

Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit.

Von

H. BROCKMANN-JEROSCH.

Vorläufige Mitteilung.

Das Sinken der Schneegrenze im Gebirge und das Anwachsen der Gletscher, wie es in so grossem Masstabe für die Diluvialzeit charakteristisch ist, kann theoretisch zwei verschiedene Ursachen haben, die sich natürlich auch kombinieren können: Abnahme der Temperatur oder Zunahme der festen Niederschläge. Während es immer einige Forscher gab, die die letzte Ursache oder die Kombination beider heranzogen, ging doch die allgemein herrschende Ansicht dahin, Wärmeabnahme habe in allererster Linie die eiszeitlichen Phänomene hervorgerufen. Der Ausgangspunkt dieser Ansicht waren floren- geschichtliche Überlegungen, sodann Funde fossiler Diluvialpflanzen und Verallgemeinerungen, die man an sie knüpfte. Schon lange war es eine bekannte Tatsache, dass die Arktis mit den Alpen eine grössere Zahl von Arten gemeinsam hat. Es schien ein Leichtes, diese Verwandtschaft zu erklären, wenn man sich vorstellte, durch allgemeine Temperaturabnahme sei die Wanderung zwischen den Alpen und der Arktis leicht möglich gewesen. Man glaubte an ein „Florenmischgebiet“, das zwischen der nordeuropäischen und der alpinen Vereisung bestanden habe. Diese Ansicht schien nun durch Fossilfunde, die sowohl in der norddeutschen Tiefebene, in Dänemark, Skandinavien, Britannien, Russland, als auch im schweizerischen Mittellande, zuerst von Nathorst, dann auch von Gunnar Andersson, N. Hartz, Cl. Reid, C. Schröter, Steenstrup, C. A. Weber u. a. gemacht wurden, glänzend bestätigt. In Glazialtonen eingebettet fanden sich da Arten, aus denen auf eine baumlose Tundrenvegetation geschlossen wurde, die während der Eiszeit in breitem Rand die Vereisungen begleitet habe. Nach einer ihrer häufigsten Arten wurde sie die „Dryasflora“ genannt. Durch immer neue Funde gestützt, gelangte schliesslich die Ansicht, dass die eiszeitliche Vegetation Mitteleuropas wesentlich in einer baumlosen Tundrenvegetation,

hervorgerufen durch bedeutende Temperaturabnahme, bestanden habe, zu immer allgemeinerer Geltung; wir nennen sie nach ihrem vornehmsten Vertreter die Nathorstsche Hypothese.

Neben dieser stets intramoränischen Dryasflora wurden jedoch auch eine Reihe von Funden anderer Diluvialfloren gemacht, sowohl intra- als auch extramoränisch. Da sie eine der heutigen Wald- und Sumpfflora ähnliche Zusammenstellung zeigen, so schloss man aus ihnen auf einen Unterbruch der eiszeitlichen Zustände, wie sie die Dryasflora anzuzeigen schien, auf Eintreten eines wärmeren Klimas, auf die sogenannten Interglazialzeiten, noch bevor für diese rein geologische Beweise beigebracht werden konnten. Diese beiden Floren schienen so gut getrennt zu sein, dass man glaubte, in ihnen ein Mittel gefunden zu haben, um das Alter anderer fossiler Floren bestimmen zu können, auch ohne ihre geologische Lagerung näher untersuchen zu müssen. Ja, man stützte auf sie die Annahme einer Temperaturerniedrigung während der eigentlichen Eiszeiten, einer Erwärmung während den Interglazialzeiten; sogar zur Bestimmung der Schneegrenze mussten sie herhalten, wobei die völlig unerwiesene Prämisse gemacht wurde, dass auch damals Schnee- und Baumgrenze den gleichen Abstand von einander hatten wie heute; das setzt aber wiederum voraus, dass die diluvialen Erscheinungen lediglich durch Temperatur- und nicht durch Niederschlagschwankungen hervorgerufen waren. Schliesslich ging man sogar so weit, in einzelnen Fällen, wo der geologische und der phytopaläontologische Befund miteinander in Widerspruch zu sein schienen, ersteren zugunsten des letzteren zu vernachlässigen oder umzudeuten, wofür sich aus der Literatur mehr wie ein Beispiel anführen liesse. Führte eine ihrer geologischen Konfiguration nach glaziale Ablagerung Baumstämme, so musste sie dennoch als interglazial betrachtet werden, um mit der Nathorstschen Hypothese nicht in Widerspruch zu geraten.

Wenn es also gelingt, ein fossile Pflanzen enthaltendes Lager zu finden, bei dem der Stand der Gletscher während seiner Ablagerung genau festgestellt werden kann, so ist ein solcher Fund imstande, Aufklärung über die Vegetation und das Wesen der Eiszeit zu verschaffen. Der Verfasser glaubt nun wirklich auf eine solche Fossilfundstelle gestossen zu sein.

Bei dem Bau der Rickenbahn wurden unweit Kaltbrunn bei Uznach (Kt. St. Gallen) im Eisenbahneinschnitt von Güntenstall fossilführende Schichten angeschnitten, die bereits durch Schmidt¹⁾

¹⁾ Karl Schmidt-Basel, Bericht über die Exkursion nach dem Rickentunnel, nach Uznach und dem Toggenburg. Bericht über die XXXVIII. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins zu Konstanz am 26. April 1905.

und Neuweiler¹⁾ bekannt geworden sind. Beide Autoren hielten die Ablagerung für interglazial. Durch Grabungen, die seit dem Erscheinen dieser Arbeiten vorgenommen wurden, sind neue Aufschlüsse geschaffen, die zeigen, dass die Annahme der beiden genannten Forscher nicht richtig sein kann. Die Schichten von Güntenstall sind nicht gleichaltrig wie die Schieferkohlen von Uznach, sondern jünger. Durch die beim Bahnbau vorgenommenen ausgedehnten Erdarbeiten in einer Länge von ca. 2,5 km wurde die ganze Umgebung in idealer Weise zugänglich und es zeigte sich dabei, dass die Ablagerung zu einer Zeit erfolgt sein muss, als der Gletscher noch in nächster Nähe stand. Indem für alle Einzelheiten auf die in Bälde erscheinende ausführliche Publikation verwiesen sei, mag hier nur, resümierend, folgendes über die geologische Lagerung erwähnt werden.

Das Hangende und das Liegende der ganzen in Frage kommenden Bildung ist Grundmoräne in situ, und zwar fehlt an beiden Kontakten jede Spur einer Verwitterungsschicht, so dass irgend ein zeitlicher Unterbruch in der Ablagerung unwahrscheinlich ist. Die in Frage kommenden Schichten sind durch den Kaltbrunner Dorfbach etwa in einem Querschnitt, durch die Erdarbeiten beim Bahnbau etwa in einem Längsschnitt auf 2,5 km fast lückenlos entblösst. Das Ganze stellt sich dar als eine der älteren, bekannten Terrasse der Uznacher Schieferkohlen anliegende Ablagerung eines frühern Sees, in den das Delta des diluvialen Kaltbrunner Dorfbaches eingebaut ist. Der Seespiegel lag mindestens 80—90 m über der heutigen Talsohle, die das Niveau des Zürich- und Wallensees hat. Je weiter wir uns von dem obersten Punkte des Deltas entfernen, aus umso feinerem Material bestehen die Schichten: erst Kies, dann mehr und mehr Sand und dann Ton. Die Lagerung ist zunächst die eines typischen Schuttkegels. Daran schliesst sich ein sublacustres Delta mit einem bis zu 20° betragenden, dann nach und nach sich verflachenden Böschungswinkel (Einschnitt von Güntenstall) an. Schliesslich wird das Material bändertonartig. Damit sinkt auch der Fallwinkel auf 5° und schliesslich noch weniger (Westende des Einschnittes von Güntenstall). Diese Tone stehen nun in Verbindung mit andern, die, wie gesagt, ebenfalls im gleichen See abgelagert sind und sich schon durch ihr Material als echte, typische Glazialtone kennzeichnen. Sie sind fein gebändert, liegen horizontal mit zahlreichen Stauchungen in den obersten Schichten und waren bis zu einer Mächtigkeit von 28 m aufgeschlossen (Einschnitt von Oberkirch und

¹⁾ Neuweiler, Die fossilen Pflanzenreste von Güntenstall bei Kaltbrunn. X. Bericht der Zürcherischen botanischen Gesellschaft 1905—07, Zürich 1907, und Berichte der Schweizerischen botanischen Gesellschaft, Heft XVI, Bern 1907.

Hasenweid). Für die nähere Beurteilung des Alters dieser Ablagerungen sind folgende Punkte massgebend:

1. Der sublacuster gebildete Teil des Deltas und die anschliessenden Glazialtone fordern die Existenz eines Sees, dessen Oberfläche bei mindestens 490 m ü. M. gelegen haben muss; dieser See fordert wiederum einen das Wasser stauenden Riegel. Nach den Verhältnissen in der nähern und weitem Umgebung kann hier aber nichts anderes in Frage kommen, als der Gletscher selbst, der also zur Zeit der Ablagerung des Deltas im obern Zürichseetal noch bis mindestens 490 m Höhe (= 80 m über dem heutigen Talboden) gestanden haben muss.

2. Das schon oben erwähnte Fehlen jeder Verwitterungsspuren an der obern und untern Grenze der Deltaschichten zeigt deutlich, dass ihre Ablagerung sehr bald auf die der liegenden Grundmoräne folgte und ebensobald von der der hangenden gefolgt war. Auch aus diesem Grunde kann der Gletscher nicht weit entfernt gewesen sein.

3. Die Deltaschichten bestehen aus verschwemmtem Grundmoränenmaterial, bei dem schon das für glaziales Alter spricht, dass keine durch die Erosion der nächsten Umgebung des Einzugsgebietes des Kaltbrunner Dorfbaches gelieferten Bestandteile (Molasse) zu beobachten sind. Das Material der Bändertone ist typisch glazial; sie sind offenbar in noch frischem, plastischem Zustand von dem später über sie hinschreitenden Gletscher gestaucht und gestört worden.

4. In den Glazialtonen von Oberkirch und Hasenweid finden sich häufig Moränenfetzen und einzelne gekritzte Geschiebe, ganz frisch, z. T. prachttvoll poliert. Man sieht da Geschiebe jeder Grösse bis zu mehreren m³ und einzelne Moränenfetzen bis 6 m tief im Ton, dessen Schichtung ungestört an sie und über sie hinweg gelagert ist, so dass ein späteres Hineindrücken durch den Gletscher ausgeschlossen ist. Vielmehr ist der Schluss unabweisbar, dass frische Moränenfetzen und Erratika vom gleichzeitigen Gletscher in den benachbarten See fielen und in den Bändertone eingebettet wurden.

Die Ablagerung des pflanzenführenden Deltas von Kaltbrunn erfolgte somit zu einer Zeit, da der Gletscher in unmittelbarer Nähe bis mindestens 490 m ü. M. stand, somit etwa bis gegen Rapperswil reichte. Hier findet sich die bekannte Endmoräne von Hurden, die das Tal quer abschliesst; diese Endmoräne wird von Penck und Brückner mit der Zeit des Bühlvorstosses parallelisiert. Es lässt sich nun zeigen — genauer kann hier nicht darauf eingetreten werden — dass die Ablagerung des pflanzenführenden Deltas aus der letzten Eiszeit stammt und zwar

aus deren Rückzugstadium, so dass seine Bildung in die Zeit des Bühlvorstosses selbst fällt.

Beizufügen ist noch, dass die Pflanzenreste, wie sich aus sorgsamer Prüfung ergeben hat, sicher nicht aus einer ältern Fossilschicht ausgespült sind, sondern an primärer Lagerstätte ruhen.

Von den Funden, die in den sandigen und tonigen Schichten des Güntenstaller Einschnittes gemacht wurden, seien folgende hervorgehoben:

Zahlreiche Moose, die zum grössten Teile für den heutigen Buchenwald charakteristisch sind.

Taxus baccata L., Eibe.

Picea excelsa (Lam.) Link, Fichte.

Abies alba Miller, Weisstanne.

Pinus silvestris L., gemeine Kiefer.

Populus nigra L., Schwarzpappel.

Populus alba L., Weisspappel.

Corylus avellana L., Haselnuss.

Quercus robur L. (= *pedunculata*), Stieleiche.

Asarum europæum L., Haselwurz.

Ilex aquifolium L., Stechpalme.

Acer pseudoplatanus L., Bergahorn.

Acer platanoides L., Spitzahorn.

Tilia cordata Mill., Winterlinde.

Tilia platyphyllos Scop, Sommerlinde.

Hedera helix L., Epheu.

Fraxinus excelsior L., Esche.

Daneben sind u. a. noch *Sciurus vulgaris* L., das Eichhorn durch Frassfiguren und *Cervus elaphus* L., der Edelhirsch durch ein Geweih nachgewiesen.

Die fossil erhaltenen Pflanzen wuchsen in nächster Nähe am benachbarten Talhang und sind durch den Kaltbrunner Dorfbach eingeschwemmt worden. Nur die *Picea*-Reste deuten auf einen etwas längern Wassertransport hin; zumal unter den z. T. deutlich gerollten Hölzern spielt die Fichte eine vorwiegende Rolle. Das berechtigt zur Annahme, dass sie hauptsächlich die höhern Teile des Einzugsgebietes des Dorfbaches besiedelte. Sucht man nun aus den andern Resten die Vegetation, die in nächster Nähe gedieh, zu rekonstruieren, so muss man nicht nur die Häufigkeit der Reste in Rechnung ziehen. Vielmehr kommt es auch darauf an, wie gut sie sich durch den Bach transportieren und in den Ablagerungen konservieren liessen, und schliesslich, ob sie leicht aufzufinden und zu erkennen sind. Wenn wir auf diese Weise aus den gefundenen Resten auf die

damalige Vegetation zurückschliessen, so ist da zunächst die äusserst schwache Vertretung der Gramineen und Cyperaceen einerseits, das Vorkommen ganzer Laubblattschichten und zahlloser Rinden- und Aststücke andererseits auffällig: der Kaltbrunner Dorfbach war ein Waldbach. Verschiedene Erwägungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, lassen sodann den Schluss ziehen, dass es sich um einen reichgemischten Laubwald gehandelt hat, was auch die Arten der reichen Moosflora ihrerseits selbständig bestätigen. An Menge überwogen weit *Quercus pedunculata*, die Stieleiche, *Tilia platyphyllos*, die Sommerlinde und *Corylus avellana*, der Haselstrauch alle andern; auch *Acer pseudoplatanus*, der Bergahorn, *Abies alba*, die Weisstanne und *Taxus baccata*, die Eibe, waren häufig.

Zwanglos lassen sich die Pflanzenreste zu einem harmonischen Bild vereinigen: Ein an Arten reicher Laubwald wuchs im Einzugsgebiet. Die Stieleiche war der markanteste Baum. Daneben gab es noch häufige Haselnusssträucher und -Bäume und viele Sommerlinden. Auch der Bergahorn war ein häufiger Baum. Die Schwarzpappel, die Weisspappel, der Spitzahorn, die Esche und die Winterlinde waren in kleinerer Zahl vorhanden. Im Halbschatten wuchsen baumförmige Exemplare der immergrünen Stechpalme und dunkle Eiben und bildeten neben Epheu, Waldrebe und *Asarum europaeum* charakteristische Bestandteile dieses Laubwaldes, in den sodann auch Edeltannen und seltener Fichten eingesprengt waren. Die letzteren kamen dann aber wohl höher am Abhang zum Dominieren.

Alle Arten dieser Fossilflora leben heute noch, die allermeisten sogar in nächster Nähe. Dennoch ist jene Vegetation wesentlich von der heutigen verschieden, nämlich in den Mengenverhältnissen. Statt der heute ausschliesslich dominierenden Buche herrschte damals die Eiche und zwar die feuchtigkeitliebende *Quercus pedunculata* Ehr. *Corylus* ist heute stark zurückgedrängt, ebenso (wenigstens im Mittelland) *Acer pseudoplatanus*. Heute, im Gegensatz zu damals, ist *Tilia platyphyllos* streckenweise sehr selten, die kontinentalere *Tilia cordata* weit häufiger. *Acer platanoides* ist so zerstreut, dass sich sein Indigenat anzweifeln liesse, was bei *Populus nigra* und *P. alba* ja mehrfach wirklich geschieht. Die Vegetation zur Zeit der Ablagerung des Kaltbrunner Deltas unterscheidet sich demnach ganz bedeutend von der heutigen: eine Anzahl feuchtigkeitliebender Laubbäume herrschte vor, die mit mehr kontinentalen Ansprüchen traten zurück. Heute spielen jene teilweise eine kleinere Rolle: sie sind Relikte eines früheren

Klimas. Ganz auffällig aber ist vor allem das gänzliche Fehlen der Buche, während doch die damaligen Klimaverhältnisse ihr Vorkommen wohl erlaubt hätten. Damit stimmt überein, dass ja auch anderwärts die Buche erst in später prähistorischer Zeit häufig wird.

Untersucht man die heutige Verbreitung der wärmebedürftigsten dieser fossilen Arten im schweizerischen Mittelland, so findet man, dass jene Vegetation der heutigen Montanzone entspricht; ihr gehört auch heute noch der untere Teil des Einzugsgebietes des Kaltbrunner Dorfbaches an. Viele der fossil gefundenen Arten gehen heute nicht über 900—1000 m; ausser der *Picea excelsa*, die, wie schon erwähnt, auch zur Zeit der Ablagerung wohl einen höhern Gürtel inne hatte, geht auch die betreffende Vegetation als Ganzes und in ihrer prozentualen Zusammensetzung heute im schweizerischen Mittelland nicht über 700, allerhöchstens 800 m. Da nun der fossile Laubwald einst bei etwa 500—600 m gedieh, so kann die Depression der Vegetationsgrenzen — für die aber gar keine Anzeichen vorliegen, da jeder subalpine Anstrich der Flora fehlt — wenn sie überhaupt vorhanden war, höchstens 200 m betragen haben, was einer durchschnittlichen Temperaturdepression von rund ca. 1,5° C. entspricht¹⁾. Da eine solche aber nicht genügt, die Gletscher zu veranlassen, bis ins Mittelland herabzusteigen, so müssen es in erster Linie die grössern Niederschläge in fester Form gewesen sein, die die Bühlvergletscherung hervorriefen. Das Klima während der Zeit der Ablagerung des ehemaligen Deltas war also offenbar sehr ozeanisch. Milde und daher niederschlagsreiche Winter wechselten mit trüben, kühlen Sommern. Die mittlere Jahrestemperatur war aber der heutigen gleich oder zum mindesten sehr nahestehend.

Ganz die gleiche Annahme fordert selbständig die fossile Flora von Güntenstall: dieser ozeanische, feuchtigkeitsliebende Laubwald mit seinen immergrünen Arten verlangt grosse Niederschläge und relativ milde Winter.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass während des Bühlstadiums wohl die Schneegrenze bedeutend gesunken war, aber dass die Höhengrenzen der Vegetation nicht oder höchstens ganz unwesentlich er-

¹⁾ Da nun, wie unten gezeigt werden wird, das Klima während dieser Zeit ein sehr ozeanisches gewesen sein muss, so ist natürlich ein Vergleich mit dem heutigen, in jener Gegend schwach ozeanischen Klima, nach unsern heutigen Kenntnissen über den Einfluss des ozeanischen und kontinentalen Klimas auf die Höhengrenzen, nicht in eingehender Weise durchführbar. Die hier angegebene Temperaturdifferenz ist also nur unter dieser Reserve gültig.

niedrigt waren. Der Abstand der Baum- von der Schneegrenze kann nicht der gleiche gewesen sein wie heute. Es scheinen also Verhältnisse geherrscht zu haben, wie sie heute in sehr niederschlagsreichen Ländern (Neuseeland, Patagonien) noch vorkommen.

Es ist nun klar, dass das, was hier in bezug auf das Klima während des Bühlstadiums gefolgert werden musste, mit gewisser Reserve verallgemeinert werden darf und muss, denn es ist nicht logisch anzunehmen, dass die Eiszeit bald aus der einen, bald aus einer andern Ursache entstanden sei und dass sie bald ein solches und dann wieder ein anderes Klima besessen habe. Demnach müssen wir sagen: **Die Eiszeiten sind in allererster Linie durch Erhöhung der Niederschläge in fester Form hervorgerufen. Von der Menge der festen Niederschläge hing es somit ab, wie weit die Gletscher in das Vorland vorstießen. Während der ganzen Dauer einer Vergletscherung war also offenbar die durchschnittliche Temperatur der heutigen sehr ähnlich, während der Zeit des Bühlvorstosses sogar nachweislich ihr wahrscheinlich gleich.**

Da nun in der Bühleiszeit wohl eine stärkere Erniedrigung der Schneegrenze, aber keine Depression der Vegetationsgrenzen sich nachweisen lässt, so war während dieser Zeit der Abstand der letzteren von der Schneegrenze geringer als heute. Daraus geht hervor, dass das Ableiten der ehemaligen Schneegrenze aus den diluvialen Floren nicht zulässig ist, weil wir den ehemaligen verringerten Abstand der Schneegrenze von der Baumgrenze nicht kennen. Aus dem gleichen Grunde ist es unmöglich, aus der aus geologischen Tatsachen bestimmten Schneegrenze die dazu gehörigen Vegetationsgrenzen ableiten zu wollen. Die auf solche Schlüsse begründeten Altersbestimmungen prähistorischer Reste müssen also vorläufig fallen gelassen werden.

Sehen wir uns nach fossilen Floren um, die Ähnlichkeit mit der von Güttenstall haben, so fällt in erster Linie die grosse Übereinstimmung mit der Flora der **Eichenperiode** ins Auge, wie sie aus den nordeuropäischen Torfmooren längst bekannt ist, in der Schweiz aber bisher trotz speziellen Nachsuchens nicht nachgewiesen werden konnte. Zu gleicher Zeit ergibt sich aber, dass, da schon zur Bühleiszeit Eichenwälder direkt neben dem Gletscherende wuchsen, die Eichenzeit nicht nur eine Periode des spätern Postglazials darstellt. Durch die Schlüsse, die oben in bezug auf das Klima gezogen werden mussten, geht nun hervor, dass auch für die Eiszeiten selbst die gleiche Vegetation in den Gebieten, die durch die Nähe des Eises

nicht beeinflusst waren, angenommen werden muss: Die Eichenperiode gehört demnach auch schon der Eiszeit selbst an.

Aber auch die **Vegetation der Interglazialzeit** zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit der glazialen von Güntenstall. Jene enthält sodann noch einige wenige Arten, die bisher als besonders wärme- und trockenheitsliebend galten und auf die gestützt z. B. Penck und Brückner¹⁾ ein im Vergleich zu heute um 2° wärmeres Klima und eine um 400 m höher liegende Schneegrenze postulierten (nämlich *Buxus sempervirens* L., Buchsbaum²⁾, *Rhododendron ponticum* L., die pontische Alpenrose³⁾, *Brasenia purpurea* Mich.⁴⁾). An Hand ihrer heutigen Verbreitung lässt sich leicht nachweisen, dass sie mit dem heutigen verglichen kein wärmeres verlangen, aber entschieden ein feuchteres Klima bevorzugen, als ihre diluvialen Standorte ihnen heute bieten würden, dass sie also mithelfen, der damaligen sogen. Interglazialflora einen ozeanischen Charakter aufzudrücken. Dies und andere Tatsachen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, zwingen zu dem Schluss: Die interglaziale Vegetation verlangt keineswegs ein mit dem heutigen verglichen wärmeres Klima, wohl aber lässt sich nachweisen, dass sie in einem niederschlagsreicheren, ozeanischen Klima gelebt hat. Ebenso stimmt sie mit der glazialen von Güntenstall vortrefflich überein.

Es kann, wenn man die an die Güntenstaller Funde geknüpften Folgerungen überblickt, kein Zweifel bleiben, dass sie in offenem

¹⁾ Besonders im Hinblick auf das Vorkommen des *Rhododendron* in der Höttingerbreccie ob Innsbruck.

²⁾ Ein Strauch, der trotz seines Mittelmeer-Habitus die typische Mittelmeerflora flieht und sich an das Gebirge hält. Er gedeiht bei uns in Kultur sehr gut, verwildert sogar und hat nur unter den trocken-kalten Winden bei Schneearmut zu leiden.

³⁾ Kommt heute in den Gebirgen Südportugals und des pontischen Gebietes, also in feuchten Klimaten vor. Nach neuen Beobachtungen von Handel-Mazzetti (Bericht über die im Sommer 1907 durchgeführte botanische Reise in das pontische Randgebirge im Sandschak Trapezunt. XIII. Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Orientvereins für das Jahr 1907. Wien 1908) bildet sie in dem durch sehr starke Luftfeuchtigkeit und Niederschläge ausgezeichneten Gebirge des Sandschak Trapezunt in den Wäldern dichtes, ausgedehntes, undurchdringliches Unterholz. Sie bevorzugt selbst hier noch die feuchteren Stellen und steigt in grösster Üppigkeit bis zur Baumgrenze empor. Bei uns gedeiht sie zwar noch in der Kultur, verlangt aber gegen die trocken-kalten Winde in der schneefreien Zeit des Winters Schutz durch Bodenbedeckung mit Laub und Reisig. Im ozeanischen England und Holland dagegen überwintert sie nicht nur ohne jeden Schutz, sondern bildet sogar grosse undurchdringliche Gebüsche, indem sich die niederliegenden Zweige älterer Exemplare bewurzeln und indem sie sich zudem aussäet. Die Pflanze beansprucht also ohne Zweifel zu ihrem Gedeihen ozeanisches Klima.

⁴⁾ Beweist, nach Schröter (Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz, Bern 1904, pag. 350), keine oder doch nur eine wenig höhere Temperatur. Vielleicht sagte ihr das ozeanische, mildere Klima zu.

Gegensatz zu der heute bei der grossen Mehrzahl sowohl der Geologen als auch der Pflanzengeographen herrschenden Ansicht stehen. Es ist ja allerdings richtig, dass es immer eine Anzahl von Forschern gegeben hat, die auf die Bedeutung der grössern Niederschläge in fester Form für die Entstehung der Eiszeit hingewiesen haben, allein diese begnügten sich allermeist damit, auf heute ähnliche Verhältnisse in Alaska, Neuseeland, Patagonien usw. hinzuweisen. Nur ganz vereinzelte Forscher versuchten auch den Beweis, dass die Verhältnisse auch so gewesen sein mussten. Aber man mass diesem keine oder nur eine sehr geringe Bedeutung bei.

Ganz besonders widersprechen die hier gemachten Folgerungen der eingangs als Nathorst'sche Hypothese bezeichneten Auffassung der sogen. „Dryasflora“ als Zeugin einer beträchtlichen Temperaturverminderung im Glazial und einer in ihrer Folge am Eisrand und sogar im Zwischeneisgebiet herrschenden baumlosen Tundra, sowie der Berührung arktischer und alpiner Arten in diesem „Florenmischgebiet“.

Es wäre aber unrichtig, zu glauben, der Charakter der Glazialflora von Güttenstall sei das einzige Argument, das eine Revision jener Ansichten fordert. Es kann hier unmöglich auf alle Einzelheiten eingegangen werden, die gegen die Nathorst'sche Hypothese sprechen; ich möchte nur einige Punkte herausgreifen und im übrigen auf die ausführlichere Publikation verweisen.

1. Als Beweis tiefer Temperaturen während der Eiszeit gilt die Florenverwandtschaft der Alpen mit der Arktis, indem man annimmt, während der Eiszeit sei die alpine und die arktische Flora aus ihren heutigen Gebieten verdrängt gewesen, sie hätten aber am Rande der Vergletscherung gelebt und sich bei dieser Gelegenheit gemischt. Nun ist es aber gänzlich unbewiesen, dass der Florenaustausch gerade während des Diluviums erfolgte. Er könnte ebensogut schon früher stattgefunden haben. Auch gibt es kein einziges pflanzliches Fossil, welches beweisen würde, dass je zwischen der nördlichen und der Alpenvereisung eine Pflanze der Arktis oder der Alpen gelebt habe, so dass eine Verbindung des nördlichen und südlichen Arealen sich rekonstruieren liesse. Es ist auch ganz unzulässig, aus der einzigen Tatsache, dass der Norden mit den Alpen eine Anzahl von Arten gemeinsam hat, schliessen zu wollen, dass eine tiefe Temperatur im Diluvium eine schrittweise Wanderung zwischen den beiden Arealen gestattet habe, denn mit dem gleichen Recht könnte man aus der Tatsache, dass auch alpine Arten auf der Sierra Nevada vorkommen, schliessen, dass Spanien im Diluvium allgemein

ein alpines Klima besessen habe¹⁾. — Auch die Glazialrelikte im nördlichen Alpenvorland, die öfters als ein Beweis tieferer Temperaturen im Diluvium gedeutet wurden, dürfen nicht in diesem Sinne verwertet werden, denn wir wissen nicht mit Sicherheit, wann diese Arten ihre versprengten Standorte erreicht haben, und die Annahme, dass diese letztern Reste einer allgemeinen Vegetation seien, ist völlig unbewiesen. Ja, es lässt sich sogar wahrscheinlich machen, dass ein Teil dieser sogenannten Glazialrelikte erst spät, z. T. in der historischen Zeit ihre vorgeschobenen Posten eingenommen haben. Wohl scheint es mir dagegen sehr wohl möglich, dass gerade ein extrem ozeanisches Klima dazu angetan ist, der alpinen Flora eine grössere Verbreitung zu geben. Ich halte es deshalb für sehr wahrscheinlich, aber nicht für bewiesen, dass ein Teil der Glazialrelikte aus dem Diluvium stammt, aber sie sind m. E. nicht Reste einer allgemeinen Vegetation, sondern sie waren schon damals Einsprenglinge.

2. Nun spricht auch die Verbreitung der Arten der alpinen Zone im Innern der Alpen dafür, dass diese sicher wenigstens während der letzten Eiszeit — sehr wahrscheinlich überhaupt während der Periode Riss- bis Ende Würmeiszeit — in den Alpen selbst überdauert haben. Dieses geht aus der bekannten und besonders von Heer, Decandolle und Christ gewürdigten Tatsache hervor, dass die Areale vieler Arten ganz zerrissen sind und dass sie, so unregelmässig sie zu sein scheinen, sich in auffälliger Weise an verschiedenen Orten decken, so dass bestimmte Gebiete reich an diesen Arten mit zersplitterten Arealen sind. Die Regionen mit diesem Reichtum müssten wir nun, nach der allgemeinen Ansicht über die Pflanzenwanderung während einer Eiszeit, nach welcher also die Alpen in ihrem Innern selbst ganz oder nahezu vegetationslos geworden wären, an jenen Orten finden, wo Gebirge vorkamen, die damals nachweisbar unter der Schneegrenze lagen. Aber diese Gebiete sind geradezu arm an seltenen Arten der alpinen Höhenzone, während dagegen die für eine postglaziale Einwanderung schwer zugänglichen Alpentäler im Innern der Alpen, vorzugsweise das Oberengadin und die Walliser Alpen zu den Teilen der Schweizeralpen gehören, die am meisten seltene alpine Arten besitzen. Gewisse

¹⁾ Beizufügen ist, dass auch die Verbreitung der alpinen Flora im Innern der Alpen dafür spricht, dass dieser Florenaustausch sehr alt ist, zum mindesten nachweisbar älter als der Höhepunkt der letzten Eiszeit. Näheres hierüber findet sich in meiner Arbeit: Die Pflanzengesellschaften der Schweizeralpen, I. Teil, Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig 1907, pag. 383 ff. S. auch unten.

Teile der südlichen Alpenketten, die während der letzten Eiszeit ausserhalb der Sammelgebiete der Gletscher lagen, haben sich dagegen eine grössere Anzahl von Endemismen erhalten, die tertiären Typus zeigen, jedoch der subalpinen Zone angehören. Diese Tatsachen stehen nun im Widerspruch mit der Anschauung, dass die Alpen während der letzten Eiszeit ganz oder nahezu vegetationslos gewesen seien infolge der tiefen Temperatur. Sie lassen sich nur erklären durch die Annahme, dass diese seltenen alpinen Arten während der Eiszeit im Innern der Alpen selbst gewesen sind und hier an orographisch schneefreien Orten: Steilhängen, Felspartien usw. überdauert haben.

Die Gebiete, die sich durch den hauptsächlichlichen Reichtum an diesen Arten auszeichnen, besitzen heute ein stärker kontinentales Klima als die Umgebung, was sie der Orographie, der „Massenerhebung“ verdanken. Diese bestand aber bereits schon während der Eiszeit, so dass schon damals ein ähnlicher Unterschied des Klimas vorhanden war, der für ein Überdauern nur vorteilhaft sein konnte.

Die Höhenzonen, in denen diese Arten überdauert haben mussten, liegen aber oberhalb des Gletschereises, also allgemein wohl über 2200 m ü. M., demnach in einem Gebiete, das damals der Nivalzone angehörte. Da aber ein Teil der Arten, die in dieser Zone überdauert haben, heute nicht mehr bis in diese ansteigen, ja selbst in der alpinen gar nicht sehr hoch gehen, so war die Nivalzone der Eiszeit reicher an Arten — natürlich aber nicht an Vegetation — als die heutige. Daraus geht hervor, dass die Temperaturen der Nivalzone der Eiszeit der der jetzigen alpinen Zone nahe stehen mussten. Dies verlangt wiederum den Schluss, dass die Eiszeit vorzugsweise durch grössere Niederschläge in fester Form hervorgerufen worden ist.¹⁾

3. Eine ganz besondere Stütze für die Nathorst'sche Hypothese sah man in den Fossilien glazialer Ablagerungen, deren Kenntnis wir ganz besonders Nathorst verdanken. Bekanntlich beherbergen fluvioglaziale Tone seltener Sande in früher vergletscherten Gebieten der nordischen wie der Alpenvergletscherung eine Anzahl von Arten, die heute nur noch in subalpinen, resp. alpinen und subarktischen, resp. arktischen Gebieten vorkommen. Unter diesen Fossilien ist *Dryas octopetala* L., ein niedriger rasenförmiger Strauch der heute subalpinen und alpinen Zone, eines der häufigsten. Deshalb spricht man von Dryastonen, von einer Dryasflora und einer

¹⁾ Für alles Nähere über das Überdauern der alpinen Arten im Innern der Alpen und die einschlägigen Literatur sei auf die obenerwähnte Arbeit verwiesen.

Dryaszeit. Nathorst sah nun in diesen Fossilien die Reste der allgemeinen Vegetation der letzten Eiszeit. Diese Annahme verlangte den Schluss, dass während der Eiszeit so tiefe Temperaturen geherrscht haben, dass nur diese kälteliebende Vegetation vorkommen konnte. Daraus geht hervor, dass die Temperaturniedrigung auch Ursache der Eiszeit sei.

Es gibt nun aber eine ganze Reihe von Tatsachen, die diese Deutung nicht zulassen. Von ihnen hebe ich hier nur einige hervor, die die Berechtigung einer Revision der Frage darlegen sollen.

- a) Die Dryasflora entspricht jeweils nur der Abschmelzungsperiode der Gletscher, nur ausnahmsweise überdauert sie in geringem Masse diese Zeit. Zwei Dryastone desselben Gletschers können also nicht gleich alt sein. Während der näher am Gletscherende sich befindende abgelagert wurde, war der entferntere schon gebildet. Nun lässt sich aber für das Gebiet nördlich der Alpen zeigen, dass auf die Dryastone sofort die Arten mit den heutigen Wärmeansprüchen sich finden und die Herrschaft übernehmen. Also nur kurze Distanz vom Gletscher entfernt mussten die Wärmeansprüche dieser Arten befriedigt worden sein.
- b) Die Dryasflora selbst ist eine ganz arme Flora. Es kann niemals die Rede davon sein, dass sie die Reste der ganzen alpinen und arktischen, der Nathorst'schen Hypothese zufolge aus den Alpen und des Arktis vertriebenen Flora darstellt. Die Dryasflora kann auch nicht eine geschlossene Formation gebildet haben, sondern es muss sich um eine offene Schuttflora gehandelt haben.
- c) Wie schon gesagt, gehört heute die Dryasflora nicht nur der alpinen Zone und arktischen Region, sondern zum viel grösseren Teile nur der subalpinen resp. subarktischen an. Schon daraus müsste man auf die Möglichkeit eines Baumwuchses schliessen, der von den extremen Anhängern der Nathorst'schen Hypothese verneint wird. Noch beweisender ist aber das häufigste Fossil der Dryastone: *Betula nana*, die Zwergbirke. Diese war im Diluvium sehr verbreitet und ungemein häufig, ist aber heute in Mitteleuropa nur noch in spärlichen Resten vorhanden. In der Schweiz kommt sie nur noch in wenigen Mooren im Jura und im äussersten Alpenrande vor. Sie steigt nicht höher als die Buche und meidet die Voralpen oder gar die Zentralalpen gänzlich. Hätten während der Eiszeit im diluvialen Verbreitungsgebiete der Zwergbirke alpine Verhältnisse

geherrscht, so müsste sich heute dieser Strauch gerade in den Alpen finden. Da dem nun aber nicht so ist, können die Verhältnisse am Rande des Eises eben keine „alpinen“ gewesen sein.

- d) Überall, wo die Dryasflora genauer untersucht worden ist, findet sich untermischt mit ihr eine andere, wärmeliebendere Flora vor, die ich als Beiflora bezeichnen möchte. Diese besteht zumeist aus Wasserpflanzen, seltener aus zufällig hineingeratenen Landpflanzen. Diese Arten sind nun nicht etwa subalpin resp. subarktisch, sondern sie entsprechen dem heutigen Klima Mitteleuropas. Von diesen seien hier angeführt:

Sparganium erectum L. (= *ramosum*), Igelkolben.

Potamogeton natans L., Laichkraut.

Potamogeton perfoliatus L., Laichkraut.

Zannichellia palustris L.

Alisma plantago aquatica L., Froschlöffel.

Arundo phragmites L., Schilfrohr.

Blysmus rufus Link.

Salix repens L., Kriechweide.

Betula pendula Roth, gemeine Birke.

Betula tomentosa Reiter und Abel, Moorbirke.

Ranunculus sceleratus L., Hahnenfuss.

Saxifraga hirculus L.

Comarum palustre L., Sumpfsauge.

Callitriche autumnalis L., Wasserstern.

Myriophyllum spicatum L., Tausendblatt.

Oenanthe aquatica (L.), Poiret.

Calluna vulgaris (L.) Hull, Heidekraut.

Menyanthes trifoliata L., Fieberklee.

Bidens tripartita L. usw.

Aus dieser Artenliste geht zur Genüge hervor, dass es sich hier um Arten der Ebene handelt, die den heutigen durchschnittlichen Wärmeverhältnissen entsprechen. Wenn also diese Arten schon in der Abschmelzungsregion der Gletscher vorkamen, so müssen die Wärmeverhältnisse nicht weit vom Eis entfernt sicherlich derartige gewesen sein, dass die heutige Flora die nötige Wärme fand.

- e) Am Rande der nordischen Vergletscherung finden sich nun bekanntlich in den untern Schichten der Torfmoore Reste von Vegetationen vor, die eine andere Zusammensetzung zeigen, als die heutige. Über den glazialen Ablagerungen liegt nämlich vielerorts eine *Betula pubescens*- und *Populus tremula*-Schicht,

auf diese folgt eine Kiefern-Schicht und erst danach Reste der Eichenperiode. Man hat diese Schichtfolge als Abbild der Entwicklung der Vegetation zur postglazialen Zeit unter dem Einfluss der zunehmenden Temperatur betrachtet. Diese Auffassung kann aber nicht aufrecht erhalten werden, nachdem gezeigt worden ist, dass schon in den Dryastonen selbst Arten der allgemeinen Wärmeverhältnisse vorkommen. Aber auch in diesen untern Schichten der Torfmoore kommen wiederum Arten vor, die in ihren Wärmeansprüchen weit höher gehen, als die damals vorherrschenden Bäume, was bereits Gunnar Andersson hervorhob. Deshalb dürfen wir wiederum diese Schichten, wie die Dryasflora, nicht als Reste der allgemeinen Vegetation betrachten, sondern nur als Gürtel, die die vereisten Gebiete umgaben. Leicht erklären sich dann die verschiedenen Gürtel durch die Nähe des Eises. Die ozeanischen Bäume konnten wegen der durch den Tauniederschlag auf den Gletschern getrockneten Winde, die durch die Nähe des Eises erzeugt oder verschärft wurden, hier nicht gedeihen. Wohl aber fanden die den heutigen Wärmebedürfnissen entsprechenden Gebüsche und Kräuter im Schutze der Birken und Föhren ihr Fortkommen.

Aus diesen und andern, hier nicht genannten Gründen geht also hervor, dass gerade die Tatsachen, auf denen die Nathorst'sche Hypothese fusst, nicht in ihrem Sinne sprechen, sondern eine weitere Stütze für die Folgerungen sind, die die eingangs dargelegten Funde des glazialen Deltas von Kaltbrunn ihrerseits selbständig verlangen.

Es mag auffällig erscheinen, dass, wenn meine Annahmen richtig sind, nicht schon längst mehr solche Funde gemacht worden sind, welche diese Baumvegetation beweisen. Hierauf muss erwidert werden, dass nur wenige Fundstellen eine genaue Altersbestimmung auf geologischer Grundlage zulassen. Aber auch in vielen Fällen, wo diese möglich gewesen wäre, bestimmte man das Alter einer Ablagerung nicht nach geologischer Lagerung, sondern nach der Flora. Enthielt eine Ablagerung Baumreste, so war sie interglazial; nur wenn solche fehlten, konnte es sich um eine glaziale handeln. Die Altersbestimmung fusst also nur zu oft auf der Nathorst'schen Hypothese. Muss man sich da noch wundern, dass die Fossilfunde mit dieser übereinstimmen?

Zürich, im Januar 1909.

