

# Weitere Gesichtspunkte zur Beurteilung der Dryasflora.

Von

H. BROCKMANN-JEROSCH (Zürich).

(Als Manuskript eingegangen den 23. Juni 1918.)

Eine eingehende Beurteilung von wissenschaftlichen Hypothesen verlangt wohl immer, dass diese im Rahmen der Kenntnisse und Anschauungen der Zeit ihrer Entstehung betrachtet werden. Nur so vermag man ihren Wert zu erkennen und ihren Urhebern gerecht zu werden. Auch zum Verständnis derjenigen Hypothese, die eine so grosse Bedeutung für die Entwicklung der Anschauungen über das Klima, die Ursachen und die Vegetation der Eiszeit gehabt hat und die auf Grund der Dryasflora aufgestellt wurde, sind einige historische Rückblicke nötig.

Es ist bekannt, dass in der Schweiz verhältnismässig recht frühe das wirkliche Wesen der Eiszeit erkannt worden ist. Schon vor bald 100 Jahren, im Jahre 1824, hat nämlich der schweizerische Ingenieur Venetz in der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft die erratischen Blöcke des Schweizer Mittellandes und selbst diejenigen im Norden Deutschlands auf eine ehemalige grosse Vereisung zurückgeführt. Venetz fand zwar noch recht wenig Beachtung und sein Vortrag wurde erst zwölf Jahre später publiziert.

Mehr Eindruck machte ein anderer Vertreter der gleichen Hypothese, Agassiz. Er förderte die Kenntnisse der Glazialgeologie in reichem Masse, aber andererseits hat er ihrem Ansehen sehr geschadet. Agassiz gehörte noch zu Cuviers Schule und demnach war für ihn die Eiszeit eine plötzlich eingetretene Katastrophe. Unmittelbar vor der Erhebung der Alpen bedeckte sich die Erde mit einer ungeheuren Eiskruste, deren Grenze durch die erratischen Blöcke angegeben ist. Als die Alpen gehoben wurden, schmolz das Eis und es entstanden da grosse Erosionstäler, wo am Grunde der Spalten die Ströme schmelzenden Eises zwischen ihren gefrorenen Wänden dahinflossen: die heutigen Alpentäler.

Die Verknüpfung der Katastrophentheorie mit der Eiszeittheorie wurde ein grosser Hemmschuh für die Entwicklung der Glazialogie. Die neuere Schule der Geologen, die Aktuellisten, stand ihr fremd gegenüber und Lyell, Leopold von Buch, Darwin u. a. suchten ohne Eiszeit die diluvialen Ablagerungen zu erklären. Die alte Volksmeinung führte die eiszeitlichen Ablagerungen auf grosse Fluten, auf die Sintflut zurück. In ähnlicher Weise wollte man von wissenschaftlicher Seite die glazialen Erscheinungen durch die Drift von Eisbergen im Meereswasser deuten. Die bedeutendsten damaligen Vertreter der Wissenschaft bekannten sich zur Drifttheorie, die Glazialtheorie hatte nur wenig Anhänger und entwickelte sich nur langsam.

Es ist uns heute nur schwer verständlich, wie die Drifttheorie bis etwa 1875 herrschend sein konnte. Der Grund liegt nicht nur darin, dass die Glazialogie die diluvialen Erscheinungen noch nicht restlos erklären konnte, sondern ganz besonders in palaeontologischen Tatsachen und deren Deutung. Schon der erste wissenschaftliche Interpretator der diluvialen Erscheinungen, der Schweizer Venetz, griff, um ein Beispiel für die diluvialen Verhältnisse zu geben, zu den heutigen Alpen. Gerade so, wie die heutigen Gletscher in den Alpen beinahe nur mit der Kälte in Zusammenhang gebracht werden, so sollte das Diluvium in entsprechender Weise kälter gewesen sein als die Gegenwart. Ebenso sah Agassiz eine ungeheure Kälte als die Ursache der diluvialen Vergletscherung an.

Gegen diese Ansicht sprach die Palaeontologie. Lyell machte geltend, dass  $\frac{9}{10}$  der diluvialen marinen Muscheln heute noch in der gleichen Gegend lebenden Arten angehören. In Europa hätten, so machte er geltend, viele Testaceen und einige Säuger das Diluvium überlebt. Die Kälte könne also nicht so intensiv gewesen sein, dass sie alles tierische Leben vernichtet hätte, wie die damaligen Glazialisten annahmen. Die diluvialen Dickhäuter waren von den Palaeontologen als die Vertreter eines milden, warmen Klimas gedeutet worden, das eine Fortsetzung des Tertiärs sein sollte. Die Glazialisten wollten nun aber während des Diluviums ein kaltes Klima haben und kamen dadurch wiederum mit der Palaeontologie in Konflikt. Darwin brachte von seiner Reise nach Südamerika die Ansicht nach Hause mit, das eine Fauna von Dickhäutern mit einer Vergletscherung zusammen gehen könne, sobald das Klima sich durch grosse Niederschläge auszeichne. Damit war Darwin der erste, der die Folgerung auf ein feuchtes, mildes Klima während des Diluviums, wie sie selbständig von den Palaeontologen auf Grund der Tierfunde gemacht worden war, mit einer Vereisung, wie sie die Glazialisten bewiesen haben wollten, in Ein-

klang brachte. Die Glazialisten beharrten aber auf ihrer Hypothese der Entstehung der Eiszeit durch eine Kälteperiode und damit blieben die Palaeontologen ihrerseits Anhänger der Drifttheorie. So kam es, dass diese bis 1875 die Schulansicht geblieben ist.

Die Gedankenverknüpfung einer Eiszeit mit einer Kälteperiode war und blieb in den germanischen Ländern<sup>1)</sup> so innig, dass jeder neue palaeontologische Fund, der die Deutung der Eiszeit als Kälteperiode zu stützen im Stande war, sehr begrüsst und aus ihm oft über das richtige Mass hinaus Folgerungen gezogen wurden. Von dem palaeontologischen Beweis der Kälteperiode hing ja der Fortschritt in der Anerkennung der Eiszeittheorie eben in gewissem Sinne ab. Die Kombination einer Eiszeit mit einer feuchten Klimaperiode lag trotz Darwin und trotz der palaeontologischen Funde damals fern. Einerseits wurden die Alpen, andererseits die Nordpolarländer als Beispiele heutiger Vergletscherungen herangezogen, ganz im Rahmen der damaligen Forschungsweisen. Die Anden Südamerikas, Neuseeland und Alaska blieben dabei ganz aus dem Spiele. Sie haben ja überhaupt niemals so viel Anreiz zur Erforschung gegeben und sind heute noch viel weniger untersucht als z. B. die Nordpolarländer.

Von Wichtigkeit waren damals die Funde des Dänen Steenstrup um 1842, der in den Torfmooren Dänemarks die Spuren eines Baumwechsels nachwies. Über den Schichten der frühern Vergletscherung folgen sich immer dieselben Ablagerungen: eine dünne Schicht von Zitterpappel mit Birke, dann Kiefer, hierauf Eiche und schliesslich die Erle. Da man im europäischen Russland die gleichen Arten finde, wenn man von Süden gegen die Baumgrenze geht, so zeige diese Schichtfolge — so nahm man an — dass verschiedene Zeiten mit verschiedenen Klimaten aufeinander gefolgt seien.

Die Steenstrupschen Untersuchungen wurden scheinbar gekrönt durch die Funde von Nathorst. Dieser nahm an der Nordenskiöld'schen Polarreise teil und als er dabei 1870 Spitzbergen besuchte, drängte sich ihm, wie er wörtlich selber schreibt<sup>2)</sup>: „der Gedanke mit unwiderstehlicher Gewalt auf, dass die Pflanzen, welche die Repräsentanten der Flora in diesem hochnordischen Lande bilden, während der Eiszeit auch über das südliche Schweden und über das Gebiet verbreitet gewesen sein müssen, das einst von dem skandinavischen Inlandeis bedeckt gewesen ist.“

<sup>1)</sup> Hier ist nur von den Ansichten in diesen Ländern die Rede. In andern Ländern, besonders in Frankreich kam es nie zu einer einheitlichen Schule, sondern wir finden noch dort verschiedene Ansichten nebeneinander.

<sup>2)</sup> Nordenskiöld, Studien und Forschungen, deutsche Ausgabe 1885, S. 258.

Als Nathorst nach Hause zurückkehrte, suchte er nach solchen polaren Arten in den Glazialablagerungen von Schonen in Südschweden. Er fand in der Tat in diluvialen Tonen subalpine und alpine Zwergweiden und -sträucher, darunter *Dryas octopetala*, die als häufigste Art den Namen für diese Flora abgab. Ja noch mehr: Nathorst kam nach Zürich zu dem damals bereits kränklichen O. Heer. Nach dessen Angaben ging er mit Messikomer nach Schwerzenbach am Greifensee und fand dort auch tatsächlich im Liegenden des Torfes des Krutzelfried in diluvialen Tonen eine beinahe identische Flora.

Die Frage nach dem Klima und der Ursache der Eiszeit war bisher noch garnicht in Diskussion gezogen worden. Die Vergleiche mit den Nordpolarländern und den Alpen waren viel zu naheliegend, die Kenntnisse über Alaska zu gering. Durch die Funde von Nathorst schien die ganze Sache im Sinne einer Kälteperiode völlig bewiesen zu sein. Nach dem verdienstvollsten Vertreter dieser Hypothese nannte ich sie die Nathorstsche Hypothese<sup>1)</sup>.

Bei den Funden der *Dryasflora* wurde nur immer die eine Deutung in den Vordergrund gestellt, nämlich die, welche sich auf die obere alpine und die polare Grenze der betreffenden Arten stützt. Nach ihrem äussersten heutigen Vorkommen wurden sie als polare, hochnordische, alpine oder hochalpine bezeichnet. In der Regel genügt das Vorkommen oberhalb der Baumgrenze, um eine Art als hochalpin anzusehen und durch ihr Auffinden als Fossil ein „hochalpines Klima“ während der Zeit der Ablagerung der betreffenden geologischen Schicht zu beweisen.

Dabei waren die meisten Forscher in ihrem Urteil recht befangen. Es lässt sich nicht umgehen, dies zu sagen. So wurde z. B. die Frage nach der allgemeinen Höhenverbreitung der betreffenden Arten kaum berührt. Wenn die obere Grenze nur möglichst hoch lag, so war man zufrieden, denn im Grunde verlangte der damalige Stand der Glazialogie vor allem den Beweis, dass es während des Diluviums kalt gewesen sein könne. Nun haben aber heute nur ganz vereinzelte Arten ihr Hauptverbreitungsgebiet oberhalb der alpinen Baumgrenze. Der alpinen Höhenzone können wir nur drei Arten der diluvialen *Dryasflora* nach ihrer Hauptverbreitung zurechnen, nämlich *Salix herbacea* (*Salix polaris* gehört offenbar ebenfalls hierher, ist aber heute nur arktisch), *Oxyria digyna* und *Saxifraga oppositifolia*. Aber auch sie „steigen“ in tiefere Zonen „herab“

<sup>1)</sup> Vergl. H. Brockmann-Jerosch, „Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Deltas bei Kaltbrunn und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit“, Jahresber. der St. Gallischen naturf. Ges., St. Gallen 1910, Leipzig 1912 (separat).

oder finden sich als „herabgeschwemmte“ Arten auf dem Schotter der alpinen Gewässer. Man ist leicht geneigt, in dem „Herabsteigen“ etwas Abnormales zu sehen und vergisst, dass die alpinen Arten doch nicht etwa aus Patriotismus oder edler Begeisterung für die schöne Alpenwelt sich diese hochgelegenen Wohnsitze gewählt haben. Es sind Faktoren sehr realer Art, die den alpinen Arten diese Standorte zuweisen. Da sind in erster Linie die Konkurrenzverhältnisse zu nennen: Bäume, Sträucher, meist auch hohe Kräuter und Gräser oder sonst eine üppigere Vegetation fehlen, ja oft ist überhaupt keine geschlossene Vegetationsdecke vorhanden. Ferner finden in grösseren Höhen die Pflanzen eine intensive Belichtung und eine relativ lange Sonnenscheindauer. Die den Pflanzenwuchs schädigenden Extreme fehlen oft dem Alpenklima. Auch in anderer Hinsicht kann es als günstig gelten, weil es z. B. einen lang andauernden und sichern Schneeschutz gewährt. Der Schneeschutz verursacht bei vielen immergrünen empfindlichen Sträuchern, wie z. B. den Alpenrosen (Rhododendron-Arten) das Vorkommen in der alpinen und subalpinen Zone und das Fehlen in der „wärmern“, tiefern. Wenn nun das Klima tieferer Zonen irgendwo geringere Extreme aufweist, so „steigen“ eben viele Alpenpflanzen herab. Der Schneeschutz ist da, wo das Klima sowieso milde ist, wie in den ozeanischen Teilen der Alpen oder in der Nähe des Meeres, eben nicht mehr nötig und das Herabsteigen wird ganz natürlich.

Etwas sehr ähnliches geschieht, wenn die Konkurrenzverhältnisse geändert werden. Warum sollte das Vorkommen der Geröllpflanze *Saxifraga oppositifolia* im Schotter eines Alpenflusses, wo die meisten Arten durch die Strömung zugrunde gehen, oder am steinigen Ufer eines Sees etwas Abnormes bedeuten, besonders wenn durch zeitweise Überschwemmung noch der Schneeschutz ersetzt wird? Heute findet sich *Saxifraga oppositifolia* am Bodensee, *Empetrum nigrum* in den Dünen Hollands auf Meeresniveau und *Dryas octopetala* mit *Sesleria coerulea* und *Calluna* bestandbildend in Westirland bei 50 m ü. M.<sup>1)</sup> Solche Tatsachen müssen mit berücksichtigt werden, wenn man aus dem fossilen Vorkommen der *Dryas* und ähnlicher Arten auf heutige Vegetation und heutiges Klima schliessen will. Mit Unrecht hat man diese Verhältnisse übergangen.

Die Einseitigkeit der üblichen Betrachtungsweise zeigt sich aber

<sup>1)</sup> Ballyraghan, County Clare am Glen Inagh. Die *Dryas* findet sich dort zusammen mit *Rubia peregrina*, *Geranium sanguineum*, *Chlora perfoliata*, *Ulex europaeus* im Rasen von *Sesleria coerulea* in solcher Menge, dass sie selbst Rasenbildner ist.

auch darin, dass die Tatsache, dass neben diesen besprochenen, angeblich hochalpinen und hochnordischen noch eine ganze Reihe anderer Arten vorkommen, lange Zeit unbeachtet blieb, ja in manchen Schriften nicht mit einem Wort gewürdigt wurde. Neben der eigentlichen Dryasflora, die an den diluvialen Fundorten heute allgemein ausgestorben ist, finden sich noch heute in der Nähe lebende Arten vor. Es ist nun leicht begreiflich, dass bei Funden von Fossilien die ausgestorbenen mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen, als die noch lebenden. Die Phytopalaeontologen haben nur der einen Artengruppe der Dryasflora Wert beigemessen und die andere lange Zeit vernachlässigt, ja oft garnicht erwähnt. Schon in seiner ersten Arbeit über die Dryasflora<sup>1)</sup> erwähnt Nathorst einen Fund von *Potamogeton lucens*, lässt ihn aber in der Zusammenfassung und Diskussion völlig unberücksichtigt.

Bei diesen heute noch in der Umgebung lebenden Arten handelt es sich in erster Linie um Wasserpflanzen. Die Wasserbecken, in denen der Ton abgelagert wurde, der die Dryasflora einhüllt, waren mit Wasserpflanzen besiedelt und diese haben sich regelmässig erhalten. Sie lebten an Ort und Stelle, während wir bei der Dryasflora gar keinen Beweis dafür haben, wo diese eigentlich wuchs. Das Wesentliche ist aber, dass diese Wasserpflanzen heute weder in die alpine Zone hinaufsteigen, noch polarwärts jenseits der Baumgrenze vorkommen. Die Flora der Dryastone setzt sich also aus zwei ganz verschiedenen Komponenten zusammen, die heute nicht mehr zusammentreffen.

Die Wasserpflanzen sprechen zweifelsohne gegen die Nathorst'sche Hypothese. Sie blieben aber lange Zeit ganz unbeachtet, bis am Wiener Botaniker-Kongress 1905 Gunnar Anderson mit aller Entschiedenheit diesen Punkt betonte. „Meine Untersuchungen und Erwägungen der letzten Jahre“, so sagte er wörtlich<sup>2)</sup>, „haben zu Schlüssen geführt, die die alte Auffassung von dem allgemeinen klimatischen Charakter der Dryasflora wesentlich verändert haben. Beim Abschmelzen des baltischen Inlandeises war nämlich das Klima nicht arktisch, wie z. B. heutzutage auf Spitzbergen, Nordgrönland usw., sondern viel wärmer. Dies geht aus dem Umstand hervor, dass immer Samen und andere Teile von Wasserpflanzen, wie *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Batrachium* und oft auch von Sumpfpflanzen, wie *Menyanthes* und andern auch in den alleruntersten (ältesten)

<sup>1)</sup> Om några arktiska växtlemningar in en söttevattenslera vid Alnarp i Skåne, Lunds Univ. Årsskrift, Tom. VII 1870.

<sup>2)</sup> Wiener Kongressberichte S. 59.

Teilen der Dryaszone vorkommen. Da diese Pflanzen eine relativ lange Vegetationsperiode erfordern — wenigstens vier Monate über  $0^{\circ}$  C. — und eine nicht zu niedere Sommertemperatur — wenigstens  $5-6^{\circ}$  C. für den Juli — sind wir berechtigt, auf eine verhältnismässig artenreiche und reichgegliederte erste Flora zu schliessen, die in ihrem allgemeinen Charakter mit der Flora<sup>1)</sup> der unteren Teile des jetzigen alpinen Gebietes von Skandinavien oder Südgrönland übereinstimme.“

Anderson ist meines Wissens der erste, der durchgreifend darlegte, dass nicht nur die Dryasflora, sondern auch die mit ihr zusammengefundnen Wasserpflanzen gewürdigt werden müssen. Das war sicherlich ein Fortschritt. Hiergegen scheint es mir, dass die daraus gezogenen Schlüsse nicht berechtigt waren. Die Wasserpflanzen finden sich heute in den Alpen nicht in der alpinen Zone, wohin man die Dryasflora verlegen möchte. Es ist daher unlogisch, die Temperaturverhältnisse während der Ablagerung der Dryasflora allein oder durch die Wasserpflanzen allein bestimmen zu wollen. Ebenso fehlerhaft scheint es mir, durch Zugeständnisse gleichsam die mittlere Temperatur zwischen den beiden Extremen zu suchen. Dabei wäre ja weder die eine noch die andere Vegetation möglich. Die Lösung liegt offenbar an einem andern Ort.

Die Kritik Andersons an der alten, extremen Nathorst'schen Deutung wurde, wie das zu erwarten war, widersprochen. Zuerst im Jahre 1906 wandten sich C. A. Weber und später in noch eingehender Weise der Limnologe Wesenberg-Lund dagegen. Beide gehen von der Tatsache aus, dass in hohen Breiten „gerade die Wasseransammlungen in einer besonders ungünstigen Lage sind, weil die Sonnenstrahlen den Wasserspiegel in einem sehr spitzen Winkel treffen, wogegen besonders die dem Süden zugewendeten Gebirgshänge dem Einfluss der Sonnenstrahlen in bedeutend höherem Grade ausgesetzt werden, weshalb auch solche Lokalitäten den üppigsten Pflanzenwuchs aufzuweisen haben“ (Nathorst, Spätglaziale Süsswasserablagerungen, Geol. Fören. Stockholm Förh. März 1910). Unter andern Breitegraden würden sich die Verhältnisse anders gestalten. Bei einem höhern Sonnenstand würde sich das Wasser stärker erwärmen und eine reichere Wasserflora tragen. „Wenn die Wasserpflanzen heutzutage nicht so weit nach Norden gehen, so beruht dies ganz einfach darauf, dass die Dryasflora jetzt nach Breitegraden hinaufgerückt ist, wo die Littoralregion (der Seen) nicht mehr eine so viel

1) Gemeint ist hier die Vegetation.

höhere mittlere Temperatur im Sommer hat als die Luft.“ „Daher eignen sich die Wasserpflanzen auch nicht gut als Indikatoren für eine erhöhte Lufttemperatur. Vom limnologischen Gesichtspunkt aus lässt sich demnach die Disharmonie zwischen Land- und Wasserflora in den spätglazialen Süßwasserablagerungen leicht erklären.“ Nathorst hat sich dieser Hilfshypothese von Weber und Wesenberg-Lund angeschlossen und auch Andersson erklärte in der Diskussion auf dem Stockholmer Geologenkongress 1910 auf meine Einwände hin, dass er seine frühern Einwände fallen gelassen habe.

Es sei mir gestattet, darauf hinzuweisen, dass diese Hilfshypothese die Disharmonie der Flora der Dryastone doch nicht aufklärt. Die Alpen liegen noch südlicher als Schweden und haben einen noch höhern Sonnenstand. Aber auch hier kommen die Dryasflora und die Wasserpflanzen nicht mehr zusammen vor, was schon Schröter in seiner „Flora der Eiszeit“ 1883 hervorhob (S. 28). Daraus geht m. E. klar hervor, dass die Deutungsversuche Webers und Wesenberg-Lunds nicht über die Disharmonie beider Floren der Dryastone hinweghelfen.

Beinahe von keiner Seite wurde jedoch die Nathorstsche Hypothese angefochten und im deutschen Sprachgebiet ist sie immer noch die herrschende Schulansicht. Nathorst persönlich geht ja sehr weit. Er erklärt die Dryasfunde alle ausserhalb der Baumgrenze gelegen und glaubt, die Strenge des Klimas habe eine lockere, den Boden nicht überall von Pflanzen bedeckende Vegetation gebildet. In dieser Form sind wenige Pflanzengeographen Nathorst nachgefolgt. Das hat aber insofern wenig zu bedeuten. Je nachdem dem einzelnen Forscher dieses oder jenes Beispiel mehr vorschwebt, wird das Eiszeitklima bald als milder, bald als strenger angesehen. Wenn auch die wenigsten Forscher der extremen Auffassung der diluvialen, grossen Kälteperiode, wie sie sich Nathorst vorstellt, so folgen sie ihm doch in der Art der Beweisführung.

In früheren Jahren habe ich wiederholt auf die einseitige Stellungnahme der Anhänger der Nathorstschen Hypothese hingewiesen. An Hand der mir naheliegenden Dryasfunde der Nordostschweiz — in anderen Gegenden der Schweiz fehlen solche — möchte ich von neuem die Unhaltbarkeit der Nathorstschen Hypothese darlegen.

J. Hug<sup>1)</sup> hat in neuerer Zeit die Abflussverhältnisse der Gletscher

---

<sup>1)</sup> Die letzte Eiszeit in der Umgebung von Zürich, Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, 62. Jahrgang, 1917.

der letzten Eiszeit in der Umgebung von Zürich bei ihrem Rückzug eingehend studiert und es gelang ihm, dadurch die Gleichaltrigkeit der Moränen festzulegen. Der Rückzug der Gletscher konnte in eine ganze Reihe von einzelnen Phasen zerlegt werden und damit erhielten wir Klarheit über das relative Alter der diluvialen Fossilfundstellen in der Umgebung von Zürich. Zwischen das Maximum der letzten Vergletscherung und das Bühlstadium, dem die Moränen von Rapperswil-Hurden zugerechnet werden, schieben sich die deutlich erkennbare Phase von Schlieren und das Stadium von Zürich ein. Zwischen Schlieren und Zürich liegen eine ganze Serie gut erkennbarer Endmoränen, die dem ruckweisen Zurückgehen der Gletscher entsprechen. In Zürich blieb das Gletscherende lange bestehen und es wich dann ohne weitere Moränen zu hinterlassen in gleichmässiger Abschmelzung bis zum Bühlstadium bei Rapperswil-Hurden zurück.

Die Fundstellen sind kurz folgende:

Melingen, an der Reuss gelegen. Die Fundstelle ist unmittelbar westlich und südwestlich der Station Mellingen. Das einschliessende Material ist Schlammoräne (J. Früh in Schweiz. Tonlager, Beitrag z. Geol. d. Schweiz) in direkter Verbindung mit den Moränen vielfach durch den Gletscher gestaucht. Auffallend ist hier die grosse Zahl von *Salix reticulata*-Blättern und das sozusagen völlige Fehlen der andern Fossilien. Es ist nur ein Blatt von *Betula nana* gefunden worden. Die Schlammoräne von Mellingen gehört in das Maximum der letzten Vergletscherung.

Nieder-Weningen, im Wehntal. Die Zunge des Linthgletschers hatte während des Maximums der letzten Vergletscherung eine Abflussrinne durch das Wehntal und das Surbtal in die Aare. Über dem Schotter des Gletscherabflusses lagen die berühmten Mammute mit Fichte und anderen Pflanzen. Die Mammute lebten hier mit Bäumen zusammen, „während oder kurz nachdem das Gletscherende der letzten Vergletscherung bei Schöfflisdorf stand“ (Heim, Geologie der Schweiz, S. 315).

Bonstetten, westlich der Albiskette. Die spärlichen Reste der Dryasflora sind in Ton gebettet, der als eine „glaziale und postglaziale Bildung in einem Schmelzwassersee“ (Lugeon, Schweiz. Tonlager, S. 371) anzusehen ist. Der untere Teil des Tones bietet Fossilien; es sind *Betula nana*-Blätter in einer Unmenge von Charapflanzen, die man am Verlaufe der einstigen Äste und Zweige jetzt durch weisse Kalkschüppchen im Ton sich abzeichnend, erkennt. Die Tonbildung erfolgte beim Rückzuge des Armes des Reussgletschers während des Stadiums von Bonstetten.

Hedingen, südlich von Bonstetten. Es ist eine ganz analoge Bildung mit einer Dryasflora aus der jüngeren Zeit, aus der Zeit des Stadiums von Hedingen.

Schönenberg, westlich Richterswil. Es handelt sich um einen Glazialton mit einer spärlichen Dryasflora, der älter ist als das Zürichstadium, aber jünger als das Stadium von Schlieren. Die Dryasflora kommt mit Spuren der heutigen Wasserflora vor.

Krutzelried bei Gfenn, Schwerzenbach. Auf Moränen des

**Fossilfunde der letzten Vergletscherung im Linth- und Reussgebiet.**

1. Maximum der letzten Vergletscherung	2. Zwischenstadien zw. Schlieren- und Zürichstadium Stadium von Bonstetten	3. Zürichstadium Stadium von Hedingen	4. Bühlstadium
Melingen: . Dryasflora			
Niederweningen: . . . Mammuth und Fichte			
Bonstetten: . . . . .	Dryasflora mit heutiger Wasserflora		
Hedingen: . . . . .		Dryasflora mit heutiger Wasserflora	
Schwerzenbach: . . . . .			Dryasflora mit heutiger Wasser- flora im Ton, Eichenflora im Torf
Niederwyl: . . . . .			Dryasflora mit heutiger Wasserflora
Kaltbrunn: . . . . .			Eichenw

Stadiums von Zürich liegt ein fossilreicher Ton, der bestuntersuchte der Schweiz. Seine Flora haben Schröter und Neuweiler dargestellt und letzterer hat ausserdem den Torf durchforscht. Der Ton ist Gletscherschlamm mit vielen Resten von heutigen Wasserpflanzen. Nach oben ist der Ton vielfach mit dem Torf verkeilt, woraus hervorgeht, dass bei der letzten Phase der Tonablagerung bereits die Torfbildung stark eingesetzt hatte. Schon die untersten Torflagen zeigen die Reste heutiger Laubbäume, wie Eichen und Linden.

Niederwil bei Frauenfeld. Die Ablagerung gehört in Bezug auf sein Alter in die Zeit zwischen Zürichstadium und Bühlstadium. Sie bietet Dryasflora und heutige Wasserpflanzen.

Glaziales Delta von Kaltbrunn. In einer eingehenden Arbeit

habe ich die Flora und Vegetation der in das Bülstadium gehörenden Ablagerung dargestellt. Es handelt sich um eine Vegetation von Laubbäumen mit Koniferen, die direkt neben dem Gletscher wuchs. Die Hauptvegetation bestand aus einem Eichenmischwald.

Im Zusammenhang mit dieser Tabelle müssen wir folgende Tatsachen hervorheben. Die Dryasflora findet sich einzig in den Tonen, niemals aber in den mit Ton überlagernden Torfen, worauf schon Schröter aufmerksam machte. Die Tone sind fluvio-glaziale Bildungen. Da ihre Ablagerung und zugleich die der Dryasflora sofort aufhört, nachdem die Gletscher sich zurückgezogen haben, kennzeichnet sich die Dryasflora als eine lokale und zeitlich beschränkte Erscheinung.

Ausserhalb der Vereisung hat man in ganz Mitteleuropa nie irgend welche Spuren der Dryasflora oder überhaupt von Pflanzen gefunden, die der baumlosen Tundra im Sinne der Nathorst'schen Hypothese entsprechen würden. Alle Moore und Tuffe in den nicht vereisten Gebieten haben bis zur heutigen Stunde ein negatives Ergebnis geliefert, ein Umstand, der sicher zu denken gibt. Die Conchylien-Fauna der Tuffe weist umgekehrt auf eine grosse Konstanz hin, doch erlaubt der Raum nicht, darauf einzutreten.

Die Torfe der Schweiz geben, wenn sie sich auch durch das Fehlen der Buche und Fichte in den untersten Lagen und das Vorherrschen der Eichen scharf kennzeichnen, doch Forderungen an Klimaansprüche an, die im Grossen und Ganzen den heutigen nahestehen.

Wir haben durch diese durch Hug durchgeführten Altersbestimmungen festgestellt, dass während an einem Orte bereits die Fichte und die Eichen wuchsen, am andern noch eine Dryasflora sich ablagerte. Die Dryasflora im Gebiete der Linth und der Reuss bildet demnach nicht einen einheitlichen Horizont, sondern sie lagerte sich zu verschiedenen Zeiten ab und zwar gleichzeitig mit der Flora, für die wir die Eichen als charakteristisch ansehen müssen. Die Dryasflora darf demnach auf keinen Fall als die allgemeine Vegetation der damaligen Zeit angesehen werden.

Man kann sich nun sehr wohl vorstellen, dass die Dryasflora während der Abschmelzungsperiode als erste Vegetation die freien Moränen und Schotter besiedelte. Damit ist sie durch Bodenverhältnisse und vielleicht auch durch die Nähe der Gletscher bedingt. Mit gleichem Rechte aber kann man sich fragen, ob die Dryasflora nicht auf den Obermoränen der Gletscher wuchs oder sogar im Eise eingefroren aus dem Gebirge hertransportiert wurde. Wir haben vorläufig weder für die eine noch die andere Ansicht Anhaltspunkte.

Auf alle Fälle zwingen uns diese Verhältnisse, vorsichtig gegen die Deutung der Dryasflora zu sein. Ganz besonders ist es die Disharmonie zwischen ihr und der immer mit ihr vorkommenden Wasserflora, die zum Aufsehen zwingt. Ich glaube deshalb, wie ich dies früher schon mehrfach angeführt habe, von der Nathorst'schen Hypothese absehen und die Lösung des Problemes der Vegetation des Klimas und damit auch der unmittelbaren Ursache der Eiszeit in einer ganz andern Richtung suchen zu müssen.

---

Eine Eiszeit können wir uns — vorläufig rein theoretisch gesprochen — auf zwei verschiedene Weisen entstanden denken. Erstens durch eine Periode mit niederer Temperatur. In diesem Falle werden die Niederschläge in vermehrter Weise in fester Form fallen und die Schmelzung des Schnees verlangsamt werden. Bei dieser Art der Entstehung einer Eiszeit behalten die Niederschläge ihre grosse Wichtigkeit bei. Hätten die Faktoren, die die niedere Temperatur verursachen, zu gleicher Zeit eine Abnahme der Niederschläge zur Folge, so könnten die Gletscher nicht wachsen. So finden wir bekanntlich gerade am Kältepol der Erde ein bewaldetes Land ohne Vergletscherung vor.

Es ist nun nicht denkbar, dass ein einzelner Klimafaktor sich allein ändere. Eine Abnahme der Temperatur, welche ein Sinken der Baumgrenze von 2000—2500 m auf 300 m ü. M., wie es Nathorst als bewiesen annimmt, veranlassen würde, ohne dass die andern Klimafaktoren sich ändern würden, ist vom klimatologischen Standpunkt aus undenkbar. Da das Klima nun nach den meisten Forschern ein kontinentales gewesen sein soll, so kämen wir damit zu einer so kleinen Niederschlagsmenge, dass diese zu einer so starken Vergrösserung des Eises garnicht ausreichen würde.

Der zweite theoretische Fall ist die Vermehrung der Niederschläge ohne wesentliche Änderung der Durchschnittstemperatur. Die Gletscher wachsen an und zu gleicher Zeit nahmen die Luftfeuchtigkeit und Nebelbildung zu, die Einstrahlung und Ausstrahlung werden verkleinert und damit die Abschmelzung vermindert. Ein solches Klima würde ein rasches Anwachsen der Gletscher zur Folge haben. Es würde aber auch zu gleicher Zeit das Vorkommen der Wasserflora der Dryastone, wie der Dryasflora selbst gestatten. Warum sollten nicht am Rande der Alpenvereisung solche Verhältnisse geherrscht haben, wie heute in Neuseeland, in den südlichen Anden oder in Alaska? Die Frage liegt ungemein nahe, ist aber

trotzdem nur selten erwogen worden. Wohl der erste, der auf diese Verhältnisse hingewiesen hat, war Darwin, wie ich das bereits erwähnte. Ausserdem hat Oskar Drude jene Gegenden zum Vergleich herangezogen. In einer Arbeit „Betrachtungen über die hypothetische vegetationslosen Einöden im temperierten Klima der nördlichen Hemisphäre zur Eiszeit“, welche 1889 in Petermanns Mitt. S. 282—296 erschien, findet Drude, es sei mit Unrecht die Ansicht: „wo Eisbedeckung war hatte keine Vegetation Platz“ zum Grundsatz erhoben worden. Dieser sei von folgenschwerer Bedeutung für die Anschauung von den ersten Besiedlungsverhältnissen nach der Eiszeit geworden. Drude hält dem entgegen, dass bei starker Gletscherausdehnung in verhältnismässig mildem Klima die alpine Region zwischen Wald und Eis zurücktritt und dass Wälder und Gebüsche unvermittelt mit dem überdauernden Eise in Berührung stehen. In Alaska seien die Moränen der dortigen Gletscher mit Gesträuch und Dickicht von grosser Mächtigkeit bedeckt, so dicht, dass es viele Stunden voll Anstrengung kostet, um sich nur eine Meile weit durchzuarbeiten. „Diese Voraussetzung ist also nicht richtig, dass da, wo man die Wirkung verschwundener Gletscher geologisch erkennt, das Land zur Zeit jener Eisbedeckung notwendigerweise eine Einöde gewesen sein muss“. Nathorst wandte sich gegen die Drudesche Ansicht. Ganz besonders mit dem Hinweis auf die Dryasflora sagte er, die theoretische Möglichkeit für solche Verhältnisse wäre wohl gegeben, aber die Dryasflora beweihe eben „aufs Entschiedenste, dass das Klima mit der Abschmelzung des Eises während langer Zeitabschnitte so streng war, dass nur solche extreme Glazialpflanzen, wie *Salix polaris* und *Dryas octopetala* dieselben ertragen konnten“. Drude hat sich nicht weiter über diesen Punkt geäussert und wohl seine Einwände fallen gelassen.

Es erübrigt noch, auf neue Forschungen hinzuweisen, die zeigen, dass vieles dafür spricht, dass wir im Alpengebiet sehr ähnliche Verhältnisse während der Eiszeit gehabt haben, wie sie heute in ozeanischen, vergletscherten Gebieten vorkommen. Ich möchte hier auf einen Aufsatz in Hettners Geograph. Zeitschrift, Heft 12, 1915 hinweisen. Wilhelm Wolf schreibt: „Der ungeheure Eisfächer des Malaspina-Gletschers nimmt eine Fläche von etwa 3900 qkm ein, das heisst er ist beinahe so gross wie die Fläche der Kantone Zürich, Schwyz und Luzern zusammen, und beinahe dreimal so gross als das Ausbreitungsgebiet des Linthgletschers mit dem Walensee-Arm des Rheingletschers zusammen während der letzten Eiszeit. Aus grösserer Entfernung betrachtet, sieht er wie eine ungeheure weisse Hochfläche mit kulissenartigem Alpenhintergrund aus, die im Südwesten und

Süden von einem niedrigen Landstreifen umzogen zu sein scheint. Kommt man näher, so wächst dieses Land und verbirgt mehr und mehr den sanft gewölbten Eisschild dahinter. Man erkennt, dass es ein Waldland ist, und wie das Schiff noch näher herankommt, so unterscheidet man darin zwei Stufen. Zunächst dem flachen Strand ist das Waldland mehrere km weit ganz niedrig; mehrere Flüsse mit breiten, kahlen Sandbänken durchlichten es. Dann kommt ein Anstieg und dahinter wieder weit ausgedehnter, ebener, lichter Wald, über den nur eine feine, weisse Eislinie hinwegschimmert. Die vordere Ebene ist das bewaldete Schottervorland des Malaspina, der nur im Nordwesten eine Strecke weit mit seinem Eiskliff an den Ozean reicht. Die zweite Stufe des Waldlandes aber ist, so unglaublich es klingen mag, bewaldetes Gletschereis. Natürlich stehen die Bäume nicht unmittelbar auf dem Eis. Diese ist vielmehr mit einer Ablationsmoräne von 3—4 Fuss Stärke bedeckt, einer lehmig sandigen Erdmasse, die aus dem in der 5—8 km breiten Waldzone nur 100 bis 400 m dicken Eis ausgetaut ist. Je weiter vom Rande, um so schwächer wird die Moräne, die flachbewurzelten Fichten und Erlen verschwinden, hie und da zeigt sich reines Eis an der Oberfläche, und schliesslich steht man auf der blendenden, flach welligen Gletscherfläche. Russel schätzt die Waldzone des Malaspina auf 52—65 km<sup>2</sup>, also so gross wie der Zürichsee (ohne Obersee).

Am Nunatakletscher lässt sich folgendes zeigen:

„Während der alte Moränenkranz reifen Nadelhochwald trägt, sahen wir auf der Strandterrasse jüngeren Wald von Espen (cotton wood) und Erlen mit zerstreuten Fichten. Nähert man sich dem jetzigen Gletscher, so werden die Fichten, obwohl gesund und mühelos wachsend, immer spärlicher, und es bleiben fast nur Espen, Erlen und Weiden übrig, nahe dem Eise sieht man auch keine Espen mehr. Es ist also, obschon das Klima allen genannten Gewächsen zuträglich ist, doch eine ganz bestimmte Marschordnung in ihrem Vordringen: zuerst schnellwüchsige Blumen und Gräser und rasch erwachsende Buschformen, dann die Espen und zuletzt die Fichten und Hemlocks. Wie wohl sich die Vegetation befindet, lehren zwei Erscheinungen aufs Deutlichste: das untere, auf flachem Schottergrund an der Disenchantment-Bucht ausgebreitete Ende des „Bunten Gletschers“ liegt ziemlich tot und hat sich mit Moränenschutt bedeckt. Besteigt man den Rand, so sieht man einen Kilometer weit nichts vom Eise, sondern nur steinige Hügelchen und dazwischen klare Teiche. Die Hügel haben einen Eiskern und die Teiche erhalten ein gut Teil Schmelzwasser, aber trotzdem wuchert dort dichtes Erlengebüsch. Manche

Sträucher stehen schief, andere sind ganz verrutscht und in Schutt begraben, weil der Eisboden unter ihnen wegschmilzt. Es ist ein ganz merkwürdiger Eifer, mit dem die grüne Lebensmacht in diesen wüsten Gefilden Fuss zu fassen strebt!“

Auch in den Moränenteichen von Alaska lagert sich, wie Tarr berichtet, aus schlammigem Schmelzwasser feiner grauer Ton ab; Blätter von Buschweiden und Erlen, von Lupinen und andern rasch dort aufspriessenden Pflanzen mögen hineinflattern und eingebettet werden, ganz wie die Weiden- und Zwergbirkenwälder unserer deutschen Spätglazialflora; bleibt ein Teich bestehen, so werden sich später die Blätter von Espen hinzu finden und schliesslich kommt der Fichtenwald entsprechend unserem Föhrenwald.

Das legt Wolff den Gedanken nahe, dass die Reihenfolge: Dryasflora, *Populus tremula* und Birke, Kiefer und schliesslich Eichenflora eine Sukzession darstellen, wie die Neubesiedlung des vom Eise freigewordenen Bodens in Europa vor sich gegangen sei. In der Tat lassen sich viele Gründe anführen, die dafür sprechen. Man darf noch in diesem Zusammenhange auf die Tatsache aufmerksam machen, wie häufig *Populus tremula* und Kiefer neuen Boden als erste Baumpioniere besiedeln. Die letzten Bäume der polaren Baumgrenze sind Föhre, Fichte und Birke, aber niemals Pappeln, wie diese auch der alpinen Baumgrenze fehlen.

Sollten die Verhältnisse von Alaska im Grossen und Ganzen ein Bild der diluvialen Zustände Mitteleuropas bieten, dann müssten wir auf ein feuchtes und mildes, also ein ozeanisches Klima schliessen. Dieses ist mild genug, um die Wasserflora der Dryaszone zu gestatten und zugleich ist es ja das feuchte, gleichmässige Klima, das das Herabsteigen von Höhenpflanzen auf das Meeresniveau fördert. Die vermehrten Niederschläge und die gleichmässigen Temperaturverhältnisse sind in diesem Falle die Ursache der Eiszeit.