im Bagnetal namens Perraudin<sup>1)</sup> aus seinen

---

<sup>1)</sup> Nachträglich macht mich Herr Dr. Schumacher, Landesgeologe in Straßburg, auf eine Angabe, die ich hier bestens verdanke, aufmerksam, derzufolge schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts Wallmorainen der Niederterrassen-Periode bei Wesserling im Elsaß als solche d. h. als Ablagerungen früherer dortiger Gletscher erkannt

Beobachtungen an den heutigen Gletschern und dem Vorkommen erratischer Blöcke und Moränen und Gletscherschliffen weit über und ausserhalb derselben bis Martigny die Vermutung geäußert, die Gletscher müssen früher viel mächtiger und ausgedehnter gewesen sein, ja sich über Martigny hinaus erstreckt haben. Indem der wallisische Ingenieur Venetz diese Auffassung weiter verfolgte, kam er dazu, die Lehre einer früheren Eiszeit zum erstenmal im Jahre 1821 an der Jahresversammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Bern zu verkünden. Seither blieben die Gletscher und die Eiszeit ein ständiges Traktandum der Naturforscher, unter denen Agassiz und Charpentier weit hervorragten.

Im Jahre 1852 veröffentlichte Alfred Escher von der Linth die erste Übersichtskarte der schweizerischen Moränen und alten Gletschergebiete. Alphons Favre unternahm vom Jahre 1867 an mit zahlreichen Mitarbeitern in allen Kantonen eine genauere Feststellung der glacialen Ablagerungen. Im Kanton Freiburg bemühte sich um die Untersuchung der Moränen und erratischen Blöcke Professor Auguste Pahud; in seinem Eifer für die Sache, drohende Gefahr nicht achtend, hat er inmitten seiner Arbeit in der Sarine seinen vorzeitigen Tod gefunden. Ehre seinem Andenken!

Gegenüber den vielen Bekämpfern der neuen

---

worden sind. Ueber die Verhandlungen der außerordentlichen Versammlung der französischen geologischen Gesellschaft zu Porrentruy, 5. bis 12. September 1838, an der Agassiz seine Ansicht von der vollständigen Vergletscherung Europas vorgetragen hat, berichtet nämlich das Bulletin de la Société géologique de France, I. série, t. IX, 1837–1838, Paris 1838, p. 410: « Monsieur Leblanc confirme les résultats présentés par M. Agassiz » . . . . « et il ajoute, que la ressemblance de ces amas à des moraines est assez frappante pour que les propriétaires de Wesserling, Suisses d'origine, aient donné ce nom il y a quatrevingt ans à celui qu'on trouve à l'est de leur établissement ».

Lehre, unter denen namentlich Leopold von Buch anlässlich der von ihm oft besuchten Jahres-Versammlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft sich hervorgetan hat, war es schon ein Triumph der wissenschaftlichen Forschung, daß diese Lehre einer Vergletscherung des rings um die Alpen gelegenen Gebietes sowie der analogen Gebirge Europas und anderer Erdteile bald allgemeine Anerkennung gefunden hat.

Anfänglich war man zufrieden damit, von *einer* einheitlichen Eiszeit zu sprechen und schloß aus der Lagerung der Moränen und erratischen Blöcke auf den höchsten und tiefsten Formen des heutigen Landschaftsreliefs, die jetzigen Berge und Täler seien bereits vor dem Vordringen der Gletscher aus dem ursprünglichen Molasse-Hochland durch Erosion modelliert worden. Aber schon Guyot und Ramsay äußerten die Ansicht, die Gletscher seien nach einem Rückzug neuerdings vorgedrungen. Im Jahre 1869 vertrat ich die Annahme zweier Vergletscherungen, einerseits wegen der Überlagerung älteren Glacial-Schotter durch jüngere Moränen, andererseits wegen des vorgerückten Verwitterungszustandes der äußeren Moränen (der *dépôts éparpillés* Guyots) und später auch wegen der Zwischenlagerung erratischer Blöcke zwischen einem tieferen, verwitterten, älteren und einem höheren frischen jüngeren glacialen Schotter.

Allein diese Annahme zweier Vergletscherungen fand anfänglich den Beifall der damaligen ersten Autoritäten auf diesem Gebiete nicht. Sie wurde jedoch in der Folge dadurch überholt, daß Penk und Brückner im Vorland der Ostalpen drei verschiedene fluvioglaciale Schotter, jeden mit besonderer Verwitterungsschicht übereinander, als je in interglacialen Perioden verwitterte Bödeli dreier verschiedener Vergletscherungen unterscheiden konnten.

Die diesen östlichen, übereinanderliegenden Schottern entsprechenden Schotter der Schweiz hatten sich bisher der richtigen Deutung entzogen. Da sie hier nicht aufein-

ander, sondern auf verschieden hohen Erosionsflächen älterer Formationen zwischeneinander — die älteren Schotter auf höherem, die jüngeren auf tieferem Niveau — liegen, glaubte ich, sie als Ablagerungen der Schmelzwasser der beim Zurückweichen der größten Gletscher zuerst eisfrei werdenden Rücken der Berge betrachten zu müssen. Indem Du Pasquier sie mit den östlichen Schottern zu parallelisieren suchte, kam er zu der Annahme, daß auch in der Schweiz vor der größten Vergletscherung und vor der Erosion der Täler des Molasselandes und der Alpen ältere Vergletscherungen und deren Dauer entsprechende Schotterablagerungen (in den eisfreien Zwischenzeiten Erosionen des Molasselandes) stattgefunden haben. Daher unterschied man von nun an das Alter dieser Schotter nach ihrer Höhenlage und bezeichnete sie demgemäß als Deckenschotter, Hochterrasse und Niederterrasse.

Gutzwiller erkannte dann, daß im Rheintale bei Basel und von dort aufwärts ein höherer älterer und ein tiefer jüngerer Deckenschotter zu unterscheiden seien, daß also nicht nur eine dreimalige, sondern eine viermalige Vergletscherung der Schweiz angenommen werden müsse.

Ich konnte die Unterscheidung zweier Deckenschotter im Jahre 1896 an den bezüglichen Verhältnissen im Aargau, dem Gebiete der mannigfaltigsten und größten Entwicklung der eiszeitlichen Ablagerungen, bestätigen. In konsequenter Anwendung der herrschenden Lehrmeinung, wonach jedem Schotter von bestimmter Höhenlage eine besondere Vergletscherung entsprechen soll, mußte ich die Hypothese einer fünffachen Vergletscherung der Schweiz aussprechen. Damit ist gesagt, daß die Entstehung des Hochterrassenschotters im strengen Sinne des Wortes (d. h. der Schotter, die in der Regel nur bis 70 m, ausnahmsweise 120-140 Meter über dem Niveau der benachbarten Flüsse aufgeschüttet wird) einer anderen, älteren Periode mit anderen Umständen zugeschrieben werden muß als die Ablagerung der Moränen und erratischen Blöcke der

größten Vergletscherung auf den Erosionsflächen aller älteren Formationen und Schotter, die wir im Aargau sowohl bis zur Höhe von 350—450 Meter über der Talsole und auf dieser selbst finden.

Seither ist nicht nur das Studium der glacialen Bildungen bedeutend gefördert worden, sondern man hat auch versucht, die erodierende Wirkung der Gletscher auf ihre Unterlage in dem von ihnen bedeckten Gebiet, überhaupt alle, besonders auch die klimatischen Verhältnisse und den Bestand der Flora und Fauna in den Zeiten während und zwischen den Vergletscherungen festzustellen. Dabei wird es besonders nötig sein, die älteren Angaben über organische Reste in eiszeitlichen Ablagerungen, die noch nicht auseinander gehalten worden waren, zu überprüfen und überhaupt alle Ablagerungen aller Gletschergebiete, soweit sie unterschieden werden können, genauer als bisher auseinander zu halten und zu kartieren.

---

Setzen wir voraus, seit der Aufstauung der Alpen und des Jura in der Pliocaenzeit habe keine erheblich höhere Aufstauung mehr stattgefunden, so beweist das Fehlen oder doch die Seltenheit von Gesteinen der tiefer gelegenen Formationen der Alpen im älteren Deckenschotter, daß die Alpen beim Beginn der Eiszeit bedeutend weniger erodiert also höher gewesen sein müssen als heute. Zum gleichen Schluß führt die Betrachtung, daß alle alpinen Materialien der Moränen und Schotter, die heute in den Vorlanden der Alpen ausgebreitet und die noch größere Masse des feinen Schlammes und der gelösten Stoffe, die durch die Flüsse der Eiszeit ins Meer getragen worden sind, an ihre frühere Lagerstätte in den Alpen zurückversetzt, diese wesentlich erhöhen würden. Auch der Bau selbst der höchsten Gipfel der Alpen, der Jungfrau, des Matterhorns und des Montblanc beweist, daß sie und ihre Umgebung weit und breit früher viel, sagen wir 1000 und mehr Meter höher gewesen sind als heute.

Die Täler der Alpen und des Molasselandes bestanden also vor der ersten Vergletscherung und vor der Bildung des Deckenschotters noch nicht, resp. sie waren nicht so tief wie heute. Die Auflagerungsfläche des älteren Deckenschotters bezeichnet das Niveau der tiefsten Stellen der damaligen mittelschweizerischen Hochebene. Von da aus müssen wir die Talsole der damaligen Flüsse mit entsprechendem Gefälle alpenaufwärts verlängert denken.

Wenn also die Sole des älteren Deckenschotters auf dem Siggisberg unterhalb Baden 570 m, auf dem Heitersberg oberhalb Baden 610 m, und auf dem Uetliberg 800 m über Meer, also 240 resp. 450 m über der heutigen Talsole liegt, hat während der ersten Vergletscherung an Stelle des Zürichersees noch ein Hochplateau von der Höhe des Albiskammes bestanden und muß die Sole des Linttales in den Alpen mindestens 600 m höher gelegen haben als heute. Schon damals wie später war die Gegend der heutigen Mündung der Aare in den Rhein und von da abwärts das tiefste Gebiet der Nordschweiz dem sowohl die Gletscher als die Flüsse zuströmten. Im Osten ragten die Lägern, im Westen die höheren Gipfel des Jura darüber empor.

Der Uetliberg ist die von den Alpen entfernteste Stelle der Schweiz, wo Moräne mit älterem Deckenschotter wechsellagert. Außerdem beweisen gekritzte Gerölle, die mein Freund Ausfeld sel. zuerst im Deckenschotter auf den „Hohen Felsen“ bei Kulm gefunden hat, die Nähe der damaligen Gletscher. Also haben sich die Gletscher zu jener Zeit etwa bis zum Uetliberg und bis zu den Höhen bei Kulm erstreckt, während sie sich bei der letzten Vergletscherung im Limmattal 15 km weiter und 430 m tiefer bis Killwangen, und im Winental 3 km weniger weit, und 200 m tiefer, bloß bis Zezwil ausgedehnt haben.

Der ältere Deckenschotter hat bei Baden eine Mächtigkeit von 50 m., das mag einer mittleren Abtragung der Alpen in mehr als doppeltem Betrage entsprechen.

Die Sole des in der zweiten Eiszeit aufgeschütteten zweiten, jüngeren, tieferen Deckenschotters liegt am Bruggerberg 440 m, im Teufelskeller bei Baden 490 m über Meer, also ca. 120—130 m unter der Sole des älteren Deckenschotters, aber immer noch 100—130 m über der jetzigen Talsole. Daraus folgt, daß in der Zeit zwischen der Ablagerung der beiden Deckenschotter an den betreffenden Stellen und in mehr als  $\frac{9}{10}$  des alpinen Vorlandes nicht nur der ältere Deckenschotter wieder abgetragen, sondern auch die Oberfläche des darunter liegenden Molasselandes durch Erosion um 120—130 m vertieft worden ist; also ist das Vorland im Ganzen um 170 bis 180 m abgetragen worden. Diese beträchtliche Abtragung war nur möglich, wenn zu dieser Zeit die Verwitterungsprodukte der Alpen, die Trümmerhalden und Bergsturzmassen nicht innert kurzer Frist durch Gletscher ins Mittelland verfrachtet werden konnten, mit anderen Worten, wenn damals die Gletscher sich ganz ins Innere der Alpen zurückgezogen hatten, oder ganz verschwunden waren, also während einer Interglacialzeit.

Die Ablagerung des jüngeren Deckenschotters wird als die Folge eines neuen Vorstoßes der Gletscher betrachtet, als ein Schotter, der außerhalb und unterhalb des Gletscherrandes durch dessen Schmelzwasser verfrachtet worden ist. Seine Mächtigkeit beträgt am Bruggerberg ca. 70 m. Da aus damaliger Zeit in der Schweiz keine Moränen bekannt sind, die auf die unmittelbare Gegenwart des Gletschers hinweisen würden, kann über die Ausdehnung dieses Gletschers nur gesagt werden, daß sie innerhalb des heutigen Vorkommens des jüngeren Deckenschotters geblieben und geringer gewesen ist, als die der ersten Vergletscherung. Die Alpen sind zugleich um den Betrag der von den Gletschern weggeführten Verwitterungsprodukte erniedrigt worden.

Nachher müssen sich die Gletscher neuerdings in die Alpen zurückgezogen haben oder ganz verschwunden

sein. Denn es folgte eine neue lange Periode der Erosion, während der nicht nur der weitaus größte Teil des jüngeren Deckenschotter wieder ausgewachsen, sondern auch die Unterlage der älteren verfestigten Gesteinsmassen im Aargau bis auf, vielleicht sogar unter das Niveau der heutigen Talsole, also um 100—130 m vertieft wurde. Die gesamte Vertiefung von der Oberkante des jüngeren Deckenschotter an abwärts beträgt also in der Gegend von Brugg 170—210 Meter. In entsprechendem Betrage wird auch das gesamte Alpengebiet und der Jura neuerdings erodiert worden sein.

Auf die neue Denudationsfläche wurde während einer späteren Periode, resp. während der dritten Vergletscherung der Hochterrassenschotter in der Umgegend von Brugg in einer Mächtigkeit von 120 bis 140 m abgelagert. Sein Innenrand liegt weit innerhalb der äußeren Wallmoränen der letzten Vergletscherung im Lintgebiet östlich von Wetzikon, im Reußgebiet südlich Bremgarten und Baar, im Aaregebiet östlich Spiez und im Rhonegebiet nach Dr. B. Aeberhardt weit südlich von Freiburg. Er bezeichnet das Maximum der möglichen Ausdehnung des dritten oder Hochterrassengletschers. Da der Hochterrasse des Rhonegletschergebietes im Kanton Aargau, Solothurn, Bern und Freiburg wallisische Gerölle gänzlich fehlen, dürfte man die betreffenden Schotter mit Dr. Aeberhardt wohl eher als bloß fluviale Bildung, denn (der gewöhnlichen Auffassung gemäß) als fluvioglaciale Ablagerung der größten Vergletscherung ansehen.

Wahrscheinlich gehören die verkitteten Schotter der Baarburg, des Lorzetobels, der Sihlschlucht und des Altschloß bei Wädenswil dieser Stufe an.

Aus der Überlagerung erodierter verkitteter und zum Teil verwitterter Hochterrasse durch erratische Blöcke und Moränen im aufschlußreichen Aargau folgt, daß wir die dritte Vergletscherung von einer späteren, vierten unterscheiden müssen, in der die Gletscher der Nordschweiz

nicht nur die ganze mittelschweizerische Hochfläche überdeckt und deren Täler ganz ausgefüllt haben, sondern über den westlichen Jura bis in die Nähe von Besançon und über den nördlichen Jura bis über Basel hinaus vorge drungen sind. Hier mögen sie sich mit den Gletschern der Vogesen und des Schwarzwaldes vereinigt haben. Im Osten erstreckten sie sich bis nördlich von München und in die Nähe von Graz. Gleichzeitig drang aus dem Norden eine zusammenhängende Eisdecke bis über Rotterdam, Erfurt und Krakau, blieb aber durch eine ca. 300 Kilometer breite eisfreie Zone vom alpinen Gletscher gebiet getrennt.

Der Rhonegletscher wurde damals am südwestlichen Jura hoch aufgestaut und sandte einen Teil seiner Masse bis über Lyon, während der grössere Teil das ganze Gebiet zwischen dem Jura und dem Napf und den nördlich des Kettenjura gelegenen Tafeljura bis ca. 5 Km. westlich der Mündung der Aare in den Rhein überdeckte und hier mit dem Reuß-, Linth- und Rheingletscher zusammenstieß. Denn der Kies auf dem Oedenholz, der keineswegs, wie Brückner glaubt, von höheren Altmoränen, die hier fehlen, abgeschwemmt sein kann, enthält keine wallisischen Gesteine, wohl aber Windgellenporphyr und Sernifite.

Freiburg war damals unter 800 m, Biel 850 m, Olten 500 m, das Rheintal bei Kaiseraugst noch unter 360 m hohen, Luzern und Zug unter 1000 m hohen Eismassen begraben.

Die Schneegrenze lag ca. 1200 m tiefer als heute und es ragten nur die höchsten Kämme des Jura, z. B. der Weißenstein, die Lägern und diejenigen Teile der Alpen als lokale Zufluchtsstätten der Flora aus dem Eise hervor, die durch ihre jetzt noch scharfkantigen Formen zum Unterschied von den mit Gletscherschrammen versehenen Rundhöckerformen der tieferen Gehänge beweisen, daß sie von der abschleifenden Gewalt der Gletscher nicht betroffen worden sind.

Die größte Ausdehnung der Gletscher ist weder im Jura noch nördlich von Basel durch wallförmige Endmoränen, sondern nur durch zerstreute erratische Blöcke und Grundmoränen angedeutet. Das beweist, daß die Gletscher diese Ausdehnung nur relativ kurze Zeit eingenommen haben. Auch im Rückzugsgebiet ist höchstens bei Möhlin die Andeutung eines Moränenwalles erkennbar<sup>1)</sup>. Also muss sich auch der Rückzug der Gletscher ziemlich rasch und gleichmäßig vollzogen haben.

Über den Betrag dieses Rückzuges widersprechen sich die wenigen Befunde und deren Deutungen. In der Höttingerbrekzie, am Südrhang der nördlich Innsbruck gelegenen Berge, hat man z. B. Überreste einer Flora gefunden, deren meiste Arten mit den heute in dieser Gegend lebenden übereinstimmen. Nur zwei: *Buxus sempervirens* und *Rhododendron ponticum* kommen dort nicht mehr vor. Hierauf gestützt und indem man in Abweichung von früheren vielleicht richtigeren Deutungen die Ablagerung der Brekzie der Zeit nach dem Rückzug der großen Gletscher zuschrieb, glaubte man schließen zu müssen, damals habe

---

<sup>1)</sup> Der flache, niedere, vom Nordhang des Zeiningerberges aus vorspringende Hügel kann nicht, wie es in Peuk und Brückners großem und verdienstvollen Werk « Die Alpen im Eiszeitalter » p. 486 geschieht, als Endmoraine der größten Vergletscherung angesehen werden; er ragt kaum um einen Fünftel der Talweite ins Rheintal vor und läßt nur Grundmoränenmaterial erkennen. In den wenig nördlich dieses Hügels gelegenen bis 10 Meter tiefen Eisenbahneinschnitten kam kein Moränenmaterial zum Vorschein. Kaum 10 km südwestlich davon fand ich am Nordhang des 656 Meter hohen Schwarzwald nordwestlich Sissach einen erratischen Block des Rhonegebietes ca. 250 Meter höher als der höchste Punkt des Hügels resp. 360 Meter höher als der Rheinspiegel bei Möhlin. Also muß der Gletscher im dortigen Rheintal mindestens noch 360 Meter mächtig gewesen sein. — Die Angabe p. 493 desselben Werkes, eine Rückzugsmoraine ziehe sich westlich der Aare von Mandach nach Schlatt und östlich über das Hochterrassenfeld von Tegerfelden, ist ganz unrichtig. Die von C. Moesch als erratisch bezeichneten Blöcke bei der Mandacher Mühle sind aus der Nähe abgestürzte Blöcke diluvialer Nagelfluh.

in jener Gegend ein erheblich wärmeres Klima selbst als heute geherrscht, die Gletscher seien also noch weiter zurückgewichen als heute. Allein dieser Schluß ist trügerisch. Der Buchsbaum deutet keineswegs auf ein wärmeres Klima, kommt er doch im Buchsgau an den südlichen Gehängen gerade des Teils des Jura am häufigsten vor, wo einzig der Weinbau nicht gedeiht. *Rhododendron ponticum* kann aber gar wohl in ähnlicher Weise an jene vor dem Nordwind geschützte Stelle, die der Mittagssonne und der Föhnstrasse des Brennerpasses gegenüber liegt, gelangt sein, wie verschiedene südliche Pflanzen an die Föhnstraßen im Innern der Schweizeralpen.

Außerdem widersprechen die Schnecken des interglacialen Lösses der Annahme eines warmen Klimas zu jener Zeit. Löss findet sich bei uns nur außerhalb der von den letzten Gletschern bedeckten Gebiete. Er ist also sicher erst in der letzten interglazialen Periode nach der größten, aber vor oder während des Anfanges der letzten Vergletscherung abgesetzt worden.

Gegenüber der Annahme, es sei von den Fluten angeschwemmter Schlamm, hat sich die von mir wegen seines Vorkommens über dem Niveau der möglichen höchsten Überschwemmungsgebiete in Uebereinstimmung mit Richt-hofen von jeher festgehaltene Vermutung bestätigt, er sei die Ablagerung einer aeolischen Deflation von Verwitterungsboden.

Darin hat man 32 Arten Schnecken gefunden; davon sind 14 heute noch in diesen Gegenden häufig, andere dagegen sind selten und lieben höhere kühlere Gegenden, so gerade *Succinea oblonga*, die häufigste Lössschnecke, die jetzt nur bei Petersburg in analoger Häufigkeit verbreitet ist; drei Arten kommen jetzt nur noch in arktischen und alpinen Gebieten vor. Außerdem spricht auch die Flora der interglacialen Schieferkohlen nicht für ein wärmeres Klima als heute. Ferner beweist die Tatsache, daß die sehr weichen, lehmigen Grundmoränen der größten

Gletscher im Reußtal unterhalb Mülligen, im Aaretal bei Beznau, im Rheintal bei Wallbach seither noch nicht erodiert worden sind, gegen eine lange Interglacialzeit. Der größten Vergletscherung mag also die fünfte, letzte, bald gefolgt sein.

Die zum Teil wahre Amphitheater bildenden mächtigen Wallmoränen des Rhonegletschers bei Wangen an der Aare, des Aaregletschers bei Bern, des Reußgletschers bei Wauwil, Staffelbach, Zezwil, Seon, Mellingen, des Lint- und Rheingletschers bei Killwangen, Bülach und Schaffhausen deuten einen langen Stillstand während der größten Ausdehnung der 5ten, jüngsten Vergletscherung an. In allen Rückzugsgebieten derselben lassen sich in ziemlich übereinstimmenden Abständen Moränenwälle erkennen als Zeichen ebenso vieler Stillstände oder auch vorübergehender Vorrückungen der nach und nach auf ihr heutiges Gebiet zurückgehenden Gletscher. So erkennen wir im aargauischen Seetal die aus mehreren Wällen bestehende Endmoräne bei Seon; 4 Kilometer rückwärts den Moränenwall am Nordende des Hallwilersees; noch 12 Kilometer südlicher einen Moränenwall am Nordende des Baldeggersees. Noch südlicher verzeichnet Brückner 5 kleinere Wälle am Ende und im Becken des Vierwaldstättersees, und endlich kommt in allen Tälern im Innern der Alpen je ca. 10—20 km vom Rande der heutigen Gletscher entfernt noch mindestens je ein deutlicher Wall vor; der Lungenstutz im Madaranertal dürfte von diesen Wällen am bekanntesten sein.

Diesen Wällen des Reußgebietes entsprechen im Gebiet des Lintgletschers die Moränen bei Killwangen, Schlieren, Zürich, im oberen Zürichsee zwischen Rapperswil und Hurden und im Sernftal bei Steinibach. — Aus der verwischten Form der zweitäußersten Wälle, z. B. am Nordende des Hallwilersees und aus der Überlagerung des Innenrandes der Niederterrasse, d. h. der durch die Schmelzwasser der letzten Vergletscherung in den Erosionsrinnen der Hochterrasse und der älteren Formationen bis 35 m

über den Spiegel der heutigen Flüsse abgelagerten Schotter habe ich auf einen vorübergehenden Vorstoß der Gletscher nach der Ablagerung der zweiten Wälle geschlossen.

Ohne Zweifel trug in der letzten Eiszeit auch der höhere westliche Jura lokale Gletscher. In der Nähe von Aarau findet man am Südabhang des Jura eine Ablagerung, die nur als lokale Schneehaldenmoräne zu deuten ist.

Die Südgrenze der gleichzeitigen nordischen Gletscher lag wenig nördlich Berlin, das eisfreie Feld zwischen ihnen und den Alpengletschern war also mindestens 540 km breit.

Entsprechend dem Rückzug der Gletscher stieg stufenweise auch die Schneegrenze auf die jetzigen Höhen zurück und begannen die Flüsse die eisfreigewordenen Randseen der Alpen mit Schotter und Schlamm, den Erosionsprodukten der Berge, zu füllen.

Nachdem schon am Ende der zweiten Interglacialzeit die Täler wenigstens im mittelschweizerischen Hügelland auf ihre jetzige Tiefe ausgewaschen waren, hat seither trotz der Weichheit der Molasse und der Lockerheit des Hochterrassenschotters und trotz der gewaltigen Mächtigkeit der großen Gletscher der vorletzten und letzten Eiszeit keine erhebliche Vertiefung, ja im Gebiet des Hochterrassenschotters nicht einmal eine Ausspülung oder Ausschürfung bis auf die frühere Talbreite stattgefunden.

Das und manches andere, worüber ich hier hinweggehen muß, scheint zwar gegen die in neuerer Zeit wieder kräftig verfochtene Annahme Ramsay's und Tyndall's zuzusprechen, die Vertiefung der Alpentäler und der Randsee-Becken sei der Wirkung der Gletscher zuzuschreiben. Doch macht anderseits der Umstand, daß in Gebieten vorzeitlicher Vergletscherung in anderen Erdteilen Seen analoger Art gerade innerhalb der Wallmoränen gelegen sind, diese Annahme höchst wahrscheinlich.

Die Erosion der Niederterrasse durch die in den Seen von Schotter entlasteten Flüsse hat seither erst in den unteren Talgebieten eine terrassenförmige Gestaltung der

Talsole zu bewirken vermocht. Sonst hat sich die Bodengestaltung, wie sie durch die letzte Vergletscherung gebildet worden ist, ziemlich unverändert erhalten.

Waren die Randseen am Schluss der Erosion der Molassetäler vor der Zeit der Hochterrassenbildung noch nicht vorhanden, so lagen die Alpentäler um den Betrag eines den Seelängen entsprechenden Gefälles der Talsole höher als jetzt. Wer annimmt, die letzte Interglacialzeit habe lange gedauert, kann der Folgerung nicht ausweichen, ihr, und nicht den Gletschern die seitherige Erosion der sog. Taltröge der Alpentäler zuzuschreiben. Dafür spricht außer anderen Gründen noch die Tatsache, daß gemäß einer Mitteilung des Herrn F. A. Forel in den Rückzugsgebieten der heutigen Gletscher keine analogen Ueber-tiefungen sichtbar geworden sind, nicht einmal beim Rhonegletscher trotz seines Steilabfalls von 450 m. Sicher sind seinerzeit nicht bloß diese Taltröge, sondern die ganzen Täler, so weit ihre Abhänge Rundhöckerform haben, mit Gletschern erfüllt gewesen. So war gewiß das Lauterbrunnental bei Mürren bis 1900 m über Meer gleich 1100 m über der Talsole und in einer oberen Breite von 5 km mit Eis erfüllt, nicht bloß bis zur Höhe des Taltroges 700 m über der Talsole in einer Breite von bloß 1200 m. Warum soll da nur ein so enger Taltrog ausgeschürft worden sein?

---

Sowohl bei geologischen Prozessen als bei der Umgestaltung und den Wanderungen der Pflanzen und Tiere spielt die Zeit eine wichtige Rolle. Zur Bemessung derselben benutzen wir die Dauer eines Denudationsmeters, das ist die Zeildauer, in der ein Gebiet durch Erosion im Mittel um einen Meter abgetragen wird.

Von A. Heim sen. ist aus dem Betrag der Ablagerungen im Vierwaldstättersee ermittelt worden, daß das Reußgebiet durchschnittlich in 4140, sagen wir rund 4000 Jahren je um einen Meter abgetragen wird und daß seit

der Ablagerung der Quermoräne im Grund der Vierwaldstättersee bei Kindlismord ca. 16000 Jahre vergangen sein müssen. Also sind wohl seit dem Beginn des Rückzuges der letzten Vergletscherung von den äußersten Wallmoränen ca. 30,000 Jahre verflossen. Außerdem hat die Ablagerung des 35 m mächtigen Schotters der Niederterrasse, der eine mittlere Abtragung der Alpen im doppelten Betrag entsprechen mag, die Zeit von 70 Deundationsmeter also 4,000 mal 70 oder 280,000 Jahre erfordert. Wenn wir also die zum Vorstoß der Gletscher nötige Zeit nicht einmal berücksichtigen, so müssen wir schliessen, die letzte Vergletscherung habe ca. 310,000 also mindestens rund 300,000 Jahre gedauert. In den vorausgegangenen Interglacialzeiten ist die Molasse der Mittelschweiz in den Talgebieten durchschnittlich ca. 250 m erniedrigt worden, wozu noch die Erosion des älteren und jüngeren Deckenschotters und des Hochterrassenschotters im Gesamtbetrag von zirka 240 m zu rechnen ist. Bringen wir als Mittel der Abtragung nur 250 m in Rechnung, so ergibt sich, daß die zwei ersten interglacialen Zeiten zusammen mindestens 1 Million und die 5 Vergletscherungen, von denen zwar die drei älteren, der größeren Mächtigkeit ihrer Schotter gemäß, länger gedauert haben müssen als die zwei letzten, zusammen mindestens fünfmal 300,000 oder  $1\frac{1}{2}$  Millionen Jahre, die ganze Eiszeit also mindestens  $2\frac{1}{2}$  Millionen Jahre gedauert haben muß.

Mindestens ebenso lang mag die vorangegangene Pliocaenzeit mit der Aufstauung der Alpen, mindestens zehnmal so lang die noch ältere Miocaen- und Oligocaenzeit mit der Ablagerung der Molasse und der Ueberschiebung der alpinen Ueberfaltungsdecken gedauert haben. Diese Zeiten sind nicht zu lange, um die seit der Eocaenzeit eingetretenen Entwicklungen und Wanderungen der Flora und Fauna zu erklären.

---

Die erste Besiedelung des zentraleuropäischen Festlandes mit Pflanzen und Tieren wird mit dessen Entstehung, also im Nordosten der Schweiz während der Kreideperiode, im westlichen Jura im Anfang und in den Alpen am Ende der Eocaenzeit stattgefunden haben. Die Pflanzen der Oligocaenzeit weisen auf ein subtropisches, die der oberen Miocaenschichten auf ein etwas kühleres mediterranes Klima. Als zur Pliocaenzeit die Alpen eine die heutige um mehr als 1000 m übertreffende Höhe erreichten und bereits lokale Gletscher trugen, müssen analoge Zonen des Pflanzenwuchses daran ausgebildet gewesen sein wie die, die wir antreffen, wenn wir etwa heute von Genua aus zu den höchsten Alpengipfeln aufsteigen. Das war die Zeit, in der die entsprechenden Floren bis und mit der nivalen Flora sich zum erstenmale von entlegenen hohen Gebirgen einwandernd oder aus früheren Floren wärmerer Zonen sich entwickelnd hier angesiedelt haben. Durch die folgenden Vergletscherungen sind zwar die Pflanzen und Tiere jeweilen in den weiteren Umkreis der Alpen verdrängt worden. Von dort werden in den Interglacialzeiten jeweilen vorwiegend einem abnehmend kühleren Klima angepasste Arten in die eisfreien Gebiete zurückgewandert, die größere Wärme erfordernden Typen des Pliocaens, die Löwen, Rhinocerosse etc. in ihren südlicheren Wohngebieten verblieben sein. Obschon also in der vorletzten Eiszeit ein gewaltiger Panzer von Gletschern und Schneefeldern das Pflanzen- und Tierleben in der Schweiz fast ganz ausschloß, und wir den Anfang der heutigen Besiedelung des größten Teiles der Schweiz der folgenden Interglacialzeit zuschreiben müssen, müssen wir doch die Entwicklung und Herkunft der Flora und Fauna von weit früheren Perioden ableiten. Denn die seitherige Flora und Fauna war zur Zeit der größten Vergletscherung in deren Umkreis, ja sogar in einem Teil des Schweizer Jura schon vorhanden und bereit, von den allmählig eisfrei werdenden Gefilden sofort Besitz zu ergreifen.

So folgten der zurückweichenden nordischen Eiskappe aus dem bisherigen Wohngebiet in der Zone zwischen München und Erfurt die seitherigen nordischen Pflanzen und Tiere, und aus derselben Zone den Alpengletschern die alpine Flora und Fauna. Die Wälder kehrten aus ihren entfernteren Zufluchtsstätten mit einem geringeren Artenbestand als früher hieher zurück.

Diese Hin- und Herwanderungen mögen sich auf weite Fernen erstreckt haben und boten so der Mischung der Arten verschiedenster Herkunft reiche Gelegenheit. Sie wiederholten sich anlässlich der letzten Vergletscherung, während deren direkt um den Eismantel auch in der Ebene eine alpine Flora lebte. Nur von alpinen Pflanzen, z. B. *Dryas octopetala*, *Salix reticulata*, *Rhododendron ferrugineum* und auch von einer jetzt arktischen *Salix polaris* hat man Blätter in den Schlammablagerungen innerhalb der äußeren Wallmoränen gefunden. Zu St. Jakob bei Basel in einer direkten Entfernung von 30 km außerhalb der damaligen Stirn des Rhone-Gletscher fand J. B. Greppin jedoch in einer mergeligen Schicht der Niederterrasse Reste von Tieren und Pflanzen der jetzigen Bergregionen. Die Wälder werden also damals wie heute nicht weit vom Eisrand entfernt gewesen sein.

Wenn vielleicht in 50 Jahren neuerdings eine Diskussion über die Herkunft unserer Lebewelt im Schoße unserer Gesellschaft angeordnet wird, wird vielleicht der Geologe, gestützt auf die Arbeiten von tausend anderen Forschern, den Botanikern und Zoologen sagen können, was heute noch nicht genügend bekannt ist, wo die Festländer lagen, aus denen die ersten dem Luftleben angepassten Organismen in das cretazische und tertiäre zentral-europäische Festland eingewandert sind, wohin sich die Lebewesen zur Zeit der Vergletscherungen geflüchtet, was für Überreste sie dort in günstigen Ablagerungen zurückgelassen haben und auf welchem Wege sie wieder einwandern konnten.

---

Vom Klima während der großen Vergletscherungen können wir uns heute eine recht lebhaft, auf eigene Erfahrung gestützte Vorstellung machen, wenn wir hören einerseits, daß eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um  $4^{\circ}$  C. genügen würde, um die Gletscher so weit wie bei der letzten Vergletscherung vordringen zu lassen, und andererseits, daß gerade die erste Hälfte des Monats Juli 1907, an dessen Ende ich meine Darlegungen vorzutragen die Ehre habe, in den höheren Lagen des nordalpinen Gebietes sich durch eine um ca.  $4^{\circ}$  C. unter dem Mittel dieser Jahreszeit liegende Temperatur ausgezeichnet hat. Da jedoch gemäß den gefälligen Mitteilungen des Herrn Dr. Maurer, Vorsteher der eidg. meteorolog. Zentralanstalt in Zürich, gleichzeitig anderwärts, schon im Tessin, Temperaturüberschuß herrschte, können wir das nicht als Anfang einer neuen Eiszeit betrachten. Denn die neuestens von verschiedenen Forschern ermittelte Übereinstimmung der glacialen Ablagerungen in anderen Erdteilen auch auf der südlichen Halbkugel (Kilimandscharo, tropisches und gemäßigtes Südamerika) mit denen Europas beweist, daß die Eiszeit mit ihren wichtigsten Phasen auf der ganzen Erde gleichzeitig, also nicht durch lokale, sondern durch kosmische Ursachen bedingt war. Wir werden also erst dann die Ursachen der Eiszeit mit ihren Temperaturschwankungen kennen und die Möglichkeit der Wiederkehr großer Vergletscherungen beurteilen lernen, wenn wir wissen werden, durch welche Umstände die riesige Wärmestrahlung der Sonne und deren Schwankungen durch Aeonen bedingt werden.

---