

Über die an seltenen Pflanzenarten reichen Gebiete der Schweizeralpen

Autor(en): **Brockmann-Jerosch, H.**

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): **89 (1906)**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90145>

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.

Über die an seltenen alpinen Pflanzenarten reichen Gebiete der Schweizeralpen.¹⁾

Von *H. Brockmann-Jerosch*, Zürich.

Bei der monographischen Bearbeitung des Puschlav, des bündnerischen Tales, das sich vom Berninapass nach Tirano im Veltlin herabzieht, bin ich auf eine Reihe von Tatsachen gestossen, die mich dazu führten, einige frühere, von verschiedenen Autoren gemachte Hypothesen und Vermutungen einer Revision zu unterziehen und anderseits neue Erklärungsmöglichkeiten zu suchen. — Lassen sie mich deshalb an Hand der Geschichte der Flora des Puschlav auf die genannten Tatsachen zu sprechen kommen.

Während der letzten Eiszeit, der Würm-Eiszeit, war das Puschlav vollständig vergletschert. Vom Oberengadin aus, wo die Gletscheroberfläche bei etwa 2500 m lag, floss das Eis nicht nur talabwärts, sondern zum Teil auch über den Berninapass durch das Puschlav und über den Malojapass durch das Bergell zum Addagletscher. Am nördlichen Ende des Comersees hatte

¹⁾ Dieser Vortrag ist ein stellenweise stark gekürzter Auszug des florensgeschichtlichen Teiles der Arbeit: Die Pflanzengesellschaften der Schweizeralpen, I. Teil: Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig, 1907. Dort finden sich auch eine Reihe von Citaten, die hier weggelassen wurden.

dieser Eisstrom seine Oberfläche bei einer Höhe von etwa 1800 m und da der Seeboden hier etwa bei Meeresoberfläche liegt, die Mündung des Poschiavino bei Tirano bei rund 440 m, so gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir die Oberfläche des Gletschers bei der Mündung des Puschlav bei rund 2200 m ansetzen.

Im südlichen Teil des Puschlav liegt nach Jegerlehner heutzutage die klimatische Schneegrenze bei etwa 2800 m. Nehmen wir mit Brückner ferner an, dass zur Zeit der letzten grossen Vergletscherung, zur Würm-Eiszeit, die klimatische Schneegrenze 1250 m tiefer lag als in der Gegenwart, so kommen wir auf eine Höhenquote von etwa 1550 m, also in eine Höhe, die schon unter der Gletscheroberfläche lag. Wenn es sich hier auch nur um approximative Angaben handelt, besonders da das Gebiet selbst von keinem Geologen in dieser Hinsicht untersucht wurde, so scheint es doch sicher zu sein, dass die Schneegrenze bis unter die Gletscheroberfläche herabreichte und dass es also keine „*klimatisch schneefreie*“ Gebiete im Puschlav gab. Dieser Zustand beherrschte aber nicht nur das Puschlav, sondern alle innern Teile der Schweizeralpen, so dass alle diese Gebiete Nährgebiet der Gletscher waren¹⁾.

Es scheint also völlig ausgeschlossen zu sein, dass Arten, deren Hauptverbreitungsgebiet in der Gegenwart in der Kultur-, Montan-, subalpinen und zum Teil auch der alpinen Zone liegt, die letzte Eiszeit im Puschlav oder im Innern der Alpen überhaupt überdauern konnten. Fraglich ist es jedoch, ob Arten, die in der Gegenwart in der *alpinen Zone* vorkommen, sich

¹⁾ Vergl. Brückner, Höhengrenzen in der Schweiz, Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Heft 52, 1905.

während der Eiszeit erhalten konnten, denn wir haben immer noch keine sicheren Anhaltspunkte über die Temperaturen der letzten Eiszeit. — Wir kommen später auf die Frage des Überdauerns zurück.

In der *Kultur- und Montanzone* ist es im Puschlav eine sehr auffällige Tatsache, dass viele Arten des Veltlin dem Puschlav völlig fehlen, trotzdem die Existenzmöglichkeiten vorhanden sind; so z. B. *Sarothamnus scoparius*, welcher so sehr auf die trockenen Geröllhalden des Puschlav passte, welcher im Tessin eine so grosse Rolle an ähnlichen Lokalitäten spielt, fehlt dem Puschlav völlig. Dieser Strauch kommt aber im mittleren Veltlin vor. *Saxifraga cotyledon*, *Limodorum abortivum*, *Cephalanthera rubra* finden sich im Veltlin am Eingange in das Puschlav, ohne aber in das letztere einzudringen.

Innerhalb der *Kultur- und Montanzone* ist besonders die *Flora der gedüngten Wiesen* eine junge und damit unausgeglichene. Viele der in der Nordostschweiz gewöhnlichsten Arten fehlen den Wiesen im Puschlav völlig, kommen nur an wenigen Standorten vor oder haben eine disjunktive Verbreitung.

Solche Verbreitungsareale weisen entschieden darauf hin, dass diese Arten noch in der Wanderung begriffen sind und das Puschlav noch nicht erreicht oder hier noch nicht alle zusagenden Standorte besiedelt haben. Existenzmöglichkeiten hätten sie dort wie auch im obern Veltlin. Die Richtung der Einwanderung weist deutlich nach Süden hin, da die Pflanzen im südlichen Teile des Tales allgemein verbreitet sind und im Norden des Gebietes ein disjunktes, nur durch neuere, zum Teil etwas sprungweise Einwanderung erklärliches Areal haben.

Was die Daten, die wir bei der Bearbeitung der

Puschlaverflora gewonnen haben, anbetrifft, so muss gesagt werden, dass diese nicht für eine „xerotherme“ postglaziale Periode¹⁾ sprechen: weder zur Erklärung der Pflanzenverbreitung ist sie notwendig, noch sonst nachweisbar; die Verbreitung gerade von Trockenheit und wenigstens sommerlicher Wärmebedürftiger Pflanzen im obern Veltlin und im Puschlav, die heute noch eine unausgeglichene ist, spricht im Gegenteil dafür, dass eine solche Periode nicht vorhanden gewesen ist. Auch fehlen im Puschlav — wie ja in der ganzen übrigen Schweiz — Reste einer früher höheren klimatischen Baumgrenze. Alle die vielen Funde von subfossilen Hölzern und Arvennüssen in den subalpinen Torfmooren des Puschlav liegen *innerhalb* der heutigen Baumgrenze. Eine „xerotherme“ Periode im Sinne eines früher mehr kontinentalen Klima, wie ein solches ja angenommen wird, müsste jene doch wohl zur Folge gehabt haben, da auch heute die innern Teile der Alpen mit kontinentalem Klima eine höhere Baumgrenze haben. —

Bei der Betrachtung der Pflanzen der höhern Zonen haben wir eine Trennung der Arten nach ihren Hauptverbreitungsgebieten vorzunehmen, denn wie wir schon früher betonten, war es unmöglich, dass Pflanzen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in der subalpinen Zone haben, die Eiszeit überdauern konnten, während wir dagegen die Frage offen lassen mussten, wie sich diejenigen Arten verhalten haben, die ihr Hauptverbreitungsgebiet oberhalb der Baumgrenze, also in der

¹⁾ Bei der Frage nach einer eventuellen „xerothermen“ postglazialen Periode kommen nur die *geographisch-meridionalen*, nicht aber die *genetisch-meridionalen* Arten in Betracht (siehe die am Anfang zitierte Arbeit).

alpinen Zone haben. Es ist sehr gut möglich, dass die Geschichte dieser zwei Gruppen eine verschiedene ist und wir wollen deshalb diese voneinander gesondert betrachten. Wir bezeichnen dabei als subalpine Pflanzen solche, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in der subalpinen Zone, d. h. also über der Laubwaldgrenze und unter der Baumgrenze haben, während bei den alpinen Arten das Hauptverbreitungsgebiet über der Baumgrenze liegt. Diese Begriffe sind allerdings oft etwas theoretisch, da ja viele Pflanzen über mehrere Zonen ihr Hauptverbreitungsgebiet ausdehnen und andere wiederum Zwischenzonen bewohnen. Aber wir kommen eben ohne solch allgemeine Begriffe nicht aus, sobald wir über Gruppen von Pflanzen gleicher Standortsansprüche reden wollen.

Über die Herkunft der *subalpinen Pflanzen* des Puschlav haben wir wenig Anhaltspunkte, da wir die subalpine Flora weder am Nordabhange des Berninapasses noch in den benachbarten Tälern kennen. Auffällig ist die Armut an subalpinen Arten, indem an anderen Orten der Alpen in Menge vorkommende Pflanzen hier völlig fehlen.

Die *alpine Flora* ist am reichsten im Norden des Gebietes, am Berninapass, da hier nämlich eine Reihe von Arten vorkommen, die dem mittleren und südlichen Teil des Puschlav fehlen. Ihre Verbreitung ist mehrfach eine äusserst auffällige, denn oft kommen diese Pflanzen auf dem Berninapass häufig vor, werden auf Schritt und Tritt angetroffen, gehen manchmal bis auf wenige Meter bis zur Wasserscheide heran, ohne sie aber zu überschreiten, während einige andere Arten an wenigen Orten und auf kurze Strecken in das Flussgebiet des Poschiavino eingedrungen sind. Trotzdem

mich nur einige Exkursionen an den Nordabfall des Berninapasses führten und ich nur den Talboden, den Fuss des Piz Alv besuchte, ferner eine Exkursion nach la Pischa im Heental machte, so ist die Zahl der Pflanzen, die die obengenannte Verbreitung zeigen, eine recht auffällige geworden, wobei allerdings zu betonen ist, dass der Berninapass von jeher relativ genau bekannt war.

Diese Verbreitung zeigen: *Cobresia bipartita*, *Carex microglochin*, *Carex incurva*, *Carex alpina*, *Juncus arcticus*, *Tofieldia palustris*, *Allium victorale*, *Salix caesia*, *Salix glauca*, *Viscaria alpina*, *Dianthus glacialis*, *Saxifraga muscoides*, *Astragalus alpinus*, *Phaca frigida*, *Oxytropis lapponica*, *Hedysarum obscurum*, *Helianthemum alpestre*, *Viola pinnata*, *Viola calcarata*, *Gentiana lutea*, *Horminum pyrenaicum*, *Alectorolophus appenninus*, *Plantago montana*, *Scabiosa lucida*, *Campanula cenisia*, *Erigeron neglectus*, *Centaurea rhaponticum*, *Crepis conycifolia*, *Crepis montana*, *Crepis alpestris* u. a. m.

Diese auffällige Verbreitung zeigen nach unseren heutigen Kenntnissen etwa 30 Arten, die zu den typisch alpinen oder wenigstens zu den subalpin-alpinen Pflanzen gehören, also zu jenen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet oberhalb der Baumgrenze haben oder wenigstens über diese emporsteigen. Es gibt bis jetzt nur eine einzige subalpine Art, die eine ähnliche Verbreitung aufzuweisen hat, nämlich *Tozzia alpina*, welche im nördlichsten Teil des Puschlav bei la Rösa vorkommt, auf dem Berninapass dagegen fehlt. Diese Art dürfte aus dem Livignotal eingewandert sein. Wir haben keine montane Art gefunden, die eine ähnliche Verbreitung wie die der genannten alpinen aufzuweisen hätte. — Sicherlich wird es sich für einige dieser Arten später ergeben, dass sie auch noch weiter südlich im Puschlav

vorkommen, aber andererseits wird sich bei einer Durchforschung des Nordabfalles des Berninapasses die Zahl der Pflanzen, die hier und nicht im Puschlav vorkommen, sicherlich noch vermehren.

Auf Grund dieser Pflanzenverbreitung ist zu schliessen, dass wenigstens ein Teil der alpinen Arten von Norden her das Puschlav besiedelt haben und dass viele der Arten, welche in der Gegend des Berninapasses vorkommen, noch nicht in das Puschlav eingewandert sind, obschon es hier nicht an Standortsmöglichkeiten fehlt.

Auffällig ist es, dass ein grosser Teil der soeben erwähnten 30 Arten kalkliebend und kalkstet ist. Da nun gerade die Kalkgebiete im Puschlav spärlich vertreten sind, so ist die Wandermöglichkeit solcher Arten eine relativ geringe. Dadurch wird also auch der zum Wandern nötige Zeitabschnitt grösser und wir können somit noch in der Gegenwart, wo andere, anpassungsfähigere, so besonders bodenvage und silicole Arten schon längst im ganzen Gebiet verbreitet sind, die Einwanderungswege an den kalksteten, im Gebiete mit kalkarmem Gestein weniger ausbreitungsfähigen Arten erkennen.

Wir haben also die merkwürdige Tatsache, dass die alpine Zone im Süden ärmer ist als im mittleren und nördlichen Teil; besonders reich ist sie aber im Norden des Gebietes. Dieses Faktum ist erstaunlich, da nach der herrschenden Ansicht die allermeisten Pflanzen durch die letzte Eiszeit aus dem Innern der Alpen verdrängt gewesen sein sollen und sich am Schlusse derselben, indem sie den Gletschern auf dem Fusse folgten, sich doch leichter in den südlichen, früher eisfrei werdenden Bergen des Puschlav hätten

ansiedeln können als in den nördlichen. Es wäre daher doch eher zu erwarten, dass die durch die Eiszeit nach den Südalpen verdrängten Arten sich ebenso gut, wenn nicht besser im Süden des Puschlav ansiedeln konnten und wir sollten, wenn diese Ansicht richtig ist, dort eher eine reichere statt ärmere Flora finden. Da dies aber nicht der Fall ist, so müssen wir für die alpinen Arten, die, wie gezeigt wurde, mindestens zum Teil von Norden her in das Puschlav eingewandert sein müssen, eine andere Geschichte annehmen, die der genannten Ansicht widerspricht.

Die alpine Zone des Oberengadin gehört überhaupt mit den Walliser Alpen zu den an seltenen alpinen Arten reichsten Gebieten der Schweiz. Fragen wir uns beim Oberengadin, welche Täler hier die reichsten seien, so haben wir besonders auf das Fextal, das Heutal und das Val Chiamera hinzuweisen¹⁾. Wir haben somit die merkwürdige und auffällige Tatsache, dass sehr abgelegene Hochgebirgstäler im Innern der Alpenketten, die gegenüber einer Einwanderung von den äusseren Gebirgsketten sehr ungünstig liegen, zu den an seltenen Alpenpflanzen reichsten der Schweizeralpen gehören und dass diese Arten, die den Reichtum der genannten Gebiete bedingen, zum Teil an gewissen Orten

¹⁾ Der genannte relative Reichtum des Oberengadins verdankt nun aber nicht etwa diesen der Zugehörigkeit zum Inngebiet, wie dies aus der Verbreitung der einzelnen Arten hervorgeht. Auch ist nicht daran zu denken, dass die Arten, welche den Reichtum bedingen, den Gletschern bei ihrem Rückzuge von Norden her gefolgt seien, denn dann müssten ja wiederum die nördlichen Alpen reicher sein als die mittleren.

relativ scharf abgegrenzte Gebiete bewohnen, also auch heutzutage gut erkennbare Grenzen haben.

Die erste der genannten Tatsachen ist schon längst bekannt; ihr liegen zwei Ursachen zugrunde: die physikalische Beschaffenheit des Bodens und die Florensgeschichte. Die genannten abgelegenen Alpentäler sind nämlich reich an verschiedener Unterlage, Kalk wechselt mit Silikatgestein ab. Aber diese Mannigfaltigkeit erklärt den pflanzlichen Reichtum nicht völlig, sind doch viele der hier vorkommenden seltenen Arten kalkliebend und sie fehlen trotzdem den Kalkbergen der äussern Alpenketten; und umgekehrt finden wir ja in den gleichen Tälern indifferente und silicole Arten, die ebenso gut in andern Teilen der Zentralalpen ihr Fortkommen finden würden. Zur Erklärung dieses relativen Reichtums müssen wir also noch andere Faktoren heranziehen.

Heer¹⁾ machte auf den Reichtum des Oberengadins an arktischen Arten aufmerksam und leitete diesen davon ab, dass der Rheingletscher, der weit nach Norden reichte, das Oberengadin mit dem Florenmischgebiet verband und dadurch die Einwanderung erleichterte. Schon Christ wendet sich gegen diese Auffassung: das Oberengadin ist nicht nur reich an arktischen, sondern auch an endemisch-alpinen Arten. Doch auch aus andern Gründen ist die Erklärung Heers ungenügend. Das Oberengadin gehört ja nicht in das Gebiet des Rheingletschers, sondern des Inngletschers. Auch ist nicht einzusehen, warum die Pflanzen, die nach der allgemeinen Ansicht beim Zurückgehen des Rheingletschers diesem auf dem Fuss folgten, sich nicht

¹⁾ Christ, Pflanzenleben der Schweiz. 1882, S. 293 u. 425.

auch in den äussern Alpenketten ansiedelten, ganz abgesehen davon, dass ein Gletscher gar keine besondern Wanderungserleichterungen bietet.

A. de Candolle¹⁾ erklärt den relativen Reichtum verschiedener Gebiete der Alpen aus der Annahme, dass diese am frühesten nach der Eiszeit schneefrei wurden. Es decken sich jedoch tatsächlich nach den heutigen Glazialforschungen die Verbreitungsgebiete der seltenen Alpenpflanzen nicht mit den am frühesten eisfrei gewordenen Teilen der Alpen, wie es nach dieser Theorie sein sollte: sind doch, wie schon Christ auf seiner Karte deutlich zeichnet, der Südausgang und die Berge des Südabhangs des Berninapasses arm und waren diese Gebiete doch früher eisfrei als die Höhe des Passes selbst. Doch hat de Candolles Hypothese nach unserer Auffassung einen richtigen Kern, welche sich in den Worten Christs ausdrückt: „Die klimatisch privilegierten Stellen sind auch die reichsten.“ Wir kommen darauf zurück.

Christ²⁾ versucht eine andere Erklärung: „Die höchste Massenerhebung am Südrand der Zentralalpen, also der Nordhang der Penninen und das Oberengadin, gehören zum Schöpfungszentrum der endemisch-alpinen Flora. Von hier strahlen die Arten in abnehmender Verbreitung nach den Nordalpen aus.“ Während also nach Christ der Reichtum des Oberengadins und des Wallis davon herrührt, dass die endemisch-alpinen Arten hier entstanden sind, findet er es „begreiflich, dass die nordischen Arten die zentralen Ketten vor-

¹⁾ Sur les causes de l'inégale distribution des plantes rares dans la chaîne des Alpes. Extrait des actes du Congrès botanique international de Florence 1874.

²⁾ l. c. S. 296 und S. 294.

ziehen. Hier finden sie die grösseren Höhen, in denen weniger alpine Arten mit ihnen konkurrieren, hier auch finden sie das extreme Klima.“

Gegen diese Erklärungsversuche, die ja sehr viel für sich haben, können nun verschiedene Einwände geltend gemacht werden. Wenn nämlich im Oberengadin einerseits und in den Walliser Alpen anderseits neue Arten entstanden wären, so müssten doch wohl diese beiden Orte endemische Arten besitzen¹⁾. Solche fehlen aber wie bekannt. Anderseits kommen eine Anzahl von endemisch-alpinen Pflanzen sowohl im Oberengadin als auch in den Walliser Alpen vor und da wir — mit Christ — keine polytope Artbildung annehmen, so müssen diese Pflanzen von ihrem Entstehungsgebiete aus gewandert sein, wenn sie in einem andern Gebiete wieder auftreten. Wenn also eine Art im Oberengadin entstanden wäre und wenn sie auch im Wallis erscheint, so müsste sie vom Oberengadin ins Wallis gewandert sein. Nun schiebt sich bekanntlich gerade zwischen diese beiden Gebiete ein drittes ein — die Tessinerlücke — dem, wenn auch nicht in dem Masse, wie Pampanini annimmt, viele Arten der beiden erstgenannten fehlen²⁾. Es ist nach

¹⁾ Anderseits ist noch darauf hinzuweisen, dass die Arten, welche den Reichtum der genannten Gebiete bedingen, zum grössten Teil ausserhalb der Schweiz sehr häufig vorkommen und zwar teils in den Ost-, teils in den Westalpen. Der Reichtum der beiden genannten Gebiete im Innern der Schweizeralpen ist ja eigentlich nur ein Abglanz des Reichtums ausser-schweizerischer Gebiete der Alpen, worauf wir zurückkommen.

²⁾ Pampanini (s. u.) nimmt an, dass eine allerletzte Eiszeit (une toute dernière glaciation) die Arten hier vernichtet habe — eine Annahme, die er in keiner Weise auf geologische Befunde stützt.

der Christ'schen Auffassungsart unerklärlich, dass eine Art, die an weit voneinander entfernten Orten gefunden wird, also relativ weit gewandert ist, nicht auch in diesem Zwischengebiete vorkommt. Ferner erklärt die Christ'sche Auffassung auch nicht den Reichtum der zwei Gebiete Oberengadin und Wallis, und ganz besonders nicht das Zusammengedrängtsein von so vielen seltenen Arten auf diesen relativ kleinen Gebieten.

Von neueren Arbeiten, die auf das in Frage stehende Gebiet Bezug haben, sind Engler und Pampanini zu erwähnen.

Der erste dieser Autoren deutet durch einen Pfeil auf der seiner Arbeit¹⁾ beigegebenen Karte an, dass die Alpenflora der Bernina floristische Beziehungen mit der der Bergamaskeralpen habe, was nur in sehr beschränktem Masse zutrifft, denn wie schon oben betont: Der Südhang des Berninapasses ist ganz auffallend arm und eine Einwanderung der Arten, die die Berninapasshöhe zu einer botanisch reichen machen, von Süden her, ist undenkbar. Pampanini hat es sich angelegen sein lassen²⁾, die Verbreitung von 160 Arten, die in den Cadorischen Alpen in verschiedenen Höhenzonen — es handelt sich nicht nur um alpine Arten — vorkommen, genauer zu verfolgen. Nach

¹⁾ Engler, A., Die Pflanzenformationen und die pflanzengeographische Gliederung der Alpenkette, erläutert an der Alpenanlage des botanischen Gartens Berlin. Notizblatt des botanischen Gartens. Appendix VII. 1901.

²⁾ Chodat et Pampanini, Sur la distribution des Plantes des Alpes Austro-Orientales, Le Globe, Journal géographique, Genève, T. XLI, 1902, und Pampanini, Essai sur la géographie botanique dans les Alpes et en particulier des Alpes Sud-Orientales, Diss. Fribourg 1903.

ihm hätten sich viele Pflanzen während der Eiszeit auf die Cadorischen Alpen geflüchtet, welche nach den Glazialgeologen grosse schneefreie Gebiete besassen. Diese Gebirgszüge bildeten also ein „massif de refuge“, wie ein solches schon früher von Chodat für die Walliser Alpen im Gran Paradiso aufgestellt worden war. Von den Cadorischen Alpen aus erfolgte nach Schluss der letzten Eiszeit nach Pampanini die Besiedelung des Stelviomassivs, welches ein sekundärer Ausstrahlungsherd wurde.

Den Reichtum der Walliser Alpen erklärt Pampanini mit Chodat durch die Nähe dieses Gebietes an den „massifs de refuge“. Auf die naheliegenden, sehr ähnlichen Verhältnisse im Oberengadin geht der genannte Autor nicht ein, obschon es hätte auffallen müssen, dass hier die Erklärung durch ein „massif de refuge“ nicht angewandt werden kann, da es ja hier keine Gebirgsteile gibt, die mit dem Oberengadin in guter Verbindung stehen und solche Verhältnisse aufzuweisen haben, dass sie als „massif de refuge“ im Sinne von Chodat hätten dienen können.

Übrigens müssen sich schon bei rein theoretischen Betrachtungen Zweifel an der Richtigkeit der Theorie der „massifs de refuge“ erheben: denn wäre sie richtig, so könnten niemals im Innern der vergletschert gewesenen Gebirge reiche Gebiete auftreten¹⁾, immer müssten die frühern „massifs de refuge“ reicher sein als das Innere des Gebirges.²⁾

Dass die Südalpen nicht die grosse Rolle, wie sie von Chodat und Pampanini angenommen wird,

¹⁾ Durch lokale Neubildung von Arten könnte allerdings ein reicheres Gebiet entstehen, vergl. aber oben.

²⁾ Vergl. die am Eingang citierte Arbeit S. 391.

bei der Wiederbesiedelung der innern Ketten der Alpen nach der letzten Eiszeit gespielt haben, scheint mir auch daraus hervorzugehen, dass von den Endemismen der Südalpen keine — so viel mir wenigstens bekannt — in das Innere der Alpen eingewandert sind.

In auffallender Weise wird übrigens von Pampanini die Frage, ob einzelne Arten die letzte Eiszeit im Innern der Alpen selbst überdauern konnten, nicht gestreift, obschon sich verschiedene Forscher darüber in bejahendem Sinne ausgesprochen hatten und obschon das die Grundfrage ist, die man sich stellen muss, sobald man die heutige Verbreitung in den Alpen zu erklären sucht.

Im Anschlusse an die Arbeiten von Chodat und Pampanini kommen wir am besten auf die zum Teil ältern von Briquet¹⁾ zu sprechen, die wir erst hier anfügen, um uns nicht wiederholen zu müssen. Nach der Ansicht dieses Autors war das Überdauern der Pflanzen im Innern der Alpen während der letzten Eiszeit unbedeutend und im Wallis, das uns ja in diesem Fall speziell interessiert, nimmt der gleiche Autor an, dass die letzte Eiszeit tabula rasa gemacht habe, so dass die Geschichte dieses Gebietes erst nach der letzten Eiszeit beginne. Bei Briquet spielen deshalb, wie bei Chodat und Pampanini, die zur letzten Eiszeit klimatisch schneefreien Gebiete bei der

¹⁾ Briquet, John, Recherches sur la Flore du district savoisien et du district jurassique franco-suisse avec aperçus sur les Alpes occidentales en général. Englers botanische Jahrbücher, 13. Band, 1890, und Le développement des flores dans les alpes occidentales avec aperçu sur les alpes en général, Ext. des Résultats scient. du Congrès internat. de Botanique de Vienne 1905. Jena 1906.

Wiederbesiedelung der Alpen eine sehr grosse Rolle und damit ist er ein Hauptverteidiger der Theorie der „massifs de refuge“, die wir oben zu widerlegen versuchten.

Diese Hypothesen früherer Autoren, die den Reichtum des Oberengadins und der Walliser Alpen meist durch Verhältnisse im Postglazial zu erklären suchten, reichen also nach unserer Auffassung nicht aus. Es sei uns deshalb gestattet, eine andere Hypothese aufzustellen, bei der wir bis in die letzte Interglazialzeit (Riss-Würm) zurückgreifen müssen.

Von verschiedenen Autoren ist schon darauf hingewiesen worden, dass die Orographie des Oberengadins ein kontinentales Klima bedinge. Da zur Zeit einer Vergletscherung eine ähnliche Orographie bestand, so musste sich die Gegend des Oberengadins auch damals durch ein mehr kontinentales Klima auszeichnen. Dieses Gebiet war also auch damals durch geringere Niederschläge, relativ warme Sommer und starke Insolation bevorzugt. Ähnliche Verhältnisse begünstigten auch die Walliser Alpen.

Wir kennen keine Einzelheiten über die damaligen Zustände und nur aus dem Vorhandensein von Moränen aus der letzten Eiszeit können wir schliessen, dass es Felsen gegeben hat, die ohne Schneebedeckung waren und deshalb durch Verwitterung Moränenmaterial liefern konnten, worauf schon Heer hinweist.

Auch heute haben wir die Nivalzone gar nicht als eine Zone aufzufassen, wo alles mit Eis und Schnee bedeckt ist. Wir finden vielmehr noch genug Stellen, die jährlich schneefrei werden, oft eine lange Zeit ohne Schneebedeckung bleiben und bewachsen sind. Solche Orte sind die Steilhänge, Felspartien, Rasenbänder der

Felsen ¹⁾, wo die Steilheit des Gehänges eine Anhäufung von Schnee nicht gestattet und wo er deshalb in Form von Lawinen frühzeitig zur Tiefe geht.

Ich kann mir — was die Schneebedeckung anbetrifft — nicht vorstellen, dass zur Eiszeit die Spitzen der heute noch vereisten Bernina ein wesentlich anderes Aussehen hatten als heutzutage. Da, wo jetzt an den Felsen wegen ihrer Steilheit kein oder nur wenig Schnee liegen bleibt, da gab es, wenn auch vielleicht zwar in etwas beschränkterem Masse, auch früher bei allfällig grösseren Niederschlägen im Sommer schneefreie Stellen wie heutzutage. Wenn es also auch zur letzten Eiszeit keine klimatisch schneefreie Stellen im Innern der Schweizeralpen gab, so waren doch orographisch schneefreie vorhanden.

Schwieriger jedoch scheint mir die Frage zu beantworten, ob jene schneefreien Stellen zur letzten Eiszeit eine Vegetation getragen haben oder nicht. Heer zeigte in seiner „Flora nivalis“, wie viele Arten heute in der Schneezone gedeihen. Er zählt z. B. für die rhätischen Alpen 194 verschiedene Pflanzen, die über einer Höhe von 2830 m vorkommen. J. Braun wird in einer in den nächsten Jahren erscheinenden Arbeit diese Zahl ganz bedeutend vermehren. Wenn wir diese Verhältnisse auf die Zustände der Eiszeit ausdehnen dürfen, so wäre auch damals eine ziemlich bedeutende Flora in den Alpen möglich gewesen. Damit sie aber die Eiszeit überdauern konnten, mussten diese Pflanzen auch fruktifizieren, sie mussten, da kein Standort ewig

¹⁾ Die windexponierten Stellen der Passhöhen und Gräte haben, obschon schneefrei, immer eine verarmte Flora; sie konnten für ein Überdauern der Eiszeit, wie ein solches unten angenommen wird, nicht von Bedeutung sein.

erhalten bleibt, überdies, wenn auch nur auf kurze Distanzen, wandern. Wie sich diese Verhältnisse gestalten, darauf geben uns unsere heutigen Kenntnisse keine Antwort. Können wir doch noch nicht einmal die Frage beantworten, ob die letzte Eiszeit durch Temperaturerniedrigung oder durch Vermehrung der Niederschläge oder durch Kombination dieser beiden Faktoren hervorgerufen wurde.

Andererseits spricht aber die heutige Verbreitung von vielen Arten der alpinen Zone entschieden dafür, dass sie wenigstens die letzte Eiszeit im Innern der Alpen überdauert haben, denn nur durch ein solches Überdauern der letzten Eiszeit kann man sich den Reichtum des Oberengadin und der Walliser Alpen an nordisch-alpinen und zugleich an endemisch-alpinen Arten und ihr Zusammengedrängtsein auf zwei relativ kleine Gebiete, von denen eines ohne Kommunikation mit den klimatisch schneefreien Gebieten der letzten Eiszeit war, erklären.¹⁾

Gerade die Berninagruppe zeigt — ähnlich wie die Walliser Alpen — günstige Verhältnisse für ein Überdauern von Pflanzen während einer grösseren Vergletscherung: südlich exponierte, steile Hänge sind bei

¹⁾ Bei seinen Studien über die nivale Flora kam auch schon Jos. Braun zu den gleichen Ansichten, die er in einem Referat über die oben genannte Arbeit von Chodat und Pampanini bereits angedeutet hat (Bericht der naturforschenden Gesellschaft des Kantons Graubünden, Bd. XLVI, 1904), worauf mich Braun aufmerksam macht. Seinem liebenswürdigen Verkehr verdanke ich übrigens manche Anregung, die ich bei der Abfassung dieses Abschnittes verwendet habe.

dem zerrissenen, tief eingeschnittenen Gebirge besonders häufig.

Nach dieser Hypothese vernichtete die letzte Eiszeit in den innern und nördlichen Schweizeralpen die Flora der heutigen Kultur-, Montan- und Subalpenzone, gestattete aber wenigstens einem Teil der alpinen Arten eine Existenz an besonders günstigen Orten, wo über der Oberfläche der Gletscher an Steilhängen, auf Rasenbändern, auf Felsen selbst und an ähnlichen Orten schneefreie Stellen vorhanden waren. Am Ende der letzten Eiszeit breiteten sich die Pflanzen wieder aus, während eine Anzahl anderer aber bei der Besitzergreifung des eisfrei werdenden Gebietes zurückblieben, sich nur über relativ kleine Gebiete ausbreiten konnten und deshalb „seltene alpine Arten“ genannt werden.

Eine relativ reiche Flora haben sich das Oberengadin und die Walliser Alpen, also Gebiete mit kontinentalem Klima, erhalten, während die an seltenen alpinen Arten armen Gebiete dagegen jene sind, die zur Höhe der letzten Eiszeit ein mehr ozeanisches, also in diesem Falle ein ungünstiges Klima hatten und wo sich deshalb keine oder nur wenige Arten erhalten konnten.

Der mittlere Teil des Alpenzuges war am stärksten vergletschert; er verarmte daher am meisten. Dieses zeigt sich in den Schweizer Alpen am stärksten. Die beiden an seltenen alpinen Arten noch relativ reichen Gebiete, das Oberengadin und die Walliser Alpen, stellen Überreste einer reicheren alpinen Flora der letzten Interglacialzeit dar, die sich hier dank der günstigen orographischen und klimatischen Verhältnisse erhalten konnten, während sie in den anderen mittleren und

nördlichen Gebieten der Schweizer Alpen durch die letzte grosse Vergletscherung vernichtet wurde.

Neben den zwei grossen Refugien im Innern der Schweizer Alpen bestanden wohl noch eine Menge kleinerer.¹⁾ Sie lassen sich zurzeit nicht mit Sicherheit feststellen, wohl aber ist es denkbar, dass sich auf sie die zerrissenen Areale vieler alpiner Arten zurückführen lassen. Im grossen und ganzen war die Wirkung der letzten Vergletscherung eine ungleichmässige Verarmung der alpinen Flora der innern und nördlichen Ketten der Schweizer Alpen, welche Ungleichheit sich an ihr heute noch nicht verwischt hat. Doch scheinen sich einige der relativ seltenen Arten langsam wieder auszubreiten, denn sie kommen am Berninapass auf Alluvionen, Moränen, auch bei kleinen Gletschervorstössen vereist gewesenen Gebieten vor. Im Gegensatz zu dieser relativ reichen alpinen Flora ist die subalpine im Puschlav und im Oberengadin arm. Die Täler waren ja in der letzten Eiszeit bis über 2200 m Meereshöhe mit Eis bedeckt und liessen keinen Raum für subalpine Arten. Mit dem Rückzuge der Gletscher aber konnte nur ein Teil der subalpinen Arten aus den äussern Alpenketten bei den ungünstigen orographischen Verhältnissen in die innern abgelegenen Alpentäler einwandern. —

Die Südalpen wurden von der Vergletscherung am meisten geschont. Hier konnten sich neben den heute als alpin geltenden Arten auch subalpine und

¹⁾ Im Puschlav selbst sprechen nach unsern heutigen Kenntnissen verschiedene Tatsachen dafür, dass am Sassalbo und in der Nähe des Cancianopasses sich solche Stellen befanden (vergl. S. 395 in der eingangs zitierten Arbeit).

stellenweise wohl auch solche noch tieferer Zonen erhalten; darauf beruht der heutige Reichtum der Südalpen an Endemismen verschiedener Höhenzonen.

Der Reichtum des Oberengadins an arktisch-alpinen Arten deutet aber noch auf eine andere Tatsache hin: diese müssen vor der grössten Ausdehnung der letzten Eiszeit (Würm) schon im Innern der Alpen gewesen sein, denn, wären sie erst nach der letzten Eiszeit aus dem Florenmischgebiet in die Alpen gewandert, indem sie den zurückweichenden Gletschern auf dem Fusse folgten, so müssten die nördlichen Alpenketten eher reicher (statt ärmer) an solchen Arten sein als die inneren Gebirgsteile. Es hat also zurzeit der letzten Vergletscherung, zur Würm-Eiszeit, wohl kein oder wenigstens kein bedeutender Florenaustausch mit der Arktis stattgefunden. —

* * *

Zum Schlusse haben wir noch unsere Stellung zu einigen andern Theorien klarzulegen, welche auf Grund der subfossilen Funde in den Glacialtonen der letzten Eiszeit im nördlichen Alpenvorland der Schweiz aufgestellt wurden. Bekanntlich hat man an verschiedenen Orten in auf Grundmoränen aufliegenden Tonen fossile Reste von Pflanzen gefunden, die an den betreffenden Orten heutzutage nicht mehr vorkommen, wohl aber — mit Ausnahme von *Salix polaris* — in der subalpinen und alpinen Zone der Schweizer Alpen angetroffen werden. Auf Grund dieser Funde wurde nun geschlossen, dass zurzeit des Rückzuges der letzten Eiszeit „eine baumlose Zwergstrauchtundra“ wahrscheinlich mit einer mittleren Jahrestemperatur von 3—4 ° C. (Schröter) geherrscht habe.

Diese Hypothese, die im Alpenvorland auf solch tiefe Temperaturen schliesst, ist nach unserer Ansicht unvereinbar mit der Hypothese, welche wir soeben zu begründen suchten und welche das Überdauern vieler alpiner Arten oberhalb der Gletscheroberfläche im Innern der Alpen annimmt, denn auch zur Eiszeit musste mit zunehmender Meereshöhe eine Temperaturabnahme verbunden sein. Wir haben deshalb noch zu untersuchen, inwiefern die Hypothese der „Zwergstrauchtundra“ begründet ist und ob der Schluss, den man in Bezug auf die damaligen Temperaturen gezogen hat, zwingend genug ist, um unsere Hypothese umzustossen.

Gegenüber den frühern Autoren ist nun in erster Linie geltend zu machen, dass die Dryastone in der Schweiz nicht derart gelagert sind, dass man von ihnen erwarten dürfte, dass sie die durchschnittlichen Verhältnisse der damaligen Zeit charakterisieren; vielmehr deutet alles darauf hin — wie ich das in der eingangs citierten Arbeit (S. 396—99) näher ausgeführt habe —, dass die Flora der Dryastone nur die der nächsten Umgebung der zurückweichenden Gletscher ist: eine „Gletscherendenflora“, die in Eiswassertümpeln zur Konservierung gekommen ist.

Von den in den Dryastonen aufgefundenen Pflanzen, die heute an den betreffenden Orten nicht mehr vorkommen, sind die meisten subalpin oder subalpin-alpin, nur wenige sind alpin resp. arktisch. Aber neben diesen kommen schon Wasserpflanzen des heutigen Klimas vor, die heute nie oder nur unter ausnahmsweisen Verhältnissen mit jenen einmal zusammentreffen. Diese Verhältnisse wurden in den meisten Dryastonen gefunden und hierin liegt ein Wider-

spruch, der nur dadurch gelöst werden kann, dass man die Existenz der kältefordernden alpinen und arktischen Arten der Nähe des Eises zuschreibt, also kein alpines oder arktisches Klima zur Erklärung der Fossilien der Dryastone für nötig erachtet. Andererseits spricht das Vorhandensein der Wasserpflanzen in den genannten Ablagerungen dafür, dass ein arktisches oder alpines Klima unmöglich gewesen ist, da ja diese Wasserpflanzen weder in die alpine Zone emporsteigen, noch in der Arktis gefunden werden. — Das Fehlen fossiler Spuren eines Baumwuchses in den genannten Tonen wird mit Unrecht auch als ein Beweis der Baumlosigkeit zurzeit der Ablagerung jener Tone und damit ungünstiger klimatischer Verhältnisse angesehen (vergl. S. 398 a. a. O.).

Wir dürfen also wohl sagen, dass das Klima am Schlusse der letzten Eiszeit kein arktisches gewesen sein muss und ebensowenig besteht ein zwingender Grund, aus dem Vorhandensein der Flora der Glacialtone auf ein arktisches oder alpines Klima schliessen zu müssen. Dass sich eher das Gegenteil beweisen lässt, darauf wurde schon hingewiesen.

Die Hypothese der „Zwergstrauchtundra“ baut also auf keinen Tatsachen auf, die die von uns aufgestellte Hypothese betreffend Überdauern der letzten Eiszeit in Frage stellen würden.

Wenn man die von uns für ein Überdauern der Eiszeit angegebenen Gründe anerkennt — wobei wir uns nie auf eine der vielen Ansichten über das Klima der letzten Eiszeit stützten — so spricht dieses Überdauern für ein relativ mildes Klima zurzeit der letzten Vergletscherung. Demnach stände unsere Hypothese eher im Einklang mit einer durch grössere Niederschläge,

als durch niedrigere Temperaturen hervorgerufenen letzten Eiszeit.

* * *

Zum Schlusse möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass die von mir hier aufgestellten Hypothesen nur auf die Tatsachen bauen, die ich bei der Bearbeitung der Puschlaverflora gefunden habe, seltener auf solchen, die in der Literatur zu finden sind. Es liegt mir ferne, damit irgend ein erschöpfendes Bild der Geschichte geben zu wollen. Ich bin mir auch wohl bewusst, dass auf Grund anderer Tatsachen andere Hypothesen aufgestellt wurden, welche vielleicht ebenso berechtigt wie unsere sind, aber hier — weil über den Rahmen der Arbeit hinausgehend — unberücksichtigt gelassen werden mussten.

Corrigenda: Seite 204, 17. Zeile: Val Chiamuera statt Val Chiamera.

Seite 208, 6. Zeile, füge hinter Wallis bei: an endemisch-alpinen und zugleich an nordisch-alpinen Arten.

