Klima und Blatt in der Regio alpina.

Von

Dr. J. R. Jungner.

Einleitung.

Während der Monate Juli und August im Jahre 1893 unternahm ich, von der Kgl. Schwed. Wissenschaftsakademie unterstützt, eine Reise in die Hochgebirge Jemtlands, um zu erforschen, in welchem Verhältnisse die Blattgestalten zu den einzelnen Klimaelementen der verschiedenen Gebiete ständen. Es folgt nun das Resultat meiner Forschungen insoweit als es Regio alpina betrifft.[1])

Wenn im Allgemeinen das Klima eine Umgestaltung der äusseren Form einer Pflanze hat ausüben können, was wohl nicht in Zweifel gezogen werden dürfte, so ist es auch feststehend, dass jeder besondere Factor auf den Stellen der Erde, wo derselbe mehr ausschliesslich, stark und hinreichend lange gewirkt, eine gewisse Gleichförmigkeit in der ganzen Vegetation zurückgelassen hat. So habe ich bereits in vorhergehenden Aufsätzen darauf hingewiesen[2]), wie in regenreichem Klima, je stärker und anhaltender der Regen ist, die Blätter der dort vorkommenden Pflanzen, wie weit sie auch in Betreff der Familie getrennt sein mögen, unter sich dennoch eine

---

1) Wahlenberg nennt so das Gebiet, welches zwischen der Waldgrenze (für Betula odorata) und der Grenze des ewigen Schnees liegt.

2) J. R. Jungner, Anpassungen der Pflanzen an das Klima in den Gegenden der regenreichen Kamerungebirge. Botan. Centralblatt 1891 No. 38. Derselbe, Om regnblad, daggblad och snöblad (Bot. Not. 1893 No. 3 och 1894 No. 3). (Ueber Regenblätter, Thaublätter und Schneeblätter.)

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0223-7

immer grösser werdende morphologische Gleichheit annehmen. Unter anderem werden sie durch ihre „Träufelspitzen“ ausgezeichnet. Diese meine Ansichten, zu welchen ich durch meine Untersuchungen gelangt bin, sind später durch die Wahrnehmungen E. Stahl's[1]) bekräftigt worden, welcher auf Java in der Hauptsache zu einem ähnlichen Resultat kam, wie ich es seiner Zeit auf den Bergen in Kamerun gewonnen hatte. Auch Haberlandt[2]) beobachtete während seiner Reise in den tropischen Ländern dieselben Verhältnisse. Ebenso die Untersuchungen Goebel's[3]), auf welche ich später zurückkommen werde, dürften hier im Zusammenhange erwähnt werden.

Jedes besondere Klima, wie auch der Boden und die Gesellschaft von Pflanzen und Thieren scheinen wie Gussformen zu wirken, in denen jedes biologisch gleichartige Organ der verschiedenen Arten und Individuen allmählich dieselbe Gestalt annimmt, und zwar in dem Grade, wie sie in entsprechender Weise den Einflüssen ausgesetzt sind. Um dieses constatiren zu können, muss man gerade die Gegenden studiren, wo mehr oder weniger ausschliesslich ein bestimmter Factor einwirkt. Erst nachdem auf solche Weise die entsprechenden Typen genau untersucht worden, kann man mit der Erklärung complicirterer Formen beginnen, welche das Resultat mehrerer zusammenwirkenden Ursachen zeigen.

Diese umgestaltende Einwirkung des Klimas findet ohne Zweifel theils in der Plasticität oder dem Anpassungsvermögen der Pflanze ihre Erklärung — was in Uebereinstimmung mit Stahl's Vorschlag[4]) mit convers, advers oder biversal bezeichnet werden kann, je nachdem die Pflanze sich Vortheile zu Nutzen zieht, Gefahren vermeidet oder beides gleichzeitig — theils in der Eigenschaft der Pflanzen und Formationen, wandern zu können, um hierdurch eine Stelle zu erobern, welche einerseits dem eigenen Bau und der Gestalt, anderseits den klimatischen Factoren Rechnung trägt.

So gute Resultate, wie die klimatologische Pflanzengeographie in den tropischen Ländern gewinnen kann, wo bei alter Flora das Klima oft einseitig ausgeprägt ist und zwar auf grösseren Gebieten, können natürlich nicht in den Gegenden errungen werden, wo die Flora jung

---

1) E. Stahl, Regenfall und Blattgestalt. — Ein Beitrag zur Pflanzenbiologie. — Extrait des Annales du jardin botan. de Buitenzorg 1893.

2) G. Haberlandt, Eine botanische Tropenreise, Leipzig 1893.

3) K. Goebel, Die Vegetation der venezolanischen Paramos. — Pflanzenbiologische Schilderungen. 1891.

4) E. Stahl, l. c. pag. 155.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0224-2

ist oder wo die Klimafactoren gleichmässiger zusammenwirken oder wo allerlei Umstände nicht selten verändernd auf die Vegetation sowohl als auch auf das Klima einwirken.

Die Flora Skandinaviens ist auch, wie bekannt, nicht besonders alt; allerdings werden die Klimaelemente wegen des gebirgigen oder coupirten Terrains vertheilt, jedoch nur auf kleinere Strecken. Da nun hierzu noch die nach der Eiszeit eintreffenden wechselnden Klima- und Niveauveränderungen kommen, so ist es sehr erklärlich und ganz natürlich, dass in Skandinavien solche Gebiete weniger typisch ausgebildet worden sind, wo biologisch gleichartige Organe bei systematisch weit getrennten Arten einen höheren Grad innerer und äusserer Gleichheit erreicht haben können.

Wenn aber hier ein Gebiet in dieser Richtung ausgeprägtere Typen aufweist, so ist es Regio alpina und zwar sowohl in Bezug darauf, dass die Flora dieser Regionen am frühesten in Skandinavien eingewandert ist, als auch, dass die extremen Klimaverhältnisse und eine schärfere Vertheilung von Klimaelementen hier mehr als in anderen Gebieten Skandinaviens herrschen. Auch mit Rücksicht darauf, dass Wälder innerhalb der Regio alpina fehlen, wodurch das Klima directer auf die Bodenvegetation hierselbst einwirkt, wird dieses Gebiet besonders zur Untersuchung geeignet. Auch keine Culturelemente haben hier die natürliche Zusammensetzung der Formationen stören können.

Obwohl die Reise nach Jemtlands Hochgebirgen hauptsächlich zwecks Untersuchung der Blattformen in nächster Nähe der Schneehaufen unternommen war, so fand ich mich doch bald veranlasst, auch andere Gesichtspunkte ins Auge zu fassen.

Ich studirte hierselbst die Umgebung vieler Schneehaufen und den Gletscher auf den „Sylspitzen“ und bestieg die höchsten Gipfel dieses Berges. Ausserdem wurden angrenzende Gebiete Norwegens besucht. Das ganze Gebiet von der Baumgrenze bis zu den höchsten Bergspitzen wurde durchwandert und statistische Berechnungen innerhalb aller verschiedenen Vegetationsgebiete vorgenommen.

Mit den Resultaten meiner Untersuchungen in diesen Hochgebirgen habe ich Beobachtungen, welche ich selbst und andere Forscher auf verschiedenen Hochgebirgen gemacht, zusammengestellt und so constatiren können, dass dieselbe Vertheilung von verschiedenen Blatttypen innerhalb Regio alpina, wie sie in Skandinavien mit Rücksicht einer Vertheilung der klimatischen Bedingungen durchgeführt worden, auch auf anderen Stellen der Erde vorkommt. Zuweilen jedoch trifft man nur wenige

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0225-8

Blatttypen nebst entsprechenden Klimagebieten, oder wie auf Paramos[1]) in Venezuela hauptsächlich ein einziger Blatttypus.

Es dürfte erwähnenswerth sein, dass bereits im Jahre 1839 in Lappland von Laestadius[2]) eine verschiedene Breite der Blätter beobachtet wurde, jedoch ohne dass die Ungleichheit der Formen mit den ungleichen Einflüssen der Klimafactoren in Zusammenhang gebracht wurde.

Bevor ich zur Darstellung der Blatttypen übergehe, will ich Einiges über die ungleichen Klimaverhältnisse auf den verschiedenen Stellen von Regio alpina sagen, wie ich solche auf den Hochgebirgen Jemtlands angetroffen habe.

Ueber die Klimafactoren und deren Vertheilung auf den verschiedenen Gebieten.

Die hauptsächlichsten Factoren, welche für das Klima der Regio alpina der skandinavischen Hochgebirge und ähnlicher Gegenden bestimmend sind, sind folgende.

1. Das allseitige und anhaltende, jedoch oft relativ schwache Licht während der Vegetationsperiode. Die Sommernächte sind hell und die Sonne befindet sich mit Ausnahme einer verhältnissmässig kurzen Zeit den ganzen Tag und die ganze Nacht über dem Horizonte. Die Beleuchtung, welche mit dem grossen Bogen, den die Sonne beschreibt, im Zusammenhange steht und daher auch mehr horizontal wird, nenne ich *circumpolär,* im Gegensatze zu dem kürzeren halbcirkelförmigen Bogen in den Tropen, welcher ausserdem vorzugsweise gegen die Erdoberfläche mehr senkrechte Strahlen wirft und den ich desshalb *äquatorial,* nenne. Infolge der anhaltenden Wirkung der Sonne während der Vegetationsperiode erhalten die Gewächse zuweilen die ihnen nothwendige Finsterniss in geringerem Grade.

Die directe Sonnenbeleuchtung wird also mehr horizontal und im Laufe des Tages mehr allseitig und anhaltend, allein gleichzeitig auch ziemlich schwach. Bekanntlich sind oft die höchsten Regionen der Berge in Wolken eingehüllt. Die chemische Intensität des diffusen Lichtes des hellen Himmels ist im Vergleich zum Sonnenlicht in diesen Gegenden verhältnissmässig stark.

---

1) Vgl. K. Goebel, l. c.

2) Laurentius Leo Laestadius (Pastor in Lapponia), Loca paralella plantarum. — Nov. acta reg. sociét. scient. Ups. Vol. XI, 1839.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0226-4

Die totale Intensität des Sonnenlichtes und des hellen Himmels wird dagegen hierselbst geringer.[1])

2. Die strenge Kälte während des Winters. Auch während der Vegetationsperiode kann die Temperatur tief sinken.

3. Die Abdünstung der Erdoberfläche, welche hauptsächlich durch folgende Umstände befördert wird: der verhältnissmässig geringe Sättigungsgrad der Luft, der gleichmässige Wind, der tiefe Barometerstand und die im Sommer zuweilen auf tieferem Niveau recht hohe Temperatur. Für die Blätter der Pflanzen wird diese Abdünstung oft desto fühlbarer, als eine entsprechende Aufnahme von Wasser aus der allzu kalten Erde nicht ohne Schwierigkeit vor sich gehen kann.[2])

4. Der Schneefall. Dieser ist während des Winters reichlich vorhanden und kann auch im Sommer in den höher belegenen Gegenden eintreffen. Ueberall innerhalb Regio alpina können Schneehaufen in Thälern und auf geschützten Stellen während des ganzen Sommers liegen bleiben. Der Niederschlag in dieser Jahreszeit besteht meistens aus Regen, welcher in vielen verschiedenen Formen — von Wolken bis zu dichten Thauregen — eintritt. Dagegen kommen heftige Regenschauer gar nicht oder höchst selten vor.

5. Der gleichmässige, ununterbrochene Wind.

Obwohl es bei oberflächlicher erster Betrachtung scheinen will, als ob diese Factoren in gleicher Proportion ab- oder zunehmen wollten, je höher man gegen Norden und hinauf zu den Spitzen der Hochgebirge kommt, so dürfte doch eine Vertheilung der Klimafactoren mit Rücksicht auf deren Einwirkung auf die Vegetation ungefähr auf folgende Weise stattgefunden haben.

A. Auf den höchsten Plateauen,[3]) welche in der Nähe der Gletscher sich befinden, herrscht zunächst ein für die Entwickelung des Blattes äusserst wichtiger Factor, nämlich das anhaltende und gleichzeitig allseitige, aber im Allgemeinen doch schwache Licht, im Verein mit Mangel an Dunkelheit, und weise ich betreffs dieser Umstände auf das, was oben im Punkte 1 gesagt worden, hin. Da auf diesen Gebieten Pflanzen wachsen, deren Blätter hauptsächlich in den warmen und hellen Jahreszeiten leben

---

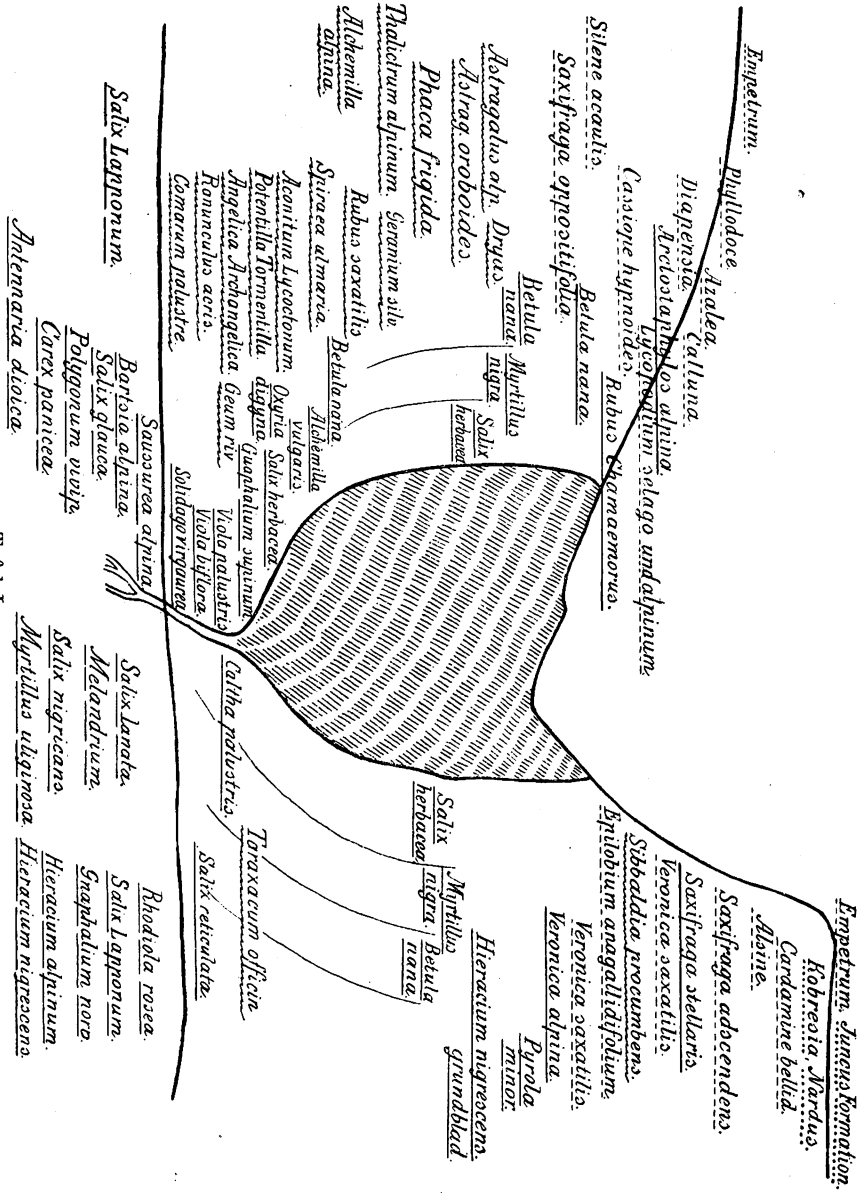
1) Vgl. Julius Hann, Handbuch der Klimatologie (Bibliotbek geographischer Handbücher) 1883, pag. 76.

2) Vgl. K. Goebel, l. c. pag. 11.

3) Das Terrain ist oft im Gegensatz zu dem der Haidekräuter eben oder concav.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0227-0

wie die Juncus-Arten und andere (siehe Taf. I), so können die hier auftretenden Blätter im Gegensatz zu den „wintergrünen“ Blättern



der angrenzenden Heidekräuter mit mehr Berücksichtigung zu den hier herrschenden Lichtverhältnissen ausgebildet werden. Sie sind von

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0228-6

der tiefen Temperatur des Winters nicht so abhängig. Die Kälte spielt daher bei der Ausbildung des hiesigen Blatttypus nicht die grösste Rolle, obwohl diese Vegetation in einer kälteren Gegend lebt als irgend eine andere. Dieser Factor dürfte doch in zweiter Linie kommen, da auch die Temperatur im Sommer in diesen hoch gelegenen Gebieten recht tief sinken kann. Auch die Ausdünstung ist hier infolge des geringen Luftdruckes stark, aber sie wird zuweilen in gewissem Grade von der eintretenden Feuchtigkeit der Luft nebst der tiefen Temperatur gedämpft. Die Schnee-, Regen- und Windverhältnisse scheinen auf diesem Gebiete eine nicht unbedeutende, allein im Verhältnisse zu den übrigen Klimafactoren doch eine untergeordnete Rolle bei der Ausbildung und Function des Blatttypus zu spielen.

B. Für die immergrünen Blätter der Heidekräuter (siehe Taf. I) hat der Winter eine recht tiefe Temperatur, welche um so schwerer zu ertragen ist, als nach Aussage der Eingeborenen nur selten eine erhebliche Schneedecke zum Schutze sich sammelt, da der Schnee unaufhörlich fortgeweht wird, um sich in Klüften und Thälern anzuhäufen. Im Sommer dagegen kann die Temperatur der Luft auf den Heiden sehr hoch steigen. Die circumpoläre Beleuchtung und der Mangel an nächtlicher Dunkelheit dürfte auch hier auf die Entwickelung und Function kräftig einwirkend sein, aber da die Sonne im Winter einen kleineren Bogen beschreibt, so wird die Nothwendigkeit einer voll durchgeführten conversen Anpassung des Blattes zu der allseitigen und horizontalen Beleuchtung, wie sie während der eigentlichen Vegetationsperiode herrscht, reducirt. Die Abdünstung ist aus den bereits oben angeführten Gründen ziemlich stark. Die Luft ist in ununterbrochener, gleichmässiger Bewegung. Auf diesem Gebiete wird der Boden infolge der Lage des Terrains nicht in so hohem Grade von kaltem Schneewasser durchtränkt, wie dieses in den hoch gelegenen Juncus-Platauen, auf den Abhängen, unter den Schneehaufen und in dem tiefer gelegenen Grauweiden-Gebiet der Fall ist. Die Schneegestöber im Winter wie auch die, obgleich verhältnissmässig geringe, liegenbleibende Schneedecke, dürften ebenfalls auf diese immergrüne Vegetation ihren Stempel aufgedrückt haben. Ebenso haben gewiss der regelmässige feine Regen und der gleichmässige Wind in ihrer Weise dazu beigetragen, den Gewächsen ihren bestimmten Charakter zu geben, dadurch, dass die hier vorkommenden Arten auch gegen diese Klimafactoren reagirt haben.

C. Das Grauweiden-Gebiet wird von dem von den Schneehaufen herunterrieselnden Schneewasser durchtränkt, dessen tiefe

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0229-4

Temperatur von Goebel[1]) gewiss sehr richtig als ein Hinderniss für die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln bezeichnet wird. Daher müssen die Pflanzen sich gegen zu starke Verdunstung ebenso schützen, als ob sowohl die Luft als auch der Boden oder beide äusserst trocken wären. Ausserdem wird die Temperatur der Luft auf diesem tieferen Niveau höher. Der Wind geht gleichmässig und ununterbrochen, obwohl nicht so stark wie auf den Abhängen oberhalb des Gebietes. Die Blätter der Pflanzen in der Grauweidenzone sind biegsamer und beweglicher als z. B. auf den Heiden. Aus sämmtlich angeführten Gründen sind hier die Blätter mehr den Folgen einer starken Verdunstung ausgesetzt. Auch die Lichtverhältnisse dürften auf diesem Gebiete einen sehr wirksamen Factor ausmachen. Die Kälte während des Winters wird für diese sommergrünen Blätter von untergeordneter Bedeutung. Doch dürfte die Behaarung, welche den Gewächsen des Grauweiden-Gebietes im Allgemeinen eigen ist, nicht bloss gegen Ausdünstung und die Intensität des Lichtes, sondern auch gegen die strenge Winterkälte schützen, da schon in der Knospenzeit die Behaarung gut entwickelt ist. Der Schnee soll im Winter auf diesem Gebiete höher liegen als auf den höher belegenen Plateauen und Bergabhängen, bleibt aber im Allgemeinen nicht bis zum Sommer liegen. Auch kaltem Thauregen und kaltem Wind scheint sich betreffende Vegetation angepasst zu haben.

D. Gewöhnlich in nächster Nähe der Schneehaufen, zuweilen aber auch recht weit von diesen Plätzen entfernt, welche der Schnee bis Mitte und Ende Juli einnimmt, herrschen gegen obige Gegenden weit verschiedene Verhältnisse, und die Gewächse, welche hier auftreten, leben unter ganz anderen Bedingungen.

Die Nähe des Schnees — der kalte und feuchte Wind von den Schneehaufen — senkt die Temperatur und hält dieselbe auch während des Sommers ziemlich niedrig, wogegen die kolossal hohe Schneedecke die Vegetation im Winter schützt. Durch diese sich ausgleichenden Temperaturverhältnisse erhalten diese Orte ein mehr insuläres Gepräge. Infolge des Liegenbleibens des Schnees tritt die Vegetationsperiode doch spät ein und wird daher kürzer als für die meisten übrigen Stellen von Regio alpina. Da die Schneehaufen sich immer in Klüften und Thälern befinden, wird auch die Vegetation, welche diese umgibt, dem Lichte weniger ausgesetzt als die Pflanzen, die auf den Plateauen oder in dem Grauweiden-Gebiet leben. Der

1) K. Goebel, l. c. pag. 11.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0230-5

Wind ist infolge der geschützten Lage bei den Schneehaufen verhältnissmässig schwach. Durch den ungeheueren Druck der Schneemassen wird die Erde oft — besonders an den Seiten der Schneemassen, weniger in den niedrigeren Begrenzungen dieser, an den Stellen, wo Bäche hervorrinnen — ziemlich fest, wodurch das kalte Schneewasser hier nicht in den Boden sickern kann, wie dies auf dem Grauweiden-Gebiet der Fall ist; dieses wird daher wenigstens einige Meter weit von den Schneehaufen weniger kalt als das letztere Gebiet. Die Luft ist ebenfalls weniger trocken und warm. Also sind mehrere Bedingungen für eine stärkere Ausdünstung der Blattfläche, nämlich die Wärme der Luft, der geringe Sättigungsgrad nebst der tiefen Temperatur der Erde im Vereine mit der Stärke des Windes, hierselbst weniger hervortretend als in den übrigen Gebieten.

E. Auf den Abhängen, weiter von den Schneehaufen entfernt, scheint der Wind verhältnissmässig der stärkste Klimafactor zu sein. Das Sonnenlicht wird allerdings auch infolge der Lage des Terrains weniger anhaltend als für die höher hinauf sich befindende Vegetation. Dagegen bedecken und beschützen sich gegenseitig die Blattlappen, welche im Allgemeinen die hiesigen Gewächse auszeichnen, ebenso wie die, im Zusammenhang mit den vielen Lappen stehende, dichte Zusammenhäufung von Elementen in diesen geschlossenen Formationen in ihrer Weise die Beschattung vermehrt. Ausserdem geht die Entwickelung jedes einzelnen Blattes meistens im Schatten der übrigen Blätter vor sich und zwar entweder unter dem verwelkten Laubdache des vorigen Jahres oder später unter dem Schutze der bereits aufgesprossenen frischen Blätter. Die Beleuchtung wird daher, was diese Gewächse betrifft, nicht so stark wirkend, als man vorher vermuthen sollte. Die Winterkälte spielt für diese sommergrünen Blätter eine mehr indirecte Rolle. Der Boden ist hier etwas feucht und ziemlich fest, aber wärmer als der rings um und unter den Schneehaufen. Infolge dessen und durch die verminderte Insolation bei den hier auftretenden geschlossenen Formationen wird auch die Verdunstung schwächer. Der Schnee bleibt natürlicher Weise nicht so lange auf den dem Winde und der Sonne ausgesetzten Plätzen liegen, als in den Klüften und Thälern. Auch der kalte feine Regen, manchmal von Wind begleitet, dürfte auf die Blätter der hier vorkommenden Gewächse reagirend einwirken.

Dass die eigene Beschaffenheit einer Formation und der Grad von Organisation derselben von grosser Bedeutung für ihre ungleiche Ausbreitung auf den verschiedenen Gebieten ist, ist selbstverständlich.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0231-1

Aber es ist auch klar, dass das Terrain und die physische Beschaffenheit des Bodens und der Bergarten — auch wenn jene nicht, wie bei der durch das Schneewasser herrührenden tiefen Temperatur, sich direct von den Wirkungen des Klimas herleitet — und die chemische Zusammensetzung des Bodens für die allgemeine Vertheilung der Pflanzen von Bedeutung sind.

Diese Umstände scheinen jedoch weniger auf die Entstehung von Gebieten mit bestimmten Blatttypen eingewirkt zu haben, welche ich desshalb als entsprechende bestimmte Klimafactoren bezeichne, als auf die verschiedene Ausbildung der einzelnen Formationen innerhalb des Gebietes für einen Typus.

Die obige Vertheilung der klimatischen Factoren, ebenso die im Zusammenhange damit auftretenden verschiedenen Blatttypen, ist jedoch nicht überall scharf begrenzt, was wohl die Veranlassung war, dass man früher so wenig bei diesem Gegenstand verweilt und dem Studium nach dieser Seite hin so geringe Aufmerksamkeit geschenkt hat. Ebenso breiten sich nicht überall die Gebiete im Verhältnisse zu einander aus, wie oben angedeutet worden ist. Der hier angeführte Fall, welcher von Taf. I beleuchtet wird, ist gewählt, weil dieser, eine gewöhnliche Erscheinung, zeigt, wie die Vertheilung, im Allgemeinen und im Grossen und Ganzen gesehen, ist. Dieses Verhältniss findet sich meistens in den mittleren und tiefer gelegenen Theilen der Regio alpina wieder.

Auf dem höchsten für phanerogame Gewächse zugänglichen Niveau der Hochgebirge, sowohl auf offenen Plätzen als auch in Klüften und Thälern, scheint diese Vertheilung von Blattformen mit Rücksicht auf die verschiedenen Einflüsse des Klimas weniger deutlich ausgeprägt zu sein, da auf diesen oft stark coupirten Gebieten keine Klimaelemente so exclusiv und constant wirken, wie auf einem tieferen Niveau.

Ueber die Ausbreitung der verschiedenen Blatttypen auf verschiedenen Klimagebieten.

Thaublätter.

Ehe ich weiter zur Darstellung der Blattformen innerhalb der verschiedenen Gebiete von Regio alpina gehe, werde ich erst einen Blatttypus erwähnen, dem ich den Namen Thaublätter gegeben. Schon in einem vorhergehenden Aufsatze[1]) habe ich in Kürze diese Blattgestalt

1) J. R. Jungner, Om regnblad, daggblad och snöblad (Bot. Not. 1893, Nr. 3 och 1894, Nr. 3.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0232-7

beschrieben. Gewöhnlich hat sie keinen Stiel oder ist nur mit einem verhältnissmässig kurzen versehen. Die Blattfläche ist typisch glatt und spatenförmig oder umgekehrt eirund, nach oben stumpf und an der Spitze oft wie ausgekniffen. Die Stellung ist schräg aufwärts. Den Namen Thaublätter habe ich diesem Typus desshalb gegeben, weil er in den Gegenden üppig vertreten ist, wo im Sommer die Regen spärlich sind und wo der Niederschlag zum grossen oder grössten Theil in der Form von Thau sich zeigt, z. B. in den subtropischen Zonen und in den Küstengebieten am Mittelmeer, und wo derselbe in Uebereinstimmung mit einem thaureichen Klima sich heimisch gemacht zu haben scheint.

Gewöhnlich ist der Regenniederschlag in der Heimath dieses Typus auf eine kurze Periode beschränkt; aber da hier ziemlich heftige Platzregen oft fallen, so steht dieser Umstand möglicher Weise im Zusammenhange mit dem Fehlen einer dichten Haarbekleidung.[1]) Der Niederschlag ist jedoch nicht anhaltend oder stark genug, um die Zweige niederdrücken zu können, wie dieses in den regenreichsten Gegenden in den Tropen der Fall ist. Die Blattstellung wird daher in gewissem Grade von der Beschaffenheit und Stärke des Niederschlags bedungen.

Auch die Form des Blattes dürfte zum guten Theil von diesem Klimafactor verursacht sein. In der Knospenlage decken nämlich die Blätter einander, so dass nur die oberen Theile den Thau auffangen können. Ob nun, wie Lundström[2]) annimmt, dieses Wasser direct in die Gewebe eingeführt wird oder nicht, so dürfte in keinem Falle bezweifelt werden, dass die Feuchtigkeit der Luft hier grösser wird. Die Folge ist, dass die zunehmende Turgescenz im oberen Theile des Blattes das Wachsthum befördert und dass durch den unmittelbaren Zutritt des Lichtes hierselbst das Wachsthum des Blattes in dessen Breite vor sich geht.

Ist diese Blattform somit durch den Einfluss des Thaues entstanden, so dürfte auch jene Form während der weiteren Entwickelung und in dem definitiven Statium besser als jede andere als Aufsammler der geringen Niederschläge fungiren, sei es nun Regen oder Thau.

Auch gegen das Licht scheint der Blatttypus reagirt zu haben. Schon in der Knospenlage sind infolge der Art und Weise der jungen Blätter, einander zu bedecken, die oberen Theile der stärkeren Be-

1) J. R. Jungner a. a. O.

2) A. N. Lundström, Anpassungen der Pflanzen an Regen und Thau. — Nova acta. Reg. Societ. Scient. Upsal. 1884.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0233-2

leuchtung ausgesetzt worden als die basalen Partien der Blätter und sind daher in die Breite gewachsen. Infolge der oft dichten Blattstellung ist die Blattbasis sogar zuweilen etiolirt worden, was hierselbst Anlass zum Wachsen in die Länge gegeben hat. Inzwischen ist eine anhaltende und stärkere Etiolirung dieses Blatttheiles — wie bei solchen Blättern, welche in Wäldern, schattigen Stellen und umwölkten Gegenden und denen, die eine längere Periode von der Knospenhülle geschützt werden — bei den in Frage kommenden Pflanzen im Allgemeinen nicht vorgekommen. Ein längerer Stiel oder „Expositionsorgan" ist daher gewöhnlich nicht entstanden. Die Beleuchtung ist während der Vegetationsperiode, auch den basalen Theil des Blattes betreffend, in diesen Gegenden stärker als z. B. in den tropischen Wäldern, und im Zusammenhange mit der langen Vegetationsperiode sind die Blätter eine längere Zeit wirksam und eine kürzere Zeit im Knospenstand als z. B. in den kälteren Gegenden, wo der Knospenschutz und die hierdurch erfolgende Etiolirung eine längere Periode währt. Ein stärker entwickeltes Expositionsorgan beim Thaublatt ist darum nicht von Bedarf gewesen.

Die Totalform des Blattes scheint somit ohne Zweifel zugleich von den Lichtverhältnissen bedungen worden zu sein. Diese Form wirkt nun normirend und schützend gegen diese Lichtverhältnisse, indem die nach oben breiteren Blätter die darunter sitzenden besser beschatten.

Ebenso dürfte es sich auch mit der Blattstellung im Verhältniss zur Lichtquelle verhalten, dass die erstere vom Lichte bedungen wird, aber auch später vor demselben schützt und dasselbe normirt. Durch Volken und Andere ist es constatirt, dass die verholzten Elemente bei grösserer Insolation stärker entwickelt werden. Ein Factum ist es auch, dass die lignificirten Elemente im Basaltheil oder Stiel dieser Blätter oft sehr stark entwickelt sind. Gelenkpolster, ein Organ, welches beim Regenblatt typisch vorkommt[1]), und das hauptsächlich aus Zellen mit gleichförmigen oder collenchymatisch verdickten Cellulosamembranen, zugleich aus einer central laufenden, schmalen und in geringem Grade verholzten Fibrovasalgewebe besteht, wird hier infolge Mangels einer längeren Regenperiode und durch das Vorhandensein einer stark wirkenden Insolation zu einer stark verholzten gleichförmigen Partie umgebildet.

---

1) J. R. Jungner, Om regnblad etc.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0234-8

Diese Partie hält auch die Blattfläche, deren Schwere dadurch erheblicher wird, dass die grösste Breite in die Nähe der Spitze gelegt ist, in einer constanten Lichtstellung.

Die aufwärts gerichtete Stellung der Fläche schützt natürlich gegen das stärkste mehr senkrecht einfallende Sonnenlicht.

Stellung und Totalform scheinen somit auch unter dem Einflusse des Lichtes entstanden zu sein, wie auch diese Blattgestalt besonders geeignet ist, in der Heimath der damit ausgerüsteten Pflanzen unter den hiesigen Lichtverhältnissen zu fungiren.

Auch der Mangel der Blattzähne steht ohne Zweifel im Zusammenhange mit den Klimaverhältnissen, unter welchen diese Gewächse leben und ist wahrscheinlich die Folge der abwechselnden Einwirkung von Thau und Licht. In der Nacht werden die Blätter von den Thautropfen befeuchtet, vorzüglich die Ränder, wo die Adhäsion beim Vorhandensein von Zähnen grösser ist, am Tage wird die Turgescenz durch die intensive Wirkung der Sonne in hohem Grade vermindert. Durch diese unaufhörlichen wechselnden Wirkungen zwischen dem Sonnenschein am Tage und dem Thau bei Nacht müssen nach und nach die Zähne verschwinden, wie es sich auch mit den Träufelspitzen bei den Regenblättern verhält, wenn diese ausserhalb der Einwirkung des feuchten Klimas ihrer Heimath verpflanzt, oder, wie unter der Trockenperiode, eine längere Zeit der Sonne ausgesetzt werden. Diese Spitzen werden dann vertrocknet, und in regenarmen Gegenden fehlen sie ganz und gar.

Es ist klar, dass sowohl der Thau als auch der Regen leichter hinunter nach der Basis der Blattfläche geleitet wird, da die die Tropfen aufhaltenden Zähne fortgeschafft sind. Ebenso ist es auch selbstverständlich, dass die Bewegung, durch welche diese in der Knospe dicht sitzenden Blätter eine constante Stellung gegen das Licht einnehmen, ungehinderter vor sich gehen muss, da die Zähne fehlen, — eine Bewegung, die von desto grösserer Bedeutung sein muss, als eine abnorme Lichtstellung infolge der Intensität der Sonne und des diffusen Lichtes für die Blätter in diesen Gegenden grosse Gefahren mit sich führen würde.

Im grossen Ganzen gesehen, dürfte dieser Blatttypus in den von Drude[1]) aufgestellten Vegetationszonen III und V allgemein sein. So z. B. kommt derselbe, wie schon erwähnt ist, in den Küstengebieten des Mittelmeeres vor. Ausserdem tritt er auch oft in den

1) O. Drude, Handbuch der Pflanzengeographie 1890 pag. 85 u. 91.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0235-4

Ebenen der Tropen und auf einem schmalen Strich in der Nähe des Meeres auch in den tropischen Regengebieten auf, wo xerofiler Bau und Form bei den Blättern aus mehreren Gründen, welche von Goebel und A. F. W. Schimper vorgeführt sind, bedungen werden, schliesslich auch oberhalb der Urwälder der tropischen Hochgebirge. Vergleiche was E. Stahl[1]) in Betreff dieser Verhältnissen über West-Java sagt. Nach Goebel[2]) kommt zwischen der Waldgrenze und dem eigentlichen Paramos — den waldlosen Hochgebirgsgegenden in Venezuela — eine Art xerofiler „Buschwald" vor, welcher wahrscheinlich in der Hauptsache eine ähnliche Blattform aufweist. Auf dem Kamerungebirge, wo ich Gelegenheit hatte, selbst die Gebiete für diesen Blatttypus zu sehen, tritt dieser hauptsächlich in den Thälern nicht weit von den Regenbächen gleich oben an der Baumgrenze, doch oft in Gesellschaft gesägter Blattformen auf. Beispielsweise mögen angeführt werden: *Myrica salicifolia* Hochst., *Hypericum lanceolatum* Lam., *Lasiosiphon glaucus* Fres. (Thymeleace), *Euphorbia ampla* var. *tenuior* Hook., *Agauria salicifolia* var. *pyrifolia* Hook. fil. (Ericacee), *Pittosporum Mannii* Hook., *Ilex capensis* Lond. & Harv., *Pavetta Hookeriana* Hiern. (Rubiace), *Pygeum africanum* Hook. (Rosacee). Diejenigen von diesen Arten, welche typisch nicht zu den Thaublättern gehören, kommen denselben doch sehr nahe, sowohl in Hinsicht auf des Blattes Form als auch dessen Stellung. Auf diesem Gebiete ist der Niederschlag bedeutend geringer und besteht aus schwächerem Regen als am Fusse des Kamerungebirges, welcher Umstand ohne Zweifel der Blattfläche die aufwärts gerichtete Stellung gegeben hat.

Obwohl dieser Typus also, streng genommen, nicht im Allgemeinen dem eigentlichen Regio alpina-Gebiet angehört, so habe ich ihn dennoch hier angeführt, weil er in gewissen Fällen auf dem tieferen Niveau die Fortsetzung der folgenden, im Regio alpina-Gebiet vorkommenden Typen ausmacht.

Verdunstungsblätter.

Das Gebiet, welches gleich oberhalb der Baumgrenze liegt, aber unterhalb der steileren Abhänge von Anhöhen und Plateauen unter den in den Klüften belegenen Schneehaufen, das beständig von dem aus dem Schnee herunterrieselnden kalten Schneewasser durchfeuchtet

1) E. Stahl, l. c. pag. 129 u. 130.
2) K. Goebel, l. c. pag. 4 u. 5.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0236-0

wird, und wo der Boden von dem Wasser oft sumpfartig geworden ist, nennt man gewöhnlich die Grauweiden-Zone.

Diese besteht zum grösssten Theile — besonders die obere Schicht der Vegetation, welche am meisten der unmittelbaren Einwirkung des Klimas ausgesetzt ist — aus Pflanzen mit graubehaarten, in Form mehr oder weniger umgekehrt eirunden Blättern, welche die grösste Breite oberhalb der Mitte von der Blattfläche haben. Sowohl an den Grenzen dieser Formationen als auch auf offenen Plätzen innerhalb derselben als auch, obwohl seltener, im Schatten des Grauweidenbestandes treten ausserdem viele Kräuter auf — verschiedenen Familien angehörend —, welche eine mehr oder weniger gleiche Blattgestalt haben. Zuweilen ist der Stiel des Blattes dieser Pflanzen noch unentwickelter als dies mit denen der Grauweiden der Fall ist.

Was hier gleich in die Augen fällt, ist die grosse Uebereinstimmung der Blattform auf diesem Gebiete mit den Thaublättern. Aber die starke Behaarung zeigt doch den Unterschied von denselben. Diesen Blatttypus nenne ich Verdunstungsblätter mit Hinsicht auf die starke Ausdünstung des betreffenden Gebietes und den hierdurch, aber auch, wie wir später sehen werden, durch andere Umstände veranlassten und gut entwickelten Verdunstungsschutz.

Der Hang zu Haarbildung leitet sich ohne Zweifel von den stark wirkenden Verdunstungsfactoren her.

Hier soll nur der Verlauf der Haarentwickelung beschrieben werden, wie er, nach meinem Dafürhalten, im Allgemeinen vor sich gegangen ist.

Im frühen Stadium ist die Verdunstungsstärke infolge folgender Umstände gedämpft.

Die Luft ist beim Liegenbleiben der Schneedecke und deren Niederschmelzen feucht und nicht besonders warm. Die Spaltöffnungen und die Intercellularräume der jungen Blätter haben noch nicht ihre Entwickelung erreicht und die Communication durch die Spaltöffnungen ist noch nicht fertig.

Durch Knospenschuppen und andere schützende Organe wird der Zutritt des Windes verhindert.

Durch das starke Zusammenrollen des Blattes in der Knospe ist die Transpiration noch mehr gehemmt und das während einer verhältnissmässig langen Periode. Der osmotische Druck wird daher, trotz der langsamen Wasseraufnahme durch die Wurzeln, sehr stark. Da nun hiezu noch der geringe Druck

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0237-5

der dünnen Luft auf die Aussenwände der Dermatogenzellen kommt, so ist die Folge, so weit diese Wände schon im frühen Stadium keinen sehr festen Bau erhalten, dass die Zellen, welche eine verhältnissmässig höhere Turgescenz haben, in der Richtung wachsen, wo der Widerstand am schwächsten ist; d. h. alle (fünf) von den in der Nähe liegenden Zellen begrenzten Seiten einer Zelle leiden unter einem starken Druck, während die nach aussen gewendete Wand durch den verminderten Druck sich hervorwölbt; und die Zelle ist zu einem Haare geworden. Aber diese erste Entwickelung einer Tricombekleidung wird daher gegen fehlende Verdunstung reagirend; und so lange die jungen Haare noch turgescent sind, ist es klar, dass sie die Transpirationsfläche vergrössern und somit ihrer Function nach auch dem Bedarf entsprechen, denn in gewissem Grade findet auch in diesem Stadium eine Transpiration statt.

Aber da nun die äusseren Umstände in unten beschriebener Weise und infolge dessen auch die Blätter selbst sich umgestalten, d. h. wenn die Luft trockener und wärmer wird, Intercellularräume und Athemhöhlen ausgebildet, die Spaltöffnungen als Communication mit der äusseren Luft fertig geworden sind, wodurch der Druck von den inneren Geweben vermindert worden, und wenn die Knospenschuppen abgeworfen sind und das Blatt seine Fläche für den Wind und die Einwirkung der dünnen, warmen und trockenen Luft ausgebreitet hat, so reagiren auch die Haare gegen diese Veränderungen. Die Verdunstungsfactoren sind zu stark geworden, die Haare selbst besitzen keinen Schutz, ihre Turgescenz geht verloren. Zusammengerollt und eingehüllt in einander, schützen sie nun die übrige Pflanzenmasse gegen die Fähigkeit der Insolation, des Windes und anderer Factoren, die Verdunstung zu verstärken.

Unter der Einwirkung ähnlicher Kräfte entsteht mit aller Wahrscheinlichkeit die starke Bekleidung bei den Pflanzen, welche oft in sehr warmen Wüstengegenden leben und bei denen, von welchen die Vegetation auf Salzsteppen zusammengesetzt ist.

Ebenso wie die Haare der Grauweidengewächse vermuthlich unter Einwirkung des einerseits starken Druckes der umliegenden Zellen und anderseits des verminderten Druckes der Luft auf der Aussenwand der Epidermiszelle wachsen, so dürfte bei den Gewächsen in heissen Gegenden und in Salzsteppen der Mangel verdünnter Luft durch einen sehr verstärkten, bei den ersteren infolge der höheren Temperatur, bei den letzteren durch den grösseren Salzgehalt, osmotischen Druck der umgebenden Zellen ersetzt werden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0238-1

Die Umstände, welche die Verdunstung befördern, scheinen somit der Pflanze die Möglichkeit zur Ausbildung von Schutzmitteln gegen eine allzu starke Verdampfung gegeben zu haben.

Der ursprüngliche Thaublatttypus mit glatten, dünnen oder lederartigen Blättern, der Spatenform sich nähernd, hat mit aller Wahrscheinlichkeit ein früheres Stadium ausgemacht. Dieser Typus, welcher, wie ich erwähnt, auf tieferem Niveau als die Verdunstungsblätter vorkommt, wird bei seiner Wanderung hinauf nach den Hochgebirgen von den neuen hier herrschenden Klimafactoren umgeben und ist von diesen weiter zu einem dicht mit Haaren bewachsenen Typus umgestaltet worden. Dass ein entgegengesetztes Verhältniss stattfinden und die ganze Haarbekleidung von den auf niederem Niveau vorkommenden starken Regenschauern fortgespült werden kann[1]), dürfte einleuchtend sein.

Das Grauweiden-Gebiet über der Baumgrenze findet sich sowohl auf tieferem Niveau weit hinauf im hohen Norden als auch auf den Hochgebirgen von kälterem oder wärmerem Klima. So hat z. B. Assistent O. Ekstam mir mitgetheilt, dass deutlich geschiedene Grauweiden-Gebiete, mit der Begrenzung, die ich diesem Begriff gegeben, in den arktischen Gegenden bis hinauf nach Nowaja Semlja angetroffen werden. Assistent H. Dahlstedt, welcher während des vorigen Sommers die Alpen besuchte, theilte mir mit, dass allerdings ein Theil dieser Hochgebirge, wie La Dôle im Jura, wahrscheinlich infolge des mehr steilen Terrains, keine besonders ausgeprägte Gebiete von Grauweiden aufweist, dass aber auch da ein Theil graubehaarter Pflanzen die Uebereinstimmung mit diesen ausmacht. Hier an der Waldgrenze und darüber, auf dem Gebiet, welches unserer Grauweidenzone am meisten entspricht, treten beispielsweise folgende Arten, mit Haarbekleidung hauptsächlich auf der unteren Seite des Blattes versehen, auf: *Aronia rotundifolia,* spärlich; *Sorbus Aria,* zerstreut; *Sorbus Chamaemespilus*, spärlich; *Salix*-Arten mit grauhaariger Rückseite, zerstreut; *Centaurea montana,* zerstreut; *Crepis montana,* zerstreut; *Rhododendron hirsutum,* zerstreut, u. a.

Auf anderen Theilen der Alpen weisen dagegen diese Gebiete eine deutlichere Uebereinstimmung auf.

In den Gebirgsgegenden Spaniens und in den Länderu des östlichen Mittelmeeres sind dagegen, wie bekannt, die grösseren Gebiete

---

1) J. R. Jungner, Om regnblad etc. pag. 91, 3.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0239-0

mit Pflanzen bewachsen, welche eine äusserst dichte filzhaarige Bekleidung zeigen.

Bei kleinen Wasseransammlungen in Abessinien und an den Quellen des Nils kommt (nach Sabbatier) auf einer Höhe von 3,300 m häufig eine Form von *Salix Safsaf* vor, die stark grauhaarig ist. Auch auf dem Himalaya und anderen Gebirgen Asiens gibt es stark behaarte *Salix*-Arten auf entsprechender Höhe.

Nach Goebel besteht die Vegetation auf Paramos in Venezuela ebenso wie in anderen ähnlichen Gegenden Südamerikas zum wesentlichen Theil aus dicht behaarten Gewächsen. Er hält ebenfalls die Haarbekleidung hauptsächlich für einen Transpirationsschutz. In Venezuela scheinen die Compositaceen die Vegetation auszumachen, welche die Grauweiden auf einer Höhe von 3000—4000 m ersetzt.

Auch auf dem Kamerungebirge, auf einer Höhe von 3000—4000 m, kommen, im Zusammenhange mit der durch die kalten Regen verursachten Abkühlung des Bodens, eine Menge dicht behaarter Arten, meistens Compositaceen, vor, u. a. *Helichrysum*-Arten und Labiaten, nebst mehreren behaarten Gräsern und der buschartigen, mit graubehaarten Blättern versehenen *Adenocarpus Mannii*. Das ganze Gebiet auf dem Kamerungebirge, das mit behaarten Blättern bewachsen ist, kann jedoch nicht als der Grauweiden-Zone der Hochgebirge Skandinaviens entsprechend betrachtet werden, vielmehr dürften annähernd die tiefer gelegenen Theile des baumlosen Bergplateaus mit den trockenen Steppen der Hochgebirge des südöstlichen Europas zu vergleichen sein, deren Vegetation ebenfalls zum grossen Theil von behaarten Arten zusammengesetzt ist. Die behaarten Gräser, welche nebst anderen langblätterigen behaarten Gewächsen hier die Savannen zusammensetzen, geben der Landschaft einen steppenartigen Charakter.

Kehren wir nun zu der Grauweiden-Zone der Hochgebirge Jemtlands zurück, so beobachtete ich daselbst, dass die Behaarung das gewöhnlichste Schutzmittel gegen die Verdunstung ist, welches jedoch durch andere Anordnungen ersetzt werden kann.

Es ist klar, dass durch eine schon im frühen Stadium verdickte und cutinisirte Oberhaut die Haarbildung verhindert werden kann, wie auch anderseits wieder gerade eine solche Hautverdickung die Haarbekleidung ersetzen kann.

So dürfte es sich auch mit dem Wachsüberzug verhalten, welcher so oft, besonders auf der unteren Seite der Blätter in diesem Gebiete vorkommt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0240-1

Die dicken, fast centrischen und succulenten Blätter, welche bisweilen hierselbst angetroffen werden, z. B. bei *Saxifraga aizoides,* sind wahrscheinlich mit Rücksicht zu dem vom Wasser und der Unterlage reflectirten Lichte, wie wir später sehen werden, aber auch als Schutz gegen allzu starke Transpiration ausgebildet. Auch die Entstehung dieses Typus wird ohne Zweifel von den Factoren, welche die Verdunstung befördern, auf die Weise vermittelt, dass hier unter der Einwirkung erwähnter Factoren überall ein Zuwachs im Meristem der Blattanlage leichter vor sich geht, während bei den haarigen und bifacialen Blättern nur das Dermatogen, und von diesem nur ein Theil der Zellen gegen obige Impulse reagiren.

Der centrische Bau der succulenten Blätter dürfte ebenfalls von dem allseitigen Lichte bedungen werden, welches die Folge des Auftretens dieser Arten theils in der Nähe von Wasser, theils auf einer Unterlage ist, wovon das reflectirte Licht nach allen Seiten verbreitet wird. Hierüber mehr im Zusammenhange mit den „Circumpolären Lichtblättern".

Nach dem Regen scheint auf den Blättern oft auf gewissen Stellen derselben eine Wasseransammlung liegen zu bleiben, welche nach und nach die ganze Fläche überziehen kann und die nicht selten ziemlich tief ist. Bei eintretendem Sonnenschein dauert es daher eine Weile, bis das Wasser verdunstet ist. Die Wasseransammlung bildet also eine Art Verdunstungsreservoir. Es ist klar, dass auch der feinste Regen wie auch die Wolken, welche oft über das Gebiet ziehen, entweder die Räume zwischen den Haaren mit Wasser ausfüllen, oder wenigstens die Luft, welche hier besser aufgehalten wird, feucht machen. Die Haarbekleidung verhindert weiter durch die Beschattung das allzustarke Einwirken der Licht- und Wärmestrahlen auf die assimilirende Fläche. Durch den dichten Haarpelz kann auch der Wind nicht so leicht zu der Epidermisfläche eindringen. Die Bekleidung wird um so nothwendiger, als der Wind zuweilen die Blätter in Bewegung setzt, wodurch die Verdunstung in hohem Grade verstärkt wird. In dieser Beziehung werden die beweglicheren Blätter der Grauweiden-Zone der Verdunstung mehr ausgesetzt als z. B. die kleinen festgebauten Blätter bei den auf den Plateauen lebenden, heidekrautartigen Gewächsen.

Im Zusammenhange hiermit möge darauf hingewiesen werden, dass viele hier lebende dem Winde ausgesetzte Gewächstheile, z. B. die Stiele bei den *Hieracium*-Arten, immer mehr nach oben behaart

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0241-6

sind, je mehr die Schnelligkeit der Biegungsbewegung, durch den Wind hervorgerufen, gerade nach oben zunimmt.

Für die Grauweiden- wie auch die eigentliche Paramos-Vegetation dürften die schwachen, feinen Regenniederschläge nicht die Kraft besitzen, die Behaarung wegzuspülen. Da diese Blätter nur sommergrün sind, werden sie natürlich auch nicht, wie das mit den kleinen Blättern auf den Plateauen der Fall ist, im Winter dem Schneegestöber ausgesetzt, was vielleicht bei diesen letzteren die Ursache des Mangels an Haarbekleidung auf den für Wind und Schnee exponirteren Theilen ist.

Auch der anatomische Bau der Grauweidenblätter steht im nächsten Zusammenhang mit den äusseren Verhältnissen, unter welchen diese Gewächse leben.

Das Schwammparenchym ist mächtig und von Intercellularräumen gefüllt. Die Haare sind lang, flach und einzellig und scheinen mit den Epidermiszellen, von welchen sie gekommen, zu communiciren. An der Basis sind die Haare stark verdickt. Der Rand des Blattes ist gewöhnlich etwas umgebogen, welcher Umstand in gewisser Beziehung der Anfang des umgebogenen Randes sein kann, der für die auf dem höheren Niveau vorkommenden, immergrünnen, kleinblätterigen Heidegewächse charakteristisch ist.

Auf dem Grauweidengebiet besteht, wie erwähnt, die Vegetation typisch aus Arten mit behaarten, oft dicht graufilzigen, kurzstieligen oder ungestielten, spaten- und zungenförmigen oder umgekehrt eirunden, selten etwas lanzettlichen Blättern mit der grössten Breite immer über der Mitte der Fläche.

Als Beispiele mögen von den Hochgebirgen Jemtlands angeführt werden: *Salix glauca, S. lanata* och *S. lapponum; Gnaphalium norvegicum; G. supinum* (in der Nähe der Schneehaufen); *Hieracium alpinum* und andere Arten; *Bartsia alpina* (bildet den Uebergang zu dem bei Schneehaufen auftretenden gerundeten und gesägten Typus); *Melandrium silvestre; Cerastium alpinum; Myosotis silvatica; Erigeron*-Arten und *Antennaria*-Arten u. m. a.

Ein Theil Blätter der hier vorkommenden Arten bildet den Uebergang zu einem mehr langgestreckten Typus, wie: *Cirsium heterophyllum; Saussurea alpina, Hieracium nigrescens* (mit runden, gezähnten Grundblättern); *Leontodon autumnale* (stark behaart).

Ein Theil Arten haben Thaublatttypus mit bläulicher Unterseite der Blätter, z. B.: *Polygonum aviculare; Viscaria alpina; Myrtillus*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0242-2

uliginosa; Rhodiola rosea (bildet den Uebergang zu den runden Schneeblättern).

Auf diesem Gebiete treten auch einige Gras- und Carex-Arten auf, welche sich in entsprechender Weise wie die bläulichen Thaublätter ausgebildet haben, nämlich: *Poa alpina*; *Phleum alpinum* und *Carex*-Arten.

Hier kommen auch Arten vor, welche durch die Stellung der Blätter und Blättchen oder durch deren Form oder durch beides dem voraus erwähnten Thaublatttypus zugehören oder sich nähern, z. B.: *Orchis maculata; Coeloglosum viride; Menyanthes trifoliata* (aufrecht stehende Blättchen mit schmäler werdender Basis); *Lotus corniculatus* (Blättchentypus wie bei M. trifol.); *Trifolium pratense* (die Stellung der Blättchen beinahe aufrecht, rund mit etwas schmäler werdender Basis); *Tussilago Farfara* mit seinen runden, gezähnten Blättern kommt dem Schneeblatttypus am nächsten, tritt aber in der Grauweidenregion auf Plätzen mit kalter Feuchtigkeit auf, wie auch die Behaarung der Blätter andeutet; *Salix reticulata* bildet auch ihrer Form nach einen Uebergang zwischen den Verdunstungs- und den Schneeblättern. Die Blätter sind bei dieser Art zuweilen umgekehrt eirund mit etwas eingebogenem Rande, zuweilen cirkelrund mit Zähnen versehen. Die Behaarung auf der Unterseite erinnert an die Grauweiden. Diese *Salix*-Art ist ziemlich verbreitet, doch scheint dieselbe vorzüglich den über der Grauweidenzone belegenen Abhängen zuzugehören, nicht weit von den Schneehaufen.

Andere ganz ausserhalb des Typus der Verdunstungsblätter stehende, hier in der Bodenbedeckung vorkommende Arten sind z. B.: *Galium boreale; Epilobium lineare; Nardus stricta; Eriophorum*-Arten; *Andromeda polifolia; Saxifraga aizoides, S. oppositifolia; Juncus*-Arten; *Parnassia palustris; Majanthemum bifolium* u. a.

Ausser den verschiedenen Grauweidenformationen, in welchen die graubehaarten Gewächse die Hauptmasse ausmachen, besonders von den höheren Schichten, werden hier auch andere Formationen angetroffen, welche in diese eingeschoben sind.

Besonders ist die Hainthälchen-Formation auf diesem Gebiete ganz gut repräsentirt, wenn auch nicht so geschlossen, wie auf höheren und tieferen Niveaus. Ueber den eigentlichen Grauweiden tritt diese Formation nämlich wieder, wie es scheint, mehr compact auf. Die Hainthälchen-Gewächse, welche hier vorkommen und oft von den Grauweidenbüschen beschattet werden, sind u. a. folgende: *Viola biflora, V. palustris; Geranium silvaticum; Geum rivale; Alche-*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0243-8

milla vulgaris; Ranunculus acris; Sceptrum Carolinum; Pedicularis-Arten; *Aconitum Lycoctonum; Cornus suecica; Majanthemum bifolium; Trientalis europaea; Potentilla Tormentilla; Solidago Virgaurea.*

Auf tieferem Niveau werden wieder Verdunstungsblätter angetroffen, z. B. auf Hainabhängen. Hier treten auf u. a.: *Salix caprea, S. aurita.*

Kälteblätter.

Auf den kalten, trocknen und vom Lichte mehr allseitig bestrahlten Heiden, meistens mit *Empetrum nigrum* und kleinen *Ericineen* bewachsen, sind die Blätter klein, dichtsitzend und schief aufrechtstehend. Die äussere Totalform der Blätter weicht wenig von der der Thau- und Verdunstungsblätter ab, jedoch sind die Ränder zurückgebogen. Da diese Blätter im Allgemeinen wintergrün sind, so liegt es nahe anzunehmen, dass diese Zurückbiegung der Ränder, wie auch die dichte Zusammenhäufung der Blätter das Reagiren des Blattes gegen die Winterkälte ausdrücken. Aus Gründen, die weiterhin deutlich werden sollen, habe ich auch angenommen, dass ein solches Reagiren stattgefunden hat und nenne daher diesen Blatttypus Kälteblätter.

Ich sehe nämlich die Kälte hierselbst für den stärksten und kräftigst wirkenden Klimafactor an. Die übrigen Factoren, nämlich die Verdunstung, die circumpoläre Beleuchtung, die Wind- und Schneeverhältnisse u. a. haben natürlich auch in ihrer Weise zur Ausbildung des Typus beigetragen, wie auch anderseits die Form und Stellung des Blattes einen Schutz sowohl für dieses selbst als für die Pflanze im Ganzen gegen die Einwirkung auch der letzterwähnten Klimafactoren bilden.

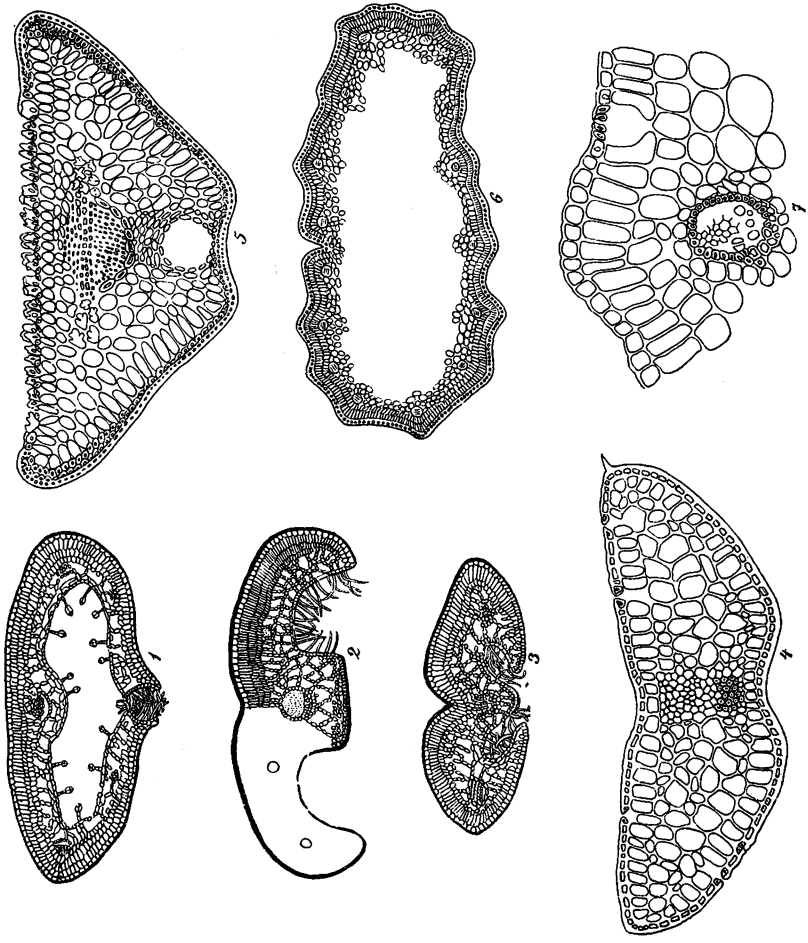
Bei der Frage von der Entwickelung des Blattes wähle ich als Beispiel Empetrum nigrum, weil dies die gewöhnlichste Art auf diesem Gebiete ist und dessen Blätter auch, im Zusammenhange damit, die für die hier herrschenden Klimaverhältnisse, wie mir scheint, die passendste und typischste Form und Bauart aufweist. Die Ränder sind zurückgebogen. Auf der Unterseite zwischen diesen läuft beinahe bis zur schmäler werdenden Basis und der stumpfen Spitze eine enge Furche, welche durch Haarränder auf den zusammenstossenden Blatträndern fast geschlossen ist. Diese Furche ist die Mündung einer grösseren Luftlacune.

Ueber die Entwickelung des Blattes bei Empetrum hat Gruber[1]) einen kleinen Aufsatz geschrieben. Vergleiche hiermit, was Ljung-

1) G. Gruber, Anatomie und Entwickelung des Blattes von Empetrum nigrum und ähnlichen Blattformen einiger Ericaceen. Diss. Königsberg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0244-4

ström[1]) über die Entwickelung des Blattes bei *Erica carnea* sagt. Die Serie Querschnitte der verschiedenen Blätterarten (Taf. III Fig. 1—4)



Tafel III.

dürfte einigermassen auch die verschiedenen Entwickelungsstadien von *Empetrum* anzeigen. Die Ericaceen, welche hier vorkommen, weisen eine ähnliche, wenn auch ungleich weit durchgeführte Entwickelung auf.

Erst sieht man den Durchschnitt eines beinahe linsenförmigen Blattes (entspricht Cassiope Fig. 4 Taf. III). Noch gibt es nur eine kleine „Solcatura". „Eine Partie längs der Mitte der Unterseite des Blattes (bei Erica carnea) zeichnet sich inzwischen dadurch aus, dass die Zellen hier ihre geringere Grösse beibehalten. Hierdurch werden die auf beiden Seiten dieser Partie belegenen Theile des Blattes wie Wälle emporgehoben

1) E. Ljungström, Bladets Byggnad inom familjen Ericineae. Lund 1883.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0245-0

und die Furche ist da."[1]) Dasselbe kann auch von Empetrum gelten. — „Die Bildung der Furche ist sehr einfach zu erklären; sie geschieht in der Weise, dass sich das Gewebe auf der Unterseite mit Ausnahme einer mittleren Zone, welche im Wachsthum zurückbleibt, allmählich erhebt."[2])

„Hierzu kommt noch ein stärkerer Factor, und dieser besteht in einer Streckung und Theilung der Pallisadenmutterzellen."[3]) Hierdurch sollten bei Empetrum „die Seitenwälle" so hoch wachsen, dass sie fast zusammentreffen und eine cylinderförmige Höhle bilden.

Da nun indessen die Furche schon früh zu ihrer vollen Grösse ausgebildet ist und ihr Umfang sich nachher nicht mehr erweitert, so beweist dieses ja, dass hier ein peripherischer Zuwuchs in dem äussersten Blattrande, an den Grenzen der Furche in späterem Stadium nicht stattgefunden hat.

Da also, wie wir bald sehen werden, wahrscheinlich auf Grund der verschiedenen Temperaturverhältnisse, die ganze centrale Partie der Blattfläche in der Länge und Breite sich fortentwickelt, während dessen der Zuwachs am Rande ruht oder wenigstens bei weitem nicht in so hohem Grade vor sich geht, so ist die natürliche Folge, dass das Blatt schalenförmig wird, so weit der Rand nicht zersplittert oder zerbrochen wird.

Eine Verschiedenartigkeit der Temperatur der Luft bei dem Rande der Blattanlage und des centralen Theiles derselben ist mit aller Wahrscheinlichkeit vorhanden.

Bei den kleinblätterigen Ericineen, ebenso wie bei Empetrum nigrum, welche die Blätter in Reihen aneinander geordnet haben, wobei die Flächen sich dicht aneinander schliessen und einander schützen, während dessen die Ränder frei und mehr der Einwirkung des umgebenden Mediums ausgesetzt sind, muss sich ein solcher Temperaturunterschied vorfinden.

Diese Ungleichheit muss sich bei den betreffenden Pflanzen auch in sehr zeitigem Stadium bei den eben hervorkommenden Blättern entwickelt haben, da ja die schützenden Knospenschuppen bei diesen gewöhnlich fehlten.

Im frühen Stadium wird diese Ungleichheit weiter noch dadurch befördert, dass der Schnee sich dicht an die Gewächse schliesst und

---

1) Ljungström, l. c.

2) Gruber, l. c. Mit „einer mittleren Zone" meint G. ohne Zweifel den von den jungen Blatträndern umgebenen Theil.

3) Ljungström, l. c.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0246-5

hauptsächlich zwischen den Blattreihen sitzen bleibt. Die Frostnächte, Herbst und Frühling nebst dem kalten Wind und Regen müssen auch in ihrer Weise dazu beitragen, die Temperatur an den Rändern der Blattanlage zu senken, während dessen die Luft zwischen den dicht zu einander gelegenen Blattflächen bei constanterer Temperatur erhalten wird.

Diese Temperaturdifferenz hat mit aller Wahrscheinlichkeit zur Folge, dass das Blatt sich schneller in der Mittelpartie als an den Kanten entwickelt und wächst, und das Resultat ist die Entstehung der Schalenform des Blattes, mag diese Form nun nach oben oder unten gewandt sein. Die zurückgebogenen und auch oft etwas zusammengerollten Ränder sind natürlich auch nichts anderes als eine Art Schalenform, welche auf eben dieselbe Weise und durch schon erwähnte Ursache entstanden ist.

Aber ohne Zweifel ist es inzwischen nicht diese Verschiedenheit in der Temperatur an dem Rande und an den centralen Partieen der jungen Blätter allein, welche diesen ungleichen Zuwachs hervorruft, sondern auch die Temperaturverschiedenheit, welche zur Zeit der ersten Ausbildung der Blattanlage, wo diese einen beinahe linsenförmigen Körper bildet, herrschen, und später, wenn das Blatt schneller in den inneren, nach dem Centrum belegenen Theilen zunimmt.

Im Zusammenhange hiermit dürfte es angebracht sein, auch einiges über die Blattzähne und deren Entstehung zu sagen, da die Entwickelung höchst wahrscheinlich sehr an die Schalenform erinnert.

Wenn z. B. die Zähne bei *Betula nana* zusammengeführt werden, so dass ihre Ränder einander berühren, so wird das Blatt auch hier deutlich und scharf zurückgebogen. Das Blatt ist ausserdem, wie das auch bei andern, an Schneehaufen wachsenden Arten, z. B. *Salix herbaceae* der Fall ist, auch den von den Zähnen nach innen belegenen Theil betreffend, ein wenig schalenförmig.

Was ist aber der Grund, dass diese Partieen des Blattes, die die Zähne später ausmachen, anstatt einen zurückgebogenen Rand zu bilden, wie bei den meisten andern Arten, besonders auf den Heiden innerhalb von Regio alpina und in arktischen Gegenden, — bei den um Schneehaufen wachsenden Arten, während der Entwickelung sich trennen und diese regelmässigen Zähne bilden?

Dass eine stark wirkende Kraft bei dem zuerst stattgefundenen Zuwachs in der centralen Partie, ein Zuwachs, welcher am öftestens

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0247-1

unter dem Drucke der zusammengehäuften Blätter und Knospenschuppen vor sich geht, ausdehnend auf die zeitig immer etwas eingebogene Peripherie der Blattanlage einwirken muss, ist ersichtlich. Es ist eine bekannte Sache, dass bei Blättern, welche von den Knospenschuppen gut geschützt werden, die Turgescenz im frühen Stadium stärker ist, als bei denen, welchen ein vollständiger Knospenschutz fehlt. Es ist auch klar, dass bei den Arten, welche in der Nähe des Schnees wachsen — diese haben auch gewöhnlich gut ausgebildeten Knospenschutz —, die Turgescenz kräftiger werden muss als bei den Blättern auf den trockenen Heiden. Diese starke Turgescenz dürfte es nun sein, welche verursacht, dass die zeitige ursprünglich auf der Temperaturverschiedenheit beruhende Zurückbiegung des Blattrandes, was auch für die Heiden typisch ist, in der Nähe der Schneehaufen im späteren Zustande durch Blattzähne ersetzt wird.

Was ursprünglich und auf den Heiden zurückgebogene und eingerollte Blatträndер veranlasst, ist somit ohne Zweifel in erster Linie die Kälte, welche in diesen Gegenden, besonders während der frühesten Entwickelung des Blattes, sehr stark sein kann. Dass diese Ränder bei den Heidekräutern im Laufe der Entwickelungsperiode nicht ausgespreizt werden, beruht wahrscheinlich auf der fehlenden Turgescenz. Die Verdunstung ist nämlich auf diesen Heiden oftmals ein besonders wirksamer Factor, wie auch Warming[1]), Grönland betreffend, dieses hervorhebt und während der Entwickelung dieser Blätter ist der Boden oft sehr kalt.

Die Zähne sind natürlich nichts anderes als ein regelmässiges Bersten des Blattrandes. Dieses Bersten geht selbstverständlich später während der Entwickelung vor sich und steht mit der Ausbildung der Gefässbündel am Rande des Blattes im engsten Zusammenhang. Davon die Regelmässigkeit. Was die Ausbildung der Zähne aus den eingebogenen Rändern veranlasst, ist also die nach der tiefen Temperatur des Winters folgende Feuchtigkeit des Bodens und der Luft während des Frühjahrs, welche hauptsächlich in der Umgebung der Schneehaufen und auf schattigen Stellen bemerkt wird, und den Geweben einen höheren Grad von Turgor verleiht.

Wenn wir nun wieder zu den Blatttypen auf den Heiden zurückkehren, so ist es deutlich, dass nicht bloss die Kälte und Verdunstung, obwohl diese in erster Linie, sondern auch das circum-

1) E. Warming, Om Grönlands Vegetation. — Meddelelser om Grönland. Kjöbenhavn 1888.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0248-7

poläre Licht zur Ausbildung dieser zurückgebogenen Blattränder beitragen. Der grosse Bogen, den die Sonne während der Vegetationsperiode beschreibt und welcher sich bekanntlich der horizontalen Richtung nähert, muss ja auch seine Strahlen gegen die Ränder und Unterseite der im jungen Zustande flachen Blätter senden, da diese beinahe in aufrechter Stellung sich befinden. Eine Folge hiervon ist, dass die Pallisadenmutterzellen und Pallisadenzellen sich in der Richtung nach den Lichtstrahlen strecken, wodurch nämlich das Assimilationsgewebe gegen den Rand aus und theilweise über die Unterseite des Blattes wachsen.

Der für die Heiden charakteristische „Nanismus" bei den Blättern beruht wohl zum grössten Theil auf der tiefen Temperatur des Bodens zur Zeit der Entwickelung der Blätter, wobei eine geringe Quantität Wasser mit darin aufgelösten Nahrungsstoffen aufgenommen werden kann.[1])

Die dichte Zusammendrängung der Blätter leitet sich aus derselben Ursache her. Die Internodien erhalten nämlich nicht genug Baumaterial und Wasser, um sich ausstrecken zu können.

Die Richtung der Blätter, schräg aufwärts, dürfte zu diesem Nanismus und dieser Zusammenhäufung in nächster Relation stehen. Sie werden nicht von schweren Regentropfen niedergedrückt, theils, weil sie so klein und dichtsitzend sind, dass die Regentropfen zersplittert werden, theils, weil starker Regen mit grossen Tropfen selten oder niemals weder auf den Heiden noch überhaupt innerhalb Regio alpina vorkommen.

Der Mangel an Haarbekleidung bei den Blättern auf den für äussere Verhältnisse am meisten ausgesetzten Theilen leitet sich ohne Zweifel vom Frost und dem starken Temperaturwechsel zur Zeit der frühesten Ausbildung her. Beim Wechsel von Frost und Thauwetter mussten nämlich die Haaranlagen vom Schnee abgerieben werden, wie sie auch, wenn von Anfang an solche vorhanden waren, von den Schneegestöbern zur Winterszeit abgeschabt worden sind.

Wie es den Anschein hat, als ob es in erster Linie die tiefe Temperatur sei, welche die Entstehung des fraglichen Blatttypus bedungen, so ist auch das Blatt durch die Eigenschaften, welche es hierbei erhielt, in den Stand gesetzt worden, sich gerade gegen diesen Klimafactor zu schützen.

Die dicht gestellten Blätter nebst Richtung und Form der Zweige und der allgemeine Habitus der Pflanze scheinen ohne Zweifel die

---

1) Vergleiche Warming, l. c. pag. 119.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0249-5

Anhäufung des Schnees bei den Gewächsen und um diese herum zu befördern. Ein solches Bestreben bei diesen Pflanzen, sich durch Schnee gegen Barfrost und kalte Stürme im Winter zu schützen, wird um so nothwendiger, als im Uebrigen auf diesen ebenen Gebieten nichts zum Liegenbleiben des Schnees beiträgt. Gewöhnlich ist die Schneedecke im Winter hierselbst nach Aussage der Eingeborenen Jemtlands nicht so mächtig als auf anderen Stellen innerhalb Regio alpina.

Dicht zusammengehäufte Blätter und verkürzte Internodien schützen besser, weil der Luftwechsel zwischen den Blättern geringer und der Schnee hierdurch von den Knospen in einiger Entfernung gehalten wird. Im Zusammenhang hiermit ist es natürlich vortheilhaft, dass die Blätter klein und nach dem Stamme zu gedrückt sind.

Ueber die Wandverdickung und Cuticularisirung der Oberhaut als Schutz gegen Kälte vergleiche was Areschoug[1]) in seiner Arbeit Seite 518 sagt.

Wenn man sowohl vertical höher hinauf in den Hochgebirgen als auch, wenn man in nördlichere Gegenden kommt, tritt nach und nach das Verhältniss ein, dass sämmtliche Pflanzen auf die eine oder andere Weise, entweder in Uebereinstimmung mit den Heidegewächsen oder als die in Juncus- und Eriophorumformationen eingehende Arten in ihren Blättern (zuweilen auch in den Stämmen) Lacunen und von Luft gefüllte Höhlungen bilden.

Die Bedeutung dieser Anordnungen ist gewiss wohl verschiedenartig.

Wenn es gilt, die Bedeutung eines Organes oder gewisser Strukturverhältnisse zu bestimmen, so ist nothwendig, deren geographische Verbreitung zu kennen, in welchem Grade bestimmte Klimafactoren gerade auf diesem Gebiete vorherrschend sind.

Weiter ist es von Gewicht kennen zu lernen, ob diese die Ursache der Entstehung erwähnter Strukturverhältnisse sein können.

Mit Hinsicht auf diese Umstände würde die Antwort auf die Frage lauten, dass die Luftlacunen in den Blättern und Stämmen mit aller Wahrscheinlichkeit in erster Linie gegen Kälte schützen.

Die Temperatur ist bekanntlich in diesen Gegenden, besonders im Winter, Herbst und Frühling, erheblich tief und dazu sehr wechselnd. Dass hier eine Schutzeinrichtung für diese immergrünen Blätter gegen die Kälte vorliegt, dürfte also anzunehmen sein.

---

1) F. W. C. Areschoug, Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Struktur der Blattorgane. — Bot. Jahrbücher f. Syst. u. Pflanzengesch. v. A. Engler, Band II, Heft III, 1881, 23. Sept.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0250-6

Man könnte nun gegen eine solche Ansicht einwenden, dass die meisten Pflanzen in geringerem Grade eines solchen Schutzes bedürftig seien, da viele Arten nach allgemeiner Annahme selbst in den kältesten Gegenden ohne den geringsten Schutz leben können.

Dieses ist jedoch nur eine Annahme. Mit aller Wahrscheinlichkeit gibt es bei näherer Betrachtung wirklich Schutzvorrichtungen, z. B. solche, welche den über der Erde befindlichen Theil der Pflanze, welcher dem Wechsel der Temperatur am meisten ausgesetzt ist, mit dem tieferen, in der Erde stehenden, mit constatirter höherer Temperatur umgebenen Theile in Verbindung setzen. Durch Intercellulargänge und Gefässe — das Holz, welches in diesen Gegenden gewöhnlich sehr stark entwickelt ist, ist bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter — stehen natürlich die inneren Höhlungen der Blätter und die durch Zurückbiegung der Ränder entstandenen Räume mit den oftmals sehr grossen Luftlacunen[1]) und den reichlichen Gefäss- und Holzelementen in den unter der Erdoberfläche sich befindenden Stamm- und Wurzeltheilen in Verbindung.

Dass die Blätter auf diese Weise geschützt werden, besonders wenn wie bei Empetrum, die zurückgebogenen Ränder beinahe zusammenstossen, ist klar und deutlich, denn ausserdem, dass wärmere Luft von unten zugeführt werden kann, wird die Kommunikation zwischen der äusseren Luft und der Luft in der vom Blatte eingeschlossenen Höhlung vermindert, wodurch die Temperatur in dieser höher und unverändert beibehalten wird.

Durch die Untersuchungen von Volkens[2]) ist es constatirt, dass die Wurzeln bei Wüstengewächsen gewöhnlich eine ansehnliche Länge erreichen, um Wasser einer tiefer belegenen, feuchteren Erdschicht erhalten zu können. Bei diesen sind also die langen Wurzeln ein Schutz gegen Wärme und die durch die höhere Temperatur bedungene starke Transpiration. Im Zusammenhange hiermit stehen ohne Zweifel die langen und tiefgehenden Wurzeln bei vielen Hochgebirgspflanzen. Inzwischen aber dürfte bei diesen die Länge der Wurzeln nicht bloss einen Schutz gegen Verdunstung bezwecken, sondern auch, und dies vielleicht in erster Linie, eine Art communicirendes Gefäss sein, durch welches wärmere Luft den Blättern zuströmt

1) Assistent O. Ekstam ist gegenwärtig mit einer Arbeit über Wurzellacunen der Polar- und Hochgebirgspflanzen beschäftigt, welche Untersuchungen auf ein häufigeres Vorkommen von Lacunen in den Wurzeln dieser Pflanzen deuten.

2) G. Volkens, Zur Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. — Sitzungsberichte d. Kgl. Preuss. Akad. der Wissenschaften. VI, 1886.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0251-2

und sich mit der Luft in deren inneren und äusseren Höhlungen vermischt.

Die zurückgebogenen Ränder scheinen somit wahrscheinlich das Blatt und die Pflanze gegen die tiefe Temperatur und gegen den jähen Wechsel von warm und kalt zu schützen.

Die Athemhöhlen und die Intercellularräume des Schwammparenchyms sind gross. Die dichte Zusammenhäufung der Blätter, der oftmals enge Spalt, die Haarränder, Luftkammern, Athemhöhlen und Intercellularräume bilden zusammen einen Moderationsapparat für die kalte Luft und hindert den directen Zutritt derselben.

Allein nicht nur die Temperatur der Luft wird hierdurch moderirt, sondern auch der Feuchtigkeitsgrad und die Bewegung in der Luft. Ein hoher Sättigungsgrad im Vereine mit geringer Luftbewegung hemmt bekanntlich die Transpiration.

Die Beleuchtung, welche in diesen Gegenden der Hochgebirge Jemtlands während der Vegetationsperiode mehr circumpolär ist als auf niedrigeren Niveaus, hat, wie ich zu zeigen versucht habe, ohne Zweifel zur Entstehung der eingebogenen Ränder mitgewirkt.

Das Aussehen eines Querschnittes deutet auf den centrischen, hauptsächlich auf höheren Niveaus vorkommenden Blatttypus. Indessen ist ein voll centrischer Typus für diese wintergrünen Blätter nicht angebracht, da die Sonne ja zur Winterszeit einen kleineren Bogen beschreibt.

Der so beschaffene Rand fungirt selbstverständlich auch besser gegenüber den hier herrschenden Lichtverhältnissen.

Das Pallisadenparenchym, welches infolge des schwachen Lichtes einen grösseren Umfang erhält — die zurückgebogenen Ränder besitzen zuweilen ein solches Gewebe bis zur Nähe des Spaltrandes — wird durch diese Zurückbiegung überall mehr winkelrecht im Verhältniss zu den während des Tages von den verschiedensten Richtungen einfallenden Sonnenstrahlen.

Auch die schalenförmige Ausbildung des Blattes im Uebrigen wird eine Anpassung zum schwachen Lichte. Das Licht auf diesem Gebiete ist infolge der gewöhnlichen Bewölkung des Himmels schwach und nur zufällig oder nur während kurzer Zeit intensiver, dafür aber auch während des Sommers lang anhaltend.

Durch den Mangel der eben angedeuteten Dunkelheit muss die Pflanze, um respiriren zu können, dunklere Kammern ausbilden. Dieser Zweck ist nun gleichzeitig erreicht worden. Die vollständig von eingebogenen Rändern eingeschlossenen Höhlen — wie auch die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0252-8

centralen Räume der centrischen Blätter —, aber auch in gewissem Grade die gewöhnliche Schalenform fungiren wahrscheinlich als solche.

Man kann hierbei annehmen, dass das Pallisadenparenchym — die obere Fläche — eine „converse“ Anpassung gesucht, gleichzeitig dass das Schwammparenchym — die untere Fläche — eine „adverse“ Anpassung durchschritten hat. Die Anpassung bei diesem Blatttypus im Verhältniss zur Beleuchtung wird infolge dessen „biversal“. [1])

Diese Ausbildung des Blattes mit Rücksicht auf die Beleuchtungsverhältnisse gilt, wie wir sehen werden, in noch höherem Grade von dem folgendem Blatttypus.

Sowohl Blätter als auch Stämme und Wurzeln, besonders bei den auf höheren Niveaus befindlichen Hochgebirgspflanzen, werden natürlich während des Winters der Pressung durch Eis und hartgefrorenen Schnee ausgesetzt. Der Vortheil von den luftgefüllten Höhlungen, welche verhindern müssen, dass die Gewebe und Zellen gedrückt werden, ist leicht einzusehen.

Auf diesen, innerhalb Repio alpina belegenen Heiden, herrschen bekanntlich auch während des Sommers zuweilen Nachtfröste, hauptsächlich ist dieses aber im Herbst und Frühling der Fall.

Die Eigenschaft des Blattes, eine glatte Fläche zu besitzen, steht ohne Zweifel hiermit auf die Weise im Zusammenhang, dass diese Eigenschaft, wie erwähnt, von dem oben erwähnten Klimafactor, möglicher Weise noch im Vereine mit der Einwirkung der Schneegestöber im Winter, bedungen ist, aber auch auf die Weise, dass die Glätte ein Schutz für des Blatt und die Pflanze im Ganzen gerade gegen diese Klimafactoren wird. Die feuchten Wolken und die feinen Regen, welche sich oft über diese Vegetation lagern, hätten zur Folge, wenn die Blätter behaart wären, dass die Blattflächen vom Wasser durchtränkt würden. Ein unmittelbar darauf folgender Nachtfrost würde leicht bedenkliche Folgen nach sich ziehen. Eine glatte Fläche mit schmäler werdender Basis, deren Richtung ausserdem die Beseitigung des Wassers am Stamm entlang ermöglicht, wendet eine solche Gefahr ab. Da die Blätter wintergrün sind, so sind sie natürlich das ganze Jahr hindurch der Einwirkung der Kälte ausgesetzt. Die sommergrünen Blätter, welche hier ausnahmsweise vorkommen, werden selbstverständlich nur in geringem Grade der obenerwähnten tiefen Temperatur ausgesetzt.

Da diese Pflanzen keine grossen Blattflächen haben, welche einander beschatten und auch von keiner höheren Schicht beschattet werden,

---

1) Vergl. E. Stahl, l. c. pag. 155.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0253-4

so wird auch der Stiel oder das Expositionsorgan der Blätter weniger vom Bedürfniss hervorgerufen, als dies z. B. in „Hainthälchen“ und Wäldern der Fall ist.

Die Ericineen nebst Empetrum nigrum sind bezeichnend für die Heiden der Hochgebirge. Auf tieferem Niveau und Breitengrad sind die Ericineen mit erwähntem Typus nach und nach weniger übereinstimmend und weniger zahlreich und bilden den Uebergang zu anderen.

Ericinella Mannii Kltzsch. och *Bleria spicata* Hook., welche in gewissem Grade, wie ich auf dem Kamerungebirge beobachtete, den Kälteblättern auf unsern Hochgebirgsheiden entsprechen, nähern sich in einigen Beziehungen durch die Behaarung und Blattform den Verdunstungsblättern.

Auf den Alpen scheinen nach Kerner und Pax Heidekräuter auf sehr hohem Niveau vorzukommen. Auch auf den Gebirgen am Kap und in anderen Gegenden der Erde wird der Typus angetroffen. In arktischen Gegenden ist derselbe bekanntlich sehr gewöhnlich.

So hat z. B. Nathorst[1]) unter seinen nördlich vom Melville Bay beobachteten grönländischen Phanerogamen verschiedene, welche zu dieser Kategorie gehören: *Empetrum nigrum; Dryas integrifolia,* nebst *f. intermedia; Cassiope tetragona; Vaccinum Vitis idaea* — die grönländische Form dieser Art hat sehr kleine dichtsitzende Blätter mit eingebogenen Rändern.

An diesen Typus erinnernd sind die *Draba-* und *Saxifraga*-Arten mit kleinen dichtsitzenden sommergrünen Blättern u. a.

Warming[2]) hebt beinahe bei allen Plätzen auf Grönland, die er besucht, hervor, dass die Heidegewächse „aldeles overvejende“ (überwiegend) aus *Empetrum* bestehen. Lange zählt von Grönland verschiedene Arten auf (z. B. *Dryas integrifolia, Thymus Serpyllum, Cassiope tetragona),* welche diesem Blatttypus angehören.

Auf Nowaja Semlja kommen, nach O. Ekstam, die Kälteblätter ohne Zweifel, weil es zu feucht ist, nicht so häufig vor.

Ausser in Regio alpina und arctica tritt der Typus etwas modificirt auf tieferem Niveau, nämlich sowohl innerhalb Regio silvatica der Hochgebirge als auch des niederen Landes auf. *Juniperus communis, Erica Tetralix, Lycopodium*-Arten u. a. nähern sich mehr oder weniger dem Kälteblatttypus.

---

1) A. G. Nathorst, Botaniska anteckningar från nordvestra Grönland. — Öfversikt af K. Vet. Akad. Handl. Nr. 1, 1884.

2) E. Warming, Beretning om den botaniske Expedition med „Fylla“ i. 1884. Meddelelser om Grönland, H. 8. Kbn. 1889.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0254-9

Auf den Hochgebirgsheiden treten hauptsächlich folgende Arten auf:

Auf trockenen Stellen:

Empetrum nigrum, auf den meisten untersuchten Stellen reichlich, hier und da massenhaft.

Phyllodoce coerulea	zerstreut.
Azalea procumbens	„
Juniperus communis β. nana	„
Calluna vulgaris	„
Diapensia lapponica	„
Lycopodium Selago	vereinzelt.
„ *alpinum*	„
Cassiope hypnoides	„

Auf feuchteren Stellen: die mit kleinen, dichtsitzenden, sommergrünen und fleischigen Blättern versehene *Silene acaulis,* welche auch auf trockenem Boden vorkommt, *Saxifraga oppositifolia* u. a., welche beinahe einen centrischen Bau haben und hierdurch, wie auch in ihrem Bau im Uebrigen vom Typus abweichen und den später zu erwähnenden circumpolären Lichtblättern sich annähern.

Der anatomische Bau der Arten ist vorzüglich in einer Beziehung von Interesse. Je stärker der Luftbehälter (Taf. III Fig. 1) und die in demselben mündenden Athemhöhlen und Intercellularräume bei einer Art auf erwähntem Gebiete entwickelt sind, desto höher in der Häufigkeitsreihe zeigt sich die betreffende Art stehen. Die Serie (Taf. III Fig. 1—4) vom Empetrum, der die typischste Art ist bis zur Cassiope hypnoides, zeigt ein regelmässiges Abnehmen in Häufigkeit, gleichzeitig, dass das Volumen der äusseren und inneren Lufträume — bei *Empetrum* ist es sehr gross — kleiner wird, je näher man zu *Cassiope* kommt. Diese Pflanze, welche fast ohne jeglichen grösseren Luftraum ist, findet sich nur spärlich. Sie ist ausserdem klein und von der umgebenden Vegetation mehr gegen den kalten Wind und das Sonnenlicht geschützt, wodurch solche Wärme- und Dunkelräume in keinem so hohen Grade nothwendig werden.

Die hier vorkommenden Formationen (vergl. Hult[1])) sind folgende: Die *Empetrum*-Formation, am typischsten und allgemeinsten; die *Azalea*-Formation; die *Phyllodoce*-Formation; die *Juniperus nana*-Formation. Die *Arctostaphylos*-Formation gehört wie die hierselbst zuweilen vorkommenden *Betula nana*-Formation und *Rubus Chamaemorus*-Formation zum Typus der später zu erwähnenden Schneeblätter und deren Gebiet.

1) R. Hult, Die alpinen Pflanzenformationen des nördlichsten Finlands. — Meddel. af Societas pro Fauna et Flora fennica, häft. 14, pag. 177.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0255-5

Circumpoläre Lichtblätter.

Das Vegetationsgebiet, welches sich am höchsten oben in den Hochgebirgsthälern oder auf concaven Plateauen ausbreitet, woselbst der Schnee lange liegen bleibt, die Schneehaufen zahlreicher und dichter bei einander gelegen sind (z. B. in Sylthal und auf den höheren Plateauen von Snasahöhen und Areskutan), wo auch infolge dessen der Boden feucht und kalt wird, ist oft während der Vegetationsperiode von Wolken eingehüllt. Die Beleuchtung wird daher in diesen hoch gelegenen Gegenden im Allgemeinen diffus, schwach und allseitig.

In den den Polargegenden näher gelegenen alpinen Gebieten, wie auch in den arktischen Ländern ist bekanntlich der Bogen, den die Sonne beschreibt, lang und verhältnissmässig nahe dem Horizonte laufend. Da Baumvegetation fehlt, tritt infolge dessen auch gewöhnlich keine Beschattung oder einseitige Beleuchtung ein. Auch das directe Sonnenlicht wird also mehr allseitig. Aber das diffuse Licht, das hier herrscht, wird ausserdem auf Grund der mehr oder weniger concaven Lage und der oft umgebenden hohen Gebirge vorherrschend. Vergleiche übrigens, was im Anfang dieser Abhandlung über die Klimaverhältnisse gesagt worden.

Die Gewächse, die diesem Gebiete angehören, meiden einseitiges und starkes Sonnenlicht, suchen aber Stellen mit circumpolärem und directem Sonnenlicht oder mit diffuser Beleuchtung auf.

Da die Sonne hier oftmals nicht hoch überm Horizonte aufgeht, so müssen die Pflanzen selbst im Lichte aufschiessen. Dieses geschieht zuweilen durch die stark in die Länge entwickelte Form der Blätter oder des Stammes und durch die aufrechte Stellung. Beispiele hierfür erbieten *Juncus-, Eriphorum-* und *Equisetum*-Arten.

Im Zusammenhang hiermit benenne ich solche Gegenden Juncus-Gebiete.

Der Typus (z. B. *Juncus-trifidus)* zeichnet sich durch folgende charakteristische Merkmale aus. Die Blätter stehen ganz und gar oder wenigstens sehr annähernd aufrecht, sind langgestreckt ohne Expositionsorgan, centrisch gebaut und dazu oft mit einer centralen oder mehreren Höhlungen versehen. Die Pallissadenzellen sind aus Anlass des schwachen Lichtes weniger als gewöhnlich in radialer Richtung ausgestreckt. Dunkle Kammern von grossen Intercellularräumen oder in die Länge gehenden cylindrischen Höhlungen treten, wie erwähnt in den Blättern auf. Anstatt dieser typischen Cylinderform können die Blätter eine auf ähnliche Weise fungirende und habituell gleichartige Gestalt durch die Einrollung der Blattränder erhalten. Diese

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0256-1

letztere Kategorie des Typus kommt hauptsächlich auf trockneren Plätzen vor.

Da hier ohne Zweifel bei der Entstehung charakteristischer Merkmale die Beleuchtungsverhältnisse bestimmend gewesen sind und da auch die so entstandene Blattform und Strukturverhältnisse des Blattes mit Rücksicht auf gerade diesen Klimafactor fungiren, so habe ich den erwähnten Blättern den Namen „circum-poläre Lichtblätter“ gegeben.

Auf diesen Gebieten spielt die Winterkälte keine so grosse Rolle für die Blätter, da diese ja hauptsächlich sommergrün sind.

Die langgestreckte Form beruht ohne Zweifel auf einer anhaltenden Etiolirung während der beginnenden Entwickelung. Im Herbste, den ganzen Winter und im Beginne des Frühlings herrscht in den nördlichen Hochgebirgsgegenden, denen dieser Typus hauptsächlich angehört, eine sehr schwache Beleuchtung, welche auf den Plätzen zur absoluten Dunkelheit übergeht, wo, wie gewöhnlich der Fall ist, grosse Schneemassen lange und gut die in Frage kommende Vegetation bedecken.

Auch die cylindrische Form dürfte sich direct von der Allseitigkeit des verhältnissmässig schwachen, aber circumpolären directen Sonnenlichtes und des im Verhältniss zu diesem starken diffusen Lichtes herleiten.

Das letztere, zugleich mit der allseitigen Bestrahlung, welche die Sonne während der Beschreibung ihres grossen Bogens dem somit etiolirten in die Länge ausgestreckten und aufrechtstehenden Blatte verleiht, sollte also auf dasselbe eine drechselnde Einwirkung haben. Das Palissadenparenchym, wenn dasselbe ursprünglich einseitig angeordnet war, als bei dorsiventral bilateralen Blättern, zieht sich nach und nach wie ein Mantel ringsumher, wodurch es besser alle die gegen das Blatt einfallenden Strahlen auffangen und verwerthen kann. Wie hierbei die Ausbildung des Palissadenparenchyms das Mittel wird, wodurch das Licht auf verschiedene Weise das Blatt cylindrisch macht, werden wir näher betrachten.

Bei den Pflanzen (z. B. *Empetrum*), welche an aufgewachsenen Zweigen ihre Knospen ausbilden, welche daher während der Entwickelung mehr der Einwirkung der tiefen Temperatur ausgesetzt werden und bei welchen das Wachsthum der Ränder der jungen Blattanlagen durch die Kälte in ihrer Entwickelung gehemmt wird, tritt eine „Zurückbiegung“ oder eine cylindrische „Einrollung auf“, welche, wenn später die Insolation und infolge dessen auch die Assimilation und die Transspiration erheblicher geworden sind, noch im bedeutendem Grade

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0257-7

stärker wird. Die „eingerollten“ Blätter und die z. B. die *Juncus*-Arten auszeichnende typische Cylinderform dürften deshalb unter Einwirkung der hier herrschenden Beleuchtungsverhältnisse entstanden sein.

Wie das Wachsthum der Pallisadenzellen und deren Mutterzellen in der Richtung zum einfallenden Lichte die Cylinderform veranlasst, ist vorhin erwähnt.

Durch diese cylindrische Form werden winkelrecht einfallende Strahlen in grossmöglichster Anzahl im Laufe des Tages empfangen. Durch die langgestreckte Form der Blätter resp. Stämme wird bewirkt, dass die lichtauffangende Fläche so gross wie nur möglich wird.

Die inneren Luftgänge und der centrale Raum entsteht ohne Zweifel dadurch, dass die Zellen des Assimilationparenchyms infolge des schwachen Lichtes mehr in tangentialer und verticaler und verhältnissmässig weniger in radialer Richtung gestreckt werden. Es ist nämlich eine bekannte Sache, dass die Pallisadenzellen um so stärker in der Richtung des einfallenden Lichtes ausgebildet und gestreckt werden, je intensiver dieses ist. Da nun die Intensität des Sonnenlichtes verhältnissmässig gering ist, so ist die Folge davon, dass die Ausstreckung der Zellen weniger in radialer Richtung und vergleichungsweise mehr in einem gegen das einfallende Licht winkelrechten Plane geschieht. Infolge dieser verticalen und tangentialen Streckung in der Peripherie des centrischen Blattes musste natürlich der Centralraum und die übrigen im Innern belegenen Intercellularräume einen entsprechend erweiterten Umfang erhalten. Diese dunklen Räume, welche so ausgebildet wurden, sind also auch unter Einwirkung der hier herrschenden Beleuchtungsverhältnisse entstanden. Da alle Seiten des Blattes in gleich hohem Grade gegen die Beleuchtung reagiren und da diese ziemlich allseitig ist, so wird die Folge, da keine mechanische oder andere Hindernisse im Wege stehen, dass das Blatt eine aufrechte Stellung erhält.

Sowohl die Richtung des Blattes wie auch dessen Form und Struktur scheinen somit unter dem Einflusse der hier herrschenden eigenen Beleuchtungsverhältnisse entstanden zu sein.

Die so gewonnene Blattgestalt fungirt auch hauptsächlich mit Rücksicht auf den eben erwähnten Klimafactoren.

Dass die aufrechte Richtung nebst der langgestreckten und cylindrischen Form besser dem diffusen oder circumpolären Lichte entsprechen, dass die dunklen hohlen Räume durch ihre Grösse besser

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0258-3

den Bedarf der Pflanzen füllen können, während der ununterbrochenen Beleuchtung, welche den Sommer in diesen Gegenden auszeichnet, Gelegenheit zu einer mehr ungehinderten Respiration zu geben, als wenn die Gestalt und Struktur des Blattes anders wären, steht im nächsten Zusammenhang mit dem Gesetz, welches betreffs Blatttypen im Allgemeinen gilt, dass gerade die äusseren Impulte, mit Hinsicht zu welchen die gewonnene Gestalt und der Bau fungiren, gerade die kräftigst wirkenden Ursachen zur Entstehung dieses Baues, dieser Gestalt gewesen sind.

Wie die „Kälteblätter" sind auch diese circumpolären Lichtblätter biversal der Beleuchtung angepasst, da das assimilirende Gewebe sich ausgebildet hat, sich diese allseitige Beleuchtung zu Nutzen zu ziehen, während dessen die inneren Lufträume sich zum Schutz gegen das zeitweise beinahe ununterbrochene Licht der Vegetationsperiode entwickelt hat.

Der Typus ist bezeichnend für die Polargegenden und für die Hochgebirge, hauptsächlich im Norden, wo die von der Sonne während der Vegetationsperiode beschriebene Taglinie sehr gross, zuweilen ununterbrochen und zirkelförmig ist.

Zu dem Lichtblattsgebiet dürfte der Theil von der „Fjeldmark" Grönlands geführt werden, welcher nach Warming[1]) hauptsächlich mit *Alsinaceen, Equisetum*-Arten, *Gramineen, Kobresia*- und *Carex*-Arten nebst *Luzula*- und *Juncus*-Arten bewachsen ist.

Von Hult's[2]) Formationen im nördlichsten Finland dürften besonders folgende dem betreffenden Gebiete angehören: die *Juncus-trifidus*-Formation (am typischsten und, wie es scheint, auf höherem Niveau am allgemeinsten), die *Carex-rupestris*-Formation, die *Scirpus-caespitosus*-Formation, die *Agrostis-Corealis*-Formation und die *Nardus*-Formation, nebst anderen, auch auf tieferem Niveau vorkommenden Formationen.

Assistent O. Eckstam hat mir mitgetheilt, dass auch auf Novaja Semlja diese aufrecht langgestreckten und cylindrischen Blattformen zusammenhängende Bestände von nicht geringer Ausdehnung bilden.

Kerner[3]) zählt von den höchsten Regionen der Oetzthaleralpen unter anderen die dieser Kategorie nächstzugehörigen Arten *Agrostis alpina, Sesleria disticha, Juncus-trifidus* u. a. auf, welche infolge der umgebenden Wolken zum grossen Theil diffuses Licht erhalten.

---

1) E. Warming l. c. p. 70—71.

2) R. Hult l. c. p. 195.

3) A. Kerner, Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0259-1

Die circumpolären Lichtblätter kommen aber auch in anderen Gegenden der Erde vor. Im Tieflande in kalten und temperirten Zonen sind sie keineswegs selten an Bächen, Flüssen, oft ganz nahe dem Wasserspiegel, nebst an See- und Meeresufern. Auf diesen Stellen wird der grosse Bogen, den die Sonne beschreibt, und die circumpoläre Sonnenbeleuchtung vielleicht zum Theil von dem im Wasser sich wiederspiegelnden Sonnenlicht ersetzt.

Auf Salzsteppen, Sandebenen, in Wüsten und auf Felsen werden bekanntlich auch oft die Blätter centrisch, z. B. bei *Sedum, Spergularia* u. a. Dieses dürfte indessen eine Folge davon sein, dass das Blatt von allen Seiten von dem, von der weissen resp. mit unzähligen Krystallflächen versehenen Unterlage reflectirten Lichte [1]) beleuchtet wird.

Eine converse Anpassung scheint also, diesen Typus betreffend, zum circumpolären Sonnenlicht stattgefunden zu haben, aber wahrscheinlich auch zum diffusen Himmelslichte, was bekanntlich auf den nördlicheren Breitegraden im Verhältnisse zum ersteren und zu dem von der Erdoberfläche reflectirten Lichte sehr erheblich ist.

In den Tropen sind diese centrischen Blätter äusserst selten. Sie kommen dann auf hohen, von Wolken stets eingehüllten Bergspitzen und Plateauen, meistens an stillstehenden Wasseransammlungen vor und möglicher Weise unter ähnlichen Verhältnissen zuweilen auf dem tropischen Tiefland. So sah ich z. B. *Scirpus schoenoides* Bckt. hoch oben auf den Plateauen des Kamerungebirges, wo beinahe jede andere Fanerogamvegetation fehlt.

Goebel sagt: „Von anderen eigenthümlichen Paramopflanzen, die . . ., seien hier namentlich noch die Umbelliferen mit juncusblattähnlichen Blättern genannt. Es sind zwei Formen, welche hierher gehören, nämlich *Ottoa oenanthoides* und *Crantzia linearis*. Erstere fand ich auf der Sierra Nevada von Merida (bei ca. 4000 m) letztere kommt nach Weddel in Peru und Bolivien vor, ausserdem ist sie auch ein Bestandtheil der antarktischen Flora; die Pflanze wächst dort in grosser Menge neben den Wasserläufen etc.“

Auf diesem Gebiete, der Regio alpina, der Hochgebirge Jemtlands besteht die Vegetation, wie erwähnt, typisch aus Arten mit meisten-

---

1) Nachdem dieses geschrieben war, habe ich gesehen, dass Warming in seinen „Botaniske Excursioner Fra Vesterhavskystens Marskegne“ — Vidensk Meddelelser fra den naturhistoriske Förening i Kjöbenhavn 1890 — pag. 230 eine ähnliche Ansicht ausgesprochen hat. Warming weist mit Rücksicht zu diesem Verhältniss auch auf Vesque, Annales des scienses 1882, XIII, pag. 30 und auf Giltay im Nederl. kruidk. Archiv. D. IV 1886 hin.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0260-2

theils aufrechten, ziemlich langgestreckten, rund und centrisch gebauten Blättern. Beispielweise mögen angeführt werden: *Juncus-trifidus, Juncus alpinus, Juncus arcticus, Juncus biglumis, Juncus triglumis, Eriophorum Scheuchzeri, Carex*-Arten, *Kobresia*-Arten nebst *Equisetum variegatum* und *Equisetum scirpoides,* bei welchen die Zweige die Function der Blätter übernommen haben.

Verschiedene Arten, welche eingerollte Blätter haben und auch oft in dem Gebiete auftreten, dürften in gewissem Grade sich zu dem Typus hinneigen wie z. B. *Scirpus*-Arten, *Poa-, Aira-* und *Agrostis*-Arten, *Festuca ovina, Nardus stricta.* Und auch — hauptsächlich die Blattstellung und den Habitus im Allgemeinen betreffend — dürften diesem Typus sich nähern: *Alsine*-Arten, *Saxifraga aizoides, Epilobium alsinefolium, E. lineare, Cerastium trigynum, Narthecium ossifragum, Tofieldia borealis* u. a.

Auch verschiedene andere Arten haben die Neigung, sich in dieser Richtung hin zu entwickeln, obwohl sie andern Typen angehören. So z. B. kommen auf den höheren Stellen und auch auf den Heiden kleine *Salix*-Arten *(S. arbuscula)* mit dichtsitzenden, schmalen und langgestreckten, aufwärts gerichteten Blättern vor.

Analog entwickelte Pflanzen zu diesem Typus werden oft ausserhalb Regio alpina angetroffen. So sind innerhalb Regio silvatica sowohl im gewissen Grade *Pinus silvestris* als auch besonders *Picea excelsa* und ausserdem z. B. *Ledum palustre* bis zu einer bestimmten Gleichheit mit diesem Typus ausgebildet. In andern Gegenden werden dieselben auf entsprechendem Niveau von nahestehenden Arten ersetzt.

Die *Juncus-trifidus*-Formation scheint auf den in Frage stehenden hoch belegenen und allseitig beleuchteten Gebieten am gewöhnlichsten zu sein.

Auch Repräsentanten von tiefer belegenen alpinen Klimagebieten gehen hier in die Formationen ein. Die *Empetrum*- und *Betula-nana*-Formation u. a. werden hier, wenn auch selten, angetroffen und sind ohne Zweifel als Relikte zu betrachten.

Schneeblätter.

Das Gebiet, welches am nächsten um oder in geringen Abstand von den Schneehaufen belegen ist, ist überall, besonders aber in den tiefer gelegenen Theilen von Regio alpina, beinahe ausschliesslich mit Arten bewachsen, welche typisch dünne, sommergrüne, fast zirkelrunde, gesägte, mehr oder weniger glatte, deutlich, aber oft kurz gestielte Blätter ohne markirte Gelenkpolster haben. Die Stellung ist

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0261-8

horizontal oder in trockneren Hochgebirgsgegenden mehr oder weniger aufrecht.

Diesen Blatttypus nenne ich alpine Schneeblätter, im Gegensatz zu den auf tieferem Niveau vorkommenden Schneeblättern, über welche später gesprochen werden soll.

Der Typus ist mit aller Wahrscheinlichkeit von der ziemlich tiefen und constanten Temperatur im Vereine mit dem ziemlich hohen Feuchtigkeitsgrad, welcher hier besonders in der Luft herrscht, bedungen worden, was gerade durch das Liegenbleiben des Schnees bewirkt wird.

Ueber die Entstehung der Randzähne siehe Seite 240.

Auch der Mangel an dichterer Behaarung dürfte sich von der ziemlich tiefen Temperatur der Luft nebst dem hohen und gleichmässigen Feuchtigkeitsgrad herschreiben, welche Factoren bekanntlich einen hygrophilen Bau befördern, und auch vielleicht ursprünglich vom Schnee selbst, der die Haare, besonders von den im Frühling neu ausgeschlagenen oder spät im Herbste hervorgekommenen Blättern mechanisch abgeschabt hat.

Dieselben äusseren Umstände: Die constante tiefe Temperatur von den lange liegenbleibenden Schneehaufen — und als Folge hiervon die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft — bewirken mit aller Wahrscheinlichkeit, dass die Blätter dünne grosse Flächen erhalten und am öftesten nur im Sommer grün werden.

Die gerundete Blattform, welche für die Umgebung der Schneehaufen so charakteristisch ist, ist vermuthlich auch von den äusseren Klimaverhältnissen abhängig, unter welchen diese Blätter sich entwickeln.

Bei der Beschreibung der Thaublätter wurde die Ansicht ausgesprochen, dass die spatenähnliche Blattform mit breiterer Spitze dadurch entstanden ist, dass die Insolation den Wuchs in die Breite bei diesem oberen Theile befördert hat. Dieses muss auch durch Einwirkung der Feuchtigkeit geschehen sein (durch den Zutritt des Thaus und des Regens, hauptsächlich zu den oberen Theilen der dicht sitzenden Blätter in deren Knospenlagen).

Bei den Schneeblättern wird ein ebenmässigerer und gleichförmigerer Zuwachs der Fläche durch den Mangel einer partiellen Insolation bewirkt, da die Entwickelung der Fläche schon in der Knospenlage unter der Schneedecke und das Aufbrechen der Knospe hastig vor sich geht.

Dieser ebenmässige und gleichförmige Zuwachs und die Entwickelung zu einer zirkelrunden Fläche hat wahrscheinlich auch seine

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0262-4

Ursache in der über das ganze junge Blatt in der Knospenlage gleichmässig vertheilten Luftfeuchtigkeit und deren Wirkung; im Gegensatz zu dem Verhältnisse bei den Thaublättern und Regenblättern, welche des Schutzes der Knospenschuppen am öftesten entbehren. Bei den letzteren ist die Spitze schon frühe durch den Regen verlängert worden.

Der Theil der Blattanlage, welcher zum Expositionsorgan entwickelt wird, d. h. der Blattstiel, scheint dagegen in seiner Länge ungleich bei den verschiedenen Arten zu sein und zwar je nachdem deren Blätter im frühsten Stadium mehr der Dunkelheit im Vereine mit Wärme und Feuchtigkeit oder dem Lichte im Vereine mit Kälte und Trockenheit ausgesetzt sind.

Ein etwaiger Gelenkpolster hat sich hier auch nicht entwickelt; theils auf Grund des Mangels an stärkeren Regenschauern, welche, wie ich früher erwähnt,[1]) die Entstehung dieses Organs befördern, theils auf Grund dessen, dass der Wind weniger Gelegenheit erhält, die jungen Blätter in Bewegung zu setzen. Im Zusammenhang hiermit dürfte doch darauf hingewiesen werden, dass der Mangel dieser Organe auch bestimmt auf den eigenthümlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen beruht, welche besonders in mehr continentalen Gebieten gerade während des Sommers bei den Schneehaufen herrschen. Durch die Verdunstung des Schnees und durch das aus den Scheehaufen niederrinnende Wasser wird sowohl die Luft als auch theilweise der Boden rund herum, trotz des geringen Niederschlages unter der wärmeren Jahreszeit, in ziemlich gleichmässiger Feuchtigkeit gehalten. Es ist also diese so beschaffene Feuchtigkeit, zugleich mit dem leichten Regen in Gegensatz zu dem stärkeren, welche die Gelenkpolster unnöthig macht, wie auch ein solcher Klimafactor, wie der ersterwähnte, nicht vermöchte, fragliches Organ hervorzubringen.

Das Entbehren desselben Organs steht auch im Zusammenhang mit der Isolation. Die Blätter in Wäldern und auf schattigen Stellen, sowohl in höheren als tieferen Schichten, können mit Hilfe dieser Orientirungsorgane die passende Stellung im Verhältniss zur Wärme- und Lichtquelle erhalten. Darum sieht man oft, besonders in tropischen Wäldern, die häufig hängenden Blätter auf verschiedenen Seiten des Stammes, in verschiedene Winkel ausgehend, aber gewöhnlich so, dass die obere Fläche winkelrecht gegen die reichhaltigste Licht- und Wärmequelle wird. Dieses auf dem Heliotropismus beruhende Vermögen der Blätter,

1) J. R. Jungner, Om regnblad etc. Bot. Not. 1893.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0263-9

während der Entwickelung sich nach der Richtung hin bewegen zu können, der Insolation ausgesetzt zu werden, ein Vermögen, welches deutlich durch das Vorhandensein von Gelenkpolstern unterstützt wird, braucht natürlich in keinem so hohen Grade bei den Schneeblättern vorzukommen, welche gewöhnlich nahe um die Schneehaufen herum einen dichten Teppich bildend von keinen höheren Schichten beschattet werden. Die Blätter sind auch alle beinahe horizontal oder in trockneren Hochgebirgsgegenden etwas nach oben gerichtet. Infolge dieser fixen Insolationslage und entsprechenden Mangels an erwähntem Orientirungsbedürfnisse hat auch die Insolation im Entwickelungsgang des Blattes nicht die Bewegung hervorgerufen, welche zur Bildung eines Gelenkpolsters erforderlich ist und die sich sonst in erster Linie von der mechanischen Einwirkung des Regens und zuweilen auch des Windes auf das junge Blatt herzuleiten scheint.

Es ist somit wahrscheinlich, als ob der fragliche Blatttypus unter hauptsächlicher Einwirkung einer constanten Feuchtigkeit im Vereine mit einer ziemlich tiefen Temperatur entstanden wäre, welche zwei Factoren von der Nähe der Schneehaufen bedungen werden.

Die so erhaltene Blattgestalt fungirt auch ohne Zweifel mit besonderer Rücksicht zu diesen Klimafactoren.

Durch die zirkelrunde Form wird nun eine auf diesem verhältnissmässig schwach isolirten und ganz luftfeuchten Gebiete wohl nothwendige, grösstmöglichste Insolations- und Transpirationsfläche gewonnen, während gleichzeitig die Peripherie, die Blattzähne ausgenommen, so kurz wie möglich wird.

Durch diese letzterwähnte kreisförmige Anordnung nähern sich durchschnittlich die Blattzähne einander in höherem Grade, als ob das Blatt langgestreckt wäre, und können dadurch dasselbe besser und längere Zeit gegen die Schneedecke im Herbst und Winter schützen. Es ist nämlich ein Factum, dass diese zirkelrunden, gesägten Blätter leichter den Schnee des Winters aushalten als irgend andere Blattformen, vielleicht mit Ausnahme der wintergrünen Blätter der Heiden.

Vergangenen Frühling fand ich in der Umgebung Stockholms folgende Arten, welche den strengen Winter hindurch grün blieben. Die meisten von ihnen hatten mehr oder weniger runde und gesägte Blätter: *Lamium amplexicaule, L. incisum, L. purpureum, L. album, Vaccinium Myrtillus, V. Vitis idaea,* die *Pyrola*-Arten, *Viola tricolor, Veronica agrestis, V. Chamaedrys, V. officinalis, Oxalis acetosella, Trifolium hybridum, Taraxacum officinale, Ranunculus acris, R.*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0264-5

repens, Rumex Acetosa, R. acetosella, Potentilla tormentilla, P. argentea, Plantago lanceolata, Glechoma hederacea, Fragaria vesca, Chelidonium majus, Cirsium lanceolatum, Ballota ruderalis, Alchemilla vulgaris, Urtica urens, U. dioica, Achillea Millefolium, Matricaria inodora, Caltha palustris, Cerastium vulgatum, Sedum-Arten, *Scleranthus annuus, Calluna vulgaris, Empetrum nigrum.*

Die drei letztgenannten gehören zum Typus der Kälteblätter.

In der Gegend von Skara in Vestergötland fand ich im Februar 1894 folgende Arten mit grünen Blättern: *Saxifraga granulata,* zahlreich, alle Blätter gerundet; *Chrysantemum leucanthemum,* Grundblätter gerundet; *Geum rivale,* Grundblätter gerundet; *Fragaria vesca,* Totalform und die Form der Theilblätter beinahe rund; *Anemone hepatica,* Totalform beinahe rund, Lappen beinahe halbzirkelförmig; *Vaccinium Vitis idea,* Blätter umgekehrt eirund; *Linnaea borealis,* Blätter zirkelrund; *Campanula rotundifolia,* Grundblätter zirkelrund; *Veronica officinalis,* Blätter etwas gerundet; *Glechoma hederacea,* Blätter gerundet; *Lamium*-Arten, Blätter gerundet; *Pyrola*-Arten, Blätter rund oder umgekehrt eirund, selten mehr lanzettförmig.

Die meisten der oben aufgezählten Arten mit lappigen Blättern, z. B. *Fragaria, Ranunculus* u. s. w., haben die Totalform beinahe zirkelrund, doch kommen auch lappige Blätter von langgestreckter Form vor.

Sie sind fast alle einer Form, welche der der obenerwähnten alpinen Schneeblätter gehört oder sehr nahe kommt, indem der Umfang sich der zirkelrunden Form nähert, obwohl eine geringe Zuspitzung oft vorkommt.

Die Blätter sämmtlicher Arten sind mit Randzähnen versehen, welche jedoch, wie wir später sehen werden, durch andere Anordnungen ersetzt werden können.

Um die Ursache zu ergründen, wesshalb die lappigen und gesägten Blätter sich besser gegen Kälte schützen, machte ich Einfrierungsversuche mit *Veronica officinalis.* Ich wählte diese Pflanze, weil ich, damit die Umstände im Uebrigen möglichst gleich seien, eine Art zu erhalten wünschte, deren Blattrand theils glatt, theils gesägt war, was bekanntlich bei der erwähnten *Veronica* der Fall ist. Die Blätter wurden direct von einem wachsenden Individuum genommen und zwischen zwei Objectgläser in einer überall gleich tiefen Wasserschicht gelegt. Das Gefrieren wurde unmittelbar darauf bewerkstelligt und ging auf folgende Weise vor sich. In ein Gefäss mit „Kältemischung“ wurde ein anderes leeres mit sehr flachem Boden gestellt, so dass das pulverisirte, mit Salz gemischte Eis die Ränder

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0265-1

der Gefässe erreichte. Nachdem das Schmelzen eine Weile gewährt, wurden die Objectgläser auf den Boden des inneren Gefässes gelegt, in welches dann ein drittes Gefäss, mit „Kältemischung“ versehen und auf Korkscheiben ruhend gestellt wurde, auf allen Seiten den vorhergehenden so nahe wie möglich. Es zeigte sich nun, dass das Gefrieren am spätesten in der Nähe der gesägten Partie vor sich ging und dass das Aufthauen zuerst an selbiger Stelle begann. Als das Aufthauen einige Minuten gedauert hatte, konnte man weiter beobachten, wie die Schmelzlinie des Eises eine Kurve bildete, welche sich erheblich weiter von dem gesägten Blattrande befand als von dem ganzrandigen Theile. Da hierbei verschiedene Vorsichtsmassregeln beachtet werden mussten, war ich genöthigt, eine Menge wiederholter Versuche anzustellen, bevor das Experiment zu gelingen begann.

Die verschiedene Menge des an den Randzähnen und dem ganzen Rande niedergeschmolzenen Eises gibt deutlich die Menge der Wärme an, welche auf den verschiedenen Stellen vom Rande des Blattes fortgeleitet ist.

Dass solche gesägte Blätter nicht einen so niedrigen Grad Kälte unter Barfrost wie die Kälteblätter aushalten können, zeigt sich auf den Stellen, wo der Schnee weggeblasen wurde, ebenso auch bei dem Umstand, dass, während eines sich durch wenig Schnee und starke Kälte auszeichnenden Winters, die grünen Blätter dieser Kategorie zum grossen Theil fast ganz und gar absterben. In diesen letzteren Fällen können dagegen dichtblätterige, wintergrüne, mit ganzen und eingebogenen Blatträndern versehene Arten sehr gut aushalten.

Der Schnee, welcher sowohl im Tiefland als auch im Hochland später im Herbste und im Winter fällt, kann daher die Blätter nicht tödten, sondern schützt vielmehr diese vor der Einwirkung der strengen Kälte. Die Randzähne scheinen somit als wärmeleitende Organe zu wirken. Durch sie kann sich die Pflanze im Winter mit einer wärmeren Luftschicht umgeben, sei es nun, dass dieses unter einer Schneedecke geschieht, wo die Blätter lange, oft während des ganzen Winters, grün sind, oder, wie bei unseren Baumarten, unter dem Schutze dichter schliessender Knospenschuppen, welche nicht oder in geringerem Grade vom Schnee geschützt sind.

Wie die gesägten Blätter, so verhalten sich auch, wenn die Lappen nicht allzuweit von einander stehen, die lappigen Blätter.

Eine ähnliche Function, wie diese, welche die Randzähne auszuführen haben, findet sich auch in gewissem Grade bei den Blättern vor, welche eine starke Behaarung haben, sei es nun, dass die Blätter

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0266-7

von deutlichen Knospenschuppen geschützt werden, wie *Salix lanata,* oder auch von weniger deutlichen, wie bei *Gnaphalium norvegicum.* Die Behaarung kann also die Randzähne ersetzen.

So dürfte auch, wie das übrigens auch ganz natürlich ist, das Verhältniss mit den Falten und Erhöhungen etc. sein, welche zuweilen auf der Blattfläche vorkommen, ebenso auch mit den gekräuselten Rändern.

Auf dem Gebiete rund um die Schneehaufen herum werden die Randzähne in ihrer Function von diesen Anordnungen nicht in der Regel, aber manchmal unterstützt oder ersetzt.

Eine dichte Behaarung, welche das assimilirende Gewebe beschattet, stimmt doch nicht gut mit dem Streben der Schneeblätter überein, eine möglichst starke Insolation zu erhalten.

Gekräuselte Blätter kommen doch in der Nähe der Schneehaufen in den Hochgebirgen vor. Beispielsweise mögen erwähnt werden: *Oxyria digyna,* nebst *Alchemilla vulgaris, Rubus chamaemorus* u. m. a. Gekräuselte Blätter zeigen sich ausdauernder als andere auch in unseren Gärten, z. B. die *crispa*-Formen von den *Brassica*-Arten.

Arctostaphylos alpina liefert uns ein Beispiel von deutlich netzaderigen Blättern. Solche netzaderige und runzelige Blätter kommen am meisten da vor, wo das Sonnenlicht verhältnissmässig mehr ausdauernd ist. Es ist schon vorher erwähnt, dass eine glatte oder beinahe glatte Fläche bei den hiesigen Lichtverhältnissen einen höheren Grad von Assimilation ermöglicht als eine behaarte und dass die Transpiration durch die Glätte der Fläche erleichtert wird.

Die oft kurzen Stiele, denen Gelenkpolster fehlen, tragen deutlich dazu bei, dass sich die Blätter einander nähern, welcher Umstand natürlich auch einen Schutz gegen die infolge der Nähe des Schnees oft tiefe Temperatur hervorruft.

Da die Blätter auf dem Gebiete rund um die Schneehaufen die Schneedecke sich zu Nutzen ziehen und sich gegen die daselbst herrschende Kälte und Feuchtigkeit schützen, so ist die Anpassung bei diesen also biversal.

Ganz nahe den Schneehaufen auf den Hochgebirgen Jemtlands kommen folgende Arten vor, welche meistens fast concentrisch geordnet sind.

So findet man gewöhnlich nahe am Schnee eine dichte Matte von *Salix herbacea.* Weiter ab kommt am häufigsten *Mytillus nigra* und noch weiter ab gewöhnlich *Betula nana* vor.

Auf der tieferen Seite von den Schneehaufen treten gewöhnlich *Viola biflora* nebst der nur in Rücksicht auf die Grundblätter zu

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0267-2

diesem Typus gehörende *Solidago Virgaurea* auf, welche beide Pflanzen oft bei einander in Gesellschaft leben. Weiter: *Viola palustris; Caltha palustris,* klein, kriechend mit kleinen, zirkelrunden oder nierenförmigen Blättern; *Alchemilla vulgaris,* welche den Uebergang zu den lappigen Blättern bildet; *Oxyria digyna* (Taf. 2 Fig. 10); *Saxifraga stellaris,* welche bis hinauf zu der Nähe der Gletscher vorkommt; *S. nivalis* in weiterer Entfernung vom Schnee und auf tieferem Niveau, ebenso die *Pyrola*-Arten u. a. *Salix polaris,* in weiterer Entfernung von den Schneehaufen, aber auf höherem Niveau; *Dryas octopetala,* in einiger Entfernung von den Schneehaufen, aber auch oft auf Heiden oder offenen Abhängen, ebenso *Arctostaphylos alpina; Rubus Chamaemorus,* oft auf hohen Mooren zwischen Schneehaufen, bildet den Uebergang zu den lappigen Blättern; *Rumex Acetosa* u. a., welche die Blätter in der Nähe des Schnees breiter haben als auf tieferem Niveau.

Auf den allerhöchsten Gebieten der Hochgebirge scheinen, wie ich später erwähnen werde, die Blätter allmählich eine etwas veränderte Gestalt anzunehmen, sie werden kleiner, oft ganzrandig, zuweilen fleischig, dichtsitzend, länglicher und etwas spatenförmig (oft keimblattähnlich) z. B. *Cardamine bellidifolia, Koenigia islandica.*

Assistent H. Dahlstedt, welcher vergangenen Sommer Salève nebst Dent d'Oche und La Dôle im Jura besuchte, hatte auf meinen Wunsch nach den Verhältnissen, die Blatttypen dortselbst betreffend, gesehen und mir mitgetheilt, dass er bei oder in einiger Entfernung von den Schneehaufen folgende Arten des Alpinenschneeblatttypus gefunden habe: *Homogyne alpina* Cass. (Taf. II Fig. 20), *Chrysosplenium alternifolium* L., *Saxifraga rotundifolia* L., *Primula hirsuta* auf etwas tieferem Niveau, *Primula Auricula* L., *Saxifraga cuneifolia* L., *Ranunculus Thora* L., *Salix retusa* L., *Salix herbacea* L., *Salix reticulata* L., *Campanula pusilla* auf tieferem Niveau, *Trifolium Thalii* Vill. mit kleinen, runden und gesägten Blättchen, *Thlaspi rotundifolium* Gaud., *Veronica bellidioides* L., *Veronica aphylla* L., *Soldanella alpina* L., *Epilobium collinum* Gm., *Primula elatior* Lf. hat die Blätter breiter mit quer abgerundeter Basis, im Allgemeinen mehr gerundet als bei den Hauptformen. Einige Arten nähern sich mehr oder weniger diesem Typus, z. B. *Geum montanum* L., *Ranunculus alpestris* L., *Arnica montana* L., *Arabis alpina* L.

Ein Theil Arten haben bei den Schneehaufen die Blattform mehr gerundet und breiter, aber etwas entfernt davon oder auf tieferem Niveau mehr langgestreckte Blätter, z. B. *Viola calcarata* L., *Leon-*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0268-8

odon hastilis L., *Leontodon hispidus* L., *Leontodon pyrenaicus* Goun., *Plantago montana* Lam.

In einiger Entfernung vom Schnee, meistens in Gesellschaft lappiger Blattformen kommen vor: *Rumex arifolius* All., *Rumex alpinus* L., welche breitere Blätter als die im Tiefland wachsenden *Rumex*-Arten haben.

Auf den Alpen wie in den Hochgebirgsgegenden Skandinaviens, auf den allerhöchsten Gebieten in der Nähe der Gletscher werden die Blätter dichtsitzend, mehr oder weniger ganzrandig, zuweilen fleischig, spatenförmig und länglicher (oft keimblattähnlich), z. B. *Androsace glacialis* Hoppe, *Cardamine alpina* L., *Gentiana brachyphylla* Froel., *Saxifraga Seguieri* Sprzl., *Saxifraga planifolia* Lap., *Saxifraga Rudolphiana* Hornsch., *Saxifraga androsacea* L., *Campanula senicia* L., *Arabis coerulea* All.

Bei solchen Arten näherte sich die Blattform bisweilen derselben der auf den Heiden wachsenden kleinen, dichtsitzenden Blätter.

Auf den Cordilleren in Bolivia kommen [1]) in der Nähe des Schnees Scrophulariaceen mit zirkelrunden und gesägten Blättern vor, z. B. *Sibthorpia nectarifera* Wedd. nebst andern Arten derselben Gattung.

In Peru tritt in der Nähe des Schnees z. B. eine umbellat *Bovlesia pulchella* Wedd. auf.

In Equador in einer Höhe von 4000 m kommen vor: *Eryngium humile* Cav., *Gaulteria Brachybotrys* DC. (eine *Ericace*), *Ranunculus minutus* Cl. Gay. u. a., alle mit runden und gesägten Blättern. Bei der Magelhans Strasse sowie auf den Falklandsinseln und auch innerhalb Regio alpina auf den Cordilleren in Bolivia kommt massenhaft eine kleine *Gunnera*-Art (*G. magellanica* Link) mit sehr typischen alpinen Schneeblättern vor.

Auf dem Kamerungebirge, woselbst der Schnee bekanntlich nirgends das ganze Jahr hindurch liegen bleibt, sah ich doch 3—4000 m hoch in Thälern zwischen Lavabergrücken, wo zeitweise Wasser hervorrinnt, Arten z. B. der *Viola*- und *Hydrocotyle*-Gattungen mit ganz demselben Aussehen wie der alpine Schneeblatttypus.

Auf dem Himalaya [2]) gibt es viele Arten desselben Typus. Ebenso verhält es sich auf den meisten Hochgebirgsgegenden der Erde.

---

1) Nach H. A. Weddel, Essai d'une flore de la région alpine des Cordillières de l'Amerique du sud. 1855.

2) Vergleiche A. Engler, Versuch einer Entwickelungsgeschichte d. Pflanzenwelt, Theil I, Leipzig 1879, pag. 122.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0269-7

In den arktischen Gegenden kommt dieser Typus auch nicht so selten vor.[1])

Mehrere unter den von Hult benannten und näher studirten alpinen Pflanzenformationen haben alpine Schneeblätter und finden sich in den Hochgebirgen Jemtlands, z. B. die *Salix herbacea*-Formation, die *Arctostaphylos alpina*-Formation, die *Betula nana*-Formation, die Hainthälchen-Formation, welche letztere, sowie die vorigen in Uebereinstimmung mit dem, was hier hauptsächlich hervorgehoben ist, theilweise aus Arten mit kleinen runden Blättern besteht, die in einiger Entfernung von den Schneehaufen gewöhnlich mehr und mehr lappig werden.

Windblätter.

In einer Entfernung von den Schneehaufen befindet sich das dem Wind ausgesetzte abschüssige Terrain. Dasselbe ist entweder in den tieferen alpinen Gebieten belegen, wo es von Elementen eingenommen wird, welche ausserdem in den subalpinen Gebieten, sowie bis auf den infraalpinen Gegenden in die tiefere Schicht der Hainthälchenformation eingehen, und kann da in Uebereinstimmung hiermit alpine Hainthälchen genannt werden, — oder auch näher den Gletschern, wo es von typischeren Hochgebirgsgewächsen bewachsen ist: höher belegene Hochgebirgsabhänge. Beide Gebiete haben das gemeinsam, dass der Wind hier stärker und ununterbrochener als anderswo in den Hochgebirgen, wo Vegetation vorkommt, zu sein scheint, wesshalb ich ihnen den gemeinsamen Namen Windgebiete gegeben habe.

Die Blätter sind auch in den oberen Theilen der Pflanze in in Uebereinstimmung mit diesem Klimafactor ausgebildet.

Die Blätter noch, welche sich näher dem Boden befinden und daher der Einwirkung des Windes weniger ausgesetzt sind, sind an Form mehr ganz und beinahe zirkelrund, gesägt und im Uebrigen als alpine Schneeblätter ausgebildet. Auch sind die ganz unten sitzenden Blätter mehr als die übrigen des Sprosses der Einwirkung des Schnees ausgesetzt, da sie ja zeitig im Frühjahr oder spät im Herbste hervorkommen und ausserdem oft während des Winters grün sind; in der Nähe der Schneehaufen sind sämmtliche Blätter der Pflanzen, wie vorher schon erwähnt, auf diese Weise entwickelt.

---

1) A. Engler l. c. pag. 158. — Auf Nowaja Semlja gefundene Arten, vergl. Trautvetter im Journal of Botany 1872. — O. Ekstam hat mir mitgetheilt, dass bei den Schneehaufen auf Now. Semlja mehrere Arten vorkommen, die gesägte runde Blätter haben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0270-8

Weiter hinauf am Stiel und in demselben Grade, wie sie dem Winde mehr ausgesetzt sind, kommen am häufigsten handlappige Blätter vor, in der Totalform noch den Schneeblättern gleichend. Sie haben gewöhnlich sehr lange Stiele nebst deutlichen Blattscheiden, oft im Vereine mit „Gewebepolster". In der Nähe der Blüthen schliesslich werden die Lappen noch deutlicher und wird die Totalform oft etwas langgestreckt.

Bei einem Theil Arten ist die Differenzirung noch weiter gegangen, entweder so, dass die Lappen zu deutlichen kleinen Blättern ausgebildet worden sind [1]) (z. B. bei den *Trifolium*-Arten), wobei das Blatt noch eine runde Totalform beibehalten hat, oder so, dass das Blatt in die Länge ausgezogen worden ist, in welchem Falle die paarlappige und davon die paarblätterige Form entstanden ist. Auch solche lange und schmale ganze Blätter, welche z. B. bei Gräsern vorkommen, werden auf diesen Gebieten, wenn auch spärlich, angetroffen. Für diese sämmtlichen Blattformen, seien sie nun sehr langgestreckt — ganzrandig oder lappig — oder rund und lappig, schlage ich bis auf Weiteres den gemeinsamen Namen „Windblätter" vor, weil, wie ich theils weiter hier unten, theils in einer späteren Arbeit zu beweisen suchen werde, diese Formen mit aller Wahrscheinlichkeit durch die Einwirkung des Windes entstanden sind.

Da die handlappige Blattform die allgemeinste innerhalb Regio alpina vorkommende Kategorie des erwähnten Blatttypus zu sein scheint, nenne ich denselben „alpine Windblätter". Dieser Typus scheint nämlich fast ausschliesslich auf den höher belegenen Hochgebirgsabhängen repräsentirt zu sein; und innerhalb der alpinen Hainthälchen sind diese mehr als andere Windblätter repräsentirt und zwar sowohl was die Individuen- als auch die Artenanzahl betrifft.

Wie ich bereits im Anfang dieser Abhandlung angedeutet, sind es die während des Sommers liegenbleibenden Schneehaufen mit der Ausdehnung, die sie im Monat August haben — d. h. wenn sie am kleinsten sind —, welche durch die Einwirkung, die sie auf die Vegetation rund herum haben, berechtigen, die beiden Typen, alpine Schneeblätter und alpine Windblätter, schärfer von einander zu unterscheiden.

Da sowohl Boden wie Luft in weiterer Entfernung vom Schnee wärmer und die Vegetationsperiode länger wird, so steht auch hiermit

1) Ich werde in einer späteren Arbeit zu beweisen suchen, dass ein grosser Theil lappiger oder getheilter Blätter aus verschiedenen kleinen ganzen und gerundeten Blattformen entstanden sind.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0271-3

das Grösserwerden der Blattflächen in den Windgebieten im Zusammenhang. *Aconitum* und *Geranium silvaticum* z. B. haben im Vergleiche mit der Form von *Caltha palustris,* die immer nahe bei den Schneehaufen wächst, sehr grosse Blattflächen, wie auch im Vergleiche mit andern Arten, die Schneeblätter haben und in der Nähe der Schneehaufen vorkommen. *Rubus saxatilis* z. B., der in alpinen Hainthälchen und auf Abhängen in weiterer Entfernung von den Schneehaufen vorkommt, hat bedeutend grössere totale Blattspreite als z. B. *Rubus chamaemorus,* welche oft in grosser Menge näher am Schnee wächst.

Da im Zusammenhang mit dem längeren Abstand von diesen kalten Gebieten auch, wie erwähnt, die Vegetationsperiode für diese alpinen Hainthälchenpflanzen länger währt als für Pflanzen beim Schnee, so hatten auch die oberen Blätter bei den ersteren länger Zeit gehabt in der Flächenbreite zuzuwachsen.

In demselben Grade, wie z. B. bei *Aconitum* die kleinen runden und auch im Uebrigen schneeblattähnlichen mehr ganzen Blattspreiten der Primordialblätter höher hinauf am Stamm an Grösse zunehmen; in demselben oder in gar noch höherem Grade — weil die Form rund ist — sollte die Widerstandskraft einer ganzen Blattfläche gegen den Wind erhöht werden; dieses um so mehr, als die Blätter, welche, wie erwähnt, am häufigsten an Abhängen vorkommen, gleichzeitig, dass sie, um die grösste Lichtmenge zu erhalten, sich winkelrecht gegen das einfallende Licht gestellt haben, auch der ununterbrochen wirkenden Kraft des Windes oft mehr oder weniger winkelrecht ausgesetzt werden.

Ein solcher Widerstand würde inzwischen für die Pflanzen bedenkliche Folgen mit sich führen. Hier kann man hinzufügen, was Stahl[1]) betreffs der Frage über die permanent hängenden Blätter bei *Anthurium Veitchii* äussert: „denn je grösser eine einfache Blattspreite, um so grösser die Gefahr der Beschädigung durch Wind oder Regen: Zerreissen von den Rändern aus oder Durchlöcherung, Knickung von Spreite oder Stiel, Abtrennung des ganzen Blattes, ja Brechen des ganzen Zweiges“ etc.

Dieser Widerstand wird indess dadurch gehoben, dass die Blattspreite in Lappen getheilt wird, eine Gestalt, welche also vom grössten Nutzen für das Blatt selbst, wie auch hierdurch für die Pflanze im Ganzen wird. Man braucht auch nicht lange auf diesen Windgebieten umher zu streifen, bis man erfährt, welche Function diese Lappen haben, ebenso den Nutzen der übrigen, dem Typus ge-

1) E. Stahl, l. c. pag. 150.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0272-9

hörende Anordnungen. Die Blattlappen sind nämlich unaufhörlich in der lebhaftesten Bewegung, wobei sie gegen einander stossen, und die Spreiten, die mehr oder weniger horizontal und winkelrecht gegen die langen Stiele gestellt sind, werden mit diesen zugleich vom Winde hin- und hergewiegt.

Grevillius[1]) hat darauf hingewiesen, dass die obenerwähnten nebst vielen andern in die Hainthälchenformationen gehörenden Arten sich durch Knospen verjüngen, welche an dem basalen Theile — und dicht zusammen — des blühenden Schösslings sitzen.

Die Blätter stehen hierdurch auch nahe zusammen und mit den Lappen beinahe ineinander eingeflochten. Auch von diesem Gesichtspunkte ist es deutlich für die Blätter mit grösserem Vortheil vereint, mit weichen, biegsamen Lappen versehen zu sein, welche besser bei den Stössen gegen einander nachgeben können, als wenn sie mit ganzen Spreiten ausgerüstet wären, deren Schwere in solchem Falle die Stösse kräftiger machen würde, wodurch die Blätter in Gefahr kämen, zerbrochen zu werden.

Durch die unablässige Bewegung der Lappen wird die Verdunstung in hohem Grade befördert, was auch sehr nothwendig ist, da diese Pflanzen mit ihren Blättern besonders dicht zusammen stehen, zuweilen beinahe ein zusammenhängendes Dach bildend, unter welchem die Luft, sowohl infolge hiervon als auch weil der Boden oft von hervorsickerndem Wasser durchtränkt ist, einen hohen Grad Feuchtigkeit beibehält.

Von den schmalen biegsamen Lappen werden auch leichter die kalten Wassertropfen abgeschüttelt als von einer ganzen Blattspreite.

Die alpine Hainthälchenelemente breiten sich, wie bekannt, weit hinunter auf das Tiefland aus, den Flussthälern und Ufern der Bäche bis hinunter zum Meere folgend, wobei ein grosser Theil andrer Arten mit ganzen Blättern in diese Formation hinzukommt. Bekanntlich kommen mehrere verschiedene ursprünglich alpine Arten bis hinunter in Schonens und Blekingens Hainthälchen vor. Wenn lappige Elemente von den windreichen Gebieten der Hochgebirge hinunter in die dichtbelaubten Thälchen der subalpinen und infraalpinen Gebiete dringen und da von hohen Schichten beschattet werden, so werden, da die Feuchtigkeit im Vereine mit Beschattung zunimmt, während gleichzeitig die Einwirkung der Windes mehr und mehr abnimmt, diese Blattlappen dünner, breiter und mit weniger „eingerollten“ Rändern versehen,

1) A. Y. Grevillius, Biologisch-physiognomische Untersuchungen einiger schwedischer Hainthälchen. Botanische Zeitung 1894. Heft VIII/IX.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0273-5

wodurch sie auch von dem hierselbst schwächeren Winde in Bewegung gesetzt werden können.

Die Windblätter sind desshalb hier etwas modificirt worden, nicht nur mit Rücksicht auf den hierselbst schwächeren Wind, sondern auch auf die schwache, mehr einseitige Beleuchtung und die constantere Temperatur — die Blattränder scheinen nämlich, wie erwähnt, auf tieferem Niveau weniger eingebogen zu sein — und den hohen Sättigungsgrad der Luft.

Auch der Niederschlag tritt in einer anderen Form in den tiefer gelegenen Hainthälchen auf, als diess auf den Hügelabhängen innerhalb der Hochgebirge der Fall ist. Die dichten und feinen Thauregen, welche auf diesen letzteren Stellen fallen, werden auf tieferem Niveau mehr und mehr von heftigeren Regen mit starken, schwer fallenden Tropfen ersetzt.

Dass dieser Klimafactor einen bedeutenden Einfluss auf die physiognomische Zusammensetzung der Hainthälchen der tieferen Niveauen so weit ausübt, dass die Arten, welche infolge der Lappigkeit der Blätter besonders geeignet sind, der zerstörenden Einwirkung des Regens zu widerstehen, daselbst ein integrirender Theil in den höheren Feldschichten geworden, kann dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen. Die tieferen Schichten dagegen, welche von dem Blattwerk der mehr hochwachsenden Arten gegen den Wind und die störende Einwirkung der schweren Regentropfen geschützt werden, sind zum grössten Theil aus Arten mit ganzen, gerundeten oder ein wenig zugespitzten, mehr oder weniger ausgebreiteten Blattspreiten zusammengesetzt.

Es sind inzwischen nicht allein alpine Schneeblätter, welche allmählich, je mehr dessen Verbreitung von den Schneehaufen entfernt ist, zu dergleichen alpinen Windblättern überzugehen scheinen, sondern auch die alpinen Verdunstungsblätter zeigen zuweilen, wenn auch seltener, eine gewisse entsprechende Uebereinstimmung auf diesen Gebieten. Währenddessen z. B. *Gnaphalium norvegicum, Antennaria carpatica* u. a. Compositeen ein Niveau einnehmen, welches der Grauweidenzone entspricht, treten zuweilen in gewissen Hochgebirgsgegenden seidenbehaarte *Artemisia*-Arten auf den dem Winde ausgesetzten Abhängen auf, die oberhalb dieses Gebietes belegen sind. Die totale Form der Spreite auch bei ähnlichen und andern lappigen Blättern hierselbst vorkommender Pflanzen scheint gewöhnlich sich mehr oder weniger den alpinen Windblättern zu nähern.

Wie es wahrscheinlich ist, dass die Blätter der Gräser, z. B. die langen Blätter bei den *Stipa*-Arten, von den auf den Steppen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0274-1

und Grasebenen oft ununterbrochenen und starken Winden in die Länge ausgezogen worden (dass auch die Etiolirung in frühem Stadium hierbei mitgewirkt hat, ist deutlich); auf gleiche Weise ist es annehmbar, dass auch die Randzähne, welche auf den nach den Primordialblättern folgenden Blättern, z. B. der Ranunculus acris, sehr gross sind, vom Winde in die Länge gezogen werden. Dass es besonders der basale Theil von diesen kleinen Organen ist, welcher in die Länge gewachsen, scheint von Beobachtungen über die Blätter der *Acer*-Arten, mit welchen ich in letzterer Zeit beschäftigt bin, bekräftigt zu werden. Sowohl vergleichende Beobachtungen der Blätter verschiedener Arten und Formen mit Rücksicht auf die Ausbreitung in stillen oder windreichen Gegenden als auch die ontogenetische Entwickelung der lappigen Blätter deuten mit Bestimmtheit darauf hin.

Die *Acer*-Arten, deren Blätter im Allgemeinen Windblätter sind und welche theils in den Hochgebirgen, theils auf niederem Niveau, nicht weit von den höheren gefältelten Gebirgsketten der Erde vorkommen, scheinen im Allgemeinen den windreichen Gebieten und den Hainthälchen anzugehören. Japan, wo die Gattung hauptsächlich durch die Gruppe „*Palmata*" repräsentirt ist, welche da zum grössten Theil endemisch ist, ist bekanntlich eines der windreichsten Gebiete der Erde. Der Wind weht beständig und heftige Stürme rasen. Die Arten dieser Gruppe nebst andere in diesem Lande wachsende Repräsentanten erwähnter Gattung haben längere Lappen als alle beliebigen *Acer*-Arten, wie auch viele andere Gewächse daselbst oft starke und langlappige Blätter haben.

Der Japanese Dr. Jimbo, welcher vergangenen Herbst Stockholm besuchte, versicherte auf meine Anfrage, dass auf der nördlichen Insel Japans, Hokkaido, wo oft heftige Winde wehen, weit mehr sowohl Individuen als auch Arten mit lappigen Blättern vorkommen als z. B. in Deutschland und Schweden, und zwar in Bergsgegenden und an der Küste. In einem kleinen Aufsatz[1]), welchen er gleich darauf mir sandte, wird diese Angabe auch, was die Artenanzahl betrifft, bekräftigt. Familien mit lappigen Blättern als *Ranunculaceen, Cruciferen, Sapindaceen, Anacardiaceen, (Leguminosen), Rosaceen, Umbelliferen, Araliaceen* und Gattungen mit ähnlicher Blattform, wie *Artemisia, Cnicus, Lactuca Senecio, Hoteja, Sambucus, Viburnum* sind in diesem Verzeichniss reich repräsentirt.

1) K. Miyabe u. K. Jimbo, Ainu names of Hokkaido plants. — Journal of the Tokio geographical Society, for 28the year, Meiji, April 1892.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0275-7

Von Bäumen mit lappigen Blättern werden vorerst die zahlreichen *Acer*-Arten gemerkt, nebst mehreren *Fraxinus*- und *Quercus*-Arten und beispielsweise *Pyrus Toringo,* welche hier und in den angrenzenden Küstengegenden des asiatischen Festlandes ihre Heimath hat, und welcher bekanntlich die einzige *Pyrus*-Art ist, welche lappige Blätter hat. Unter den Baumarten, welche sonst ganze Blätter haben, sind *Laciniata*-Formen sehr gewöhnlich. Sowohl von *Betula-, Alnus-, Ulmus-* u. a. als von *Acer*-Arten kommen ähnliche Varietäten vor. *Acer tatarium*, welche auf ihrem Verbreitungsgebiete in den Gebirgsgegenden des östlichen Europa und mittleren Asiens ganze Blätter hat, bekommt in Japan und den angrenzenden Gegenden lappige Blätter. Nach Pax ist diese *Acer tataricum* var. *Ginnala* eine besondere Art, am nächsten verwandt mit *A. tataricum.*

Auch der Regen, welcher in Japan sehr reichlich und oft während heftigen Windes fällt, dürfte doch möglicherweise auf tieferem Niveau in seiner Weise zur Ausbildung der Lappen der betreffenden Pflanzen beigetragen haben.

Aber da, wie erwähnt wurde, überall innerhalb Regio alpina der Regen leichter und schwächer ist und aus kleineren Tropfen besteht, so scheint dieses mehr dafür zu sprechen, dass hier der Wind ausschliesslich die erste Entstehung [1]) der Lappen bedungen hat.

Im Tieflande dürfte vielleicht auch der Regen, doch gewöhnlich im Vereine mit dem Winde, einen nicht geringen substituirenden Einfluss ausgeübt haben.[2]) Der Regen als ein Factor bei der ersten Ausbildung der Lappen dürfte doch äusserst selten die grösste Rolle spielen.

Des Vergleiches wegen will ich auch andere Beispiele von lappenblättrigen Pflanzen von verschiedenen Gebieten ausserhalb Regio alpina anführen.

In den windigen Küstengegenden des südwestlichen Spaniens fand ich auf grossen Strecken, dass die höheren Schichten der Vegetation, welche am meisten dem Winde und auch dem Regen ausgesetzt waren, beinahe ausschliesslich aus Pflanzen mit lappigen oder getheilten Blättern bestanden. Oft sind die Arten in ähnlichen Gegenden ausserdem mit Stacheln und Dornen versehen, ein Verhältniss, auf das ich hoffentlich noch später zurückkommen kann.

---

1) Gleichzeitig dürfte doch die Etiolirung der unter der welkenden Laubdecke und bei feuchtem Boden sich entwickelnden jungen Blätter zur Länge der Lappen mitgewirkt haben.

2) Vergl. E. Stahl, pag. 152—159, wo auch die Beobachtungen des Herrn Dr. G. Karstens mitgetheilt sind.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0276-2

Hier wuchsen am Strande lappenblättrige Arten, hauptsächlich repräsentirt von den Gattungen *Erodium, Chenopodium* und *Atriplex*, und in der inneren Zone dieses Strandgürtels sah man dichte Gebüsche zum grössten Theil zusammengesetzt von *Chamaerops humilis, Pistacia atlantica,* nebst zwischen diesen sich schlingenden *Clematis*-Arten u. a. m.

Diese Gebüsche waren doch hier und da dünner, was verursachte, dass auch die unteren Schichten oft merklich von den Wirkungen des Klimas Eindruck genommen hatten. Auch in diesen kommen daher Arten mit lappigen Blättern vor, z. B. Cruciferen. Im Uebrigen hatten die Pflanzen in diesen Beständen und auch in den angrenzenden Gebieten, wie es auch übrigens in den Ländern des Mittelmeeres der Fall ist, im Allgemeinen Thaublätter.

Auch in den windreichen Küstengegenden des südlichen England beobachtete ich nicht so wenige lappenblättrige, zugleich stachelige und mit Dornen ausgerüstete Arten. Von der Gegend Falmouth mögen als sehr gewöhnliche beispielsweise genannt werden: *Quercus-, Rubus-* und *Berberis*-Arten, *Hedera Helix, Ulex europaeus, Prunus spinosa* nebst nahe dem Strande lappige Chenopodiaceen.

Auf Madeira, woselbst bekanntlich gewisse Zeiten des Jahres sehr heftige Stürme herrschen, beobachtete ich unter anderen Typen, die zum grossen Theil mit Thaublättern versehen sind, auch recht viele und zahlreich vorkommende paar- oder lappenblättrige Arten der Gattungen *Quercus, Berberis, Rubus, Jasminum, Bryonia, Phaseolus, Rosmarinus, Ruta, Oxalis, Papaver, Brassica, Sisymbrium* nebst Valerianaceen, Umbellaten und Farnkräutern.

In den tropischen Theilen des westlichen Afrika fand ich auf verschiedenen Stellen zufällig Gelegenheit zu beobachten, wie Arten mit lappigen oder getheilten Blättern, z. B. Palmen und Bombaceen, oder mit langgestreckten Blättern, wie *Dracaena-* und *Pennisetum*-Arten u. a. m., auf Gebieten auftreten, welche vom stärkerem Winde gekennzeichnet sind, sowohl an der Küste, wo starke Tornados herrschen, als auf Plateauen und Grassteppen, welche eine offene Lage haben, wodurch sie dem Winde ausgesetzt werden, während dessen der eigentliche, von mir mit dem Namen Regenblätter bezeichneten Typus hauptsächlich im Urwalde und auf den vor dem Winde mehr geschützten Stellen auftritt. [1])

---

1) Es versteht sich von selbst, dass die Grenze zwischen den beiden Typen keineswegs deutlich ist. Je mehr die Lappen der Windblätter als besondere Blättchen mit deutlichen Gelenkpolstern, Stiele und Träufelspitzen ausdifferenzirt werden, desto mehr nähern sich diese Blättchen dem Typus der Regenblätter.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0277-8

In Jemtlands Regio alpina treten hauptsächlich folgende Arten mit typischen alpinen Windblättern auf:

Innerhalb der alpinen Hainthälchen und auf tiefer belegenen Hochgebirgsabhängen: *Geranium silvaticum,* oft deckend; *Aconitum Lycoctonum, Potentilla Tormentilla, Potentilla verna, Ranunculus acris, Ranunculus aconitifolius, Alchemilla alpina* (auf trockenem Boden) u. a. m.

Auf den höher belegenen Hochgebirgsabhängen: *Ranunculus glacialis, Ranunculus nivalis, Ranunculus pygmaeus, Ranunculus acris, Potentilla verna, Saxifraga rivularis.*

Innerhalb der alpinen Hainthälchen der Hochgebirgsgegenden kommen ausserdem auch Arten vor, welche sich von den oben erwähnten im Umfang und Theilung der Blattspreite etwas unterscheiden, aber dem Typus ganz nahe stehen, z. B. *Angelica Archangelica, Thalictrum alpinum, Pedicularis*-Arten.

Auch diese Arten haben die Primordialblätter gerundet und gesägt.

In den alpinen Hainthälchenformationen, deren Elemente oft als untere Schicht in die Grauweidenformationen eingehen, kommen neben diesen typischen alpinen Windblättern Formen vor, welche mit aller Wahrscheinlichkeit ursprünglich gewiss auf einem alpinen Windgebiet entstanden sind, die aber ohne Zweifel ihre weitere Entwickelung in den subalpinen und infraalpinen Gebieten erreicht haben.

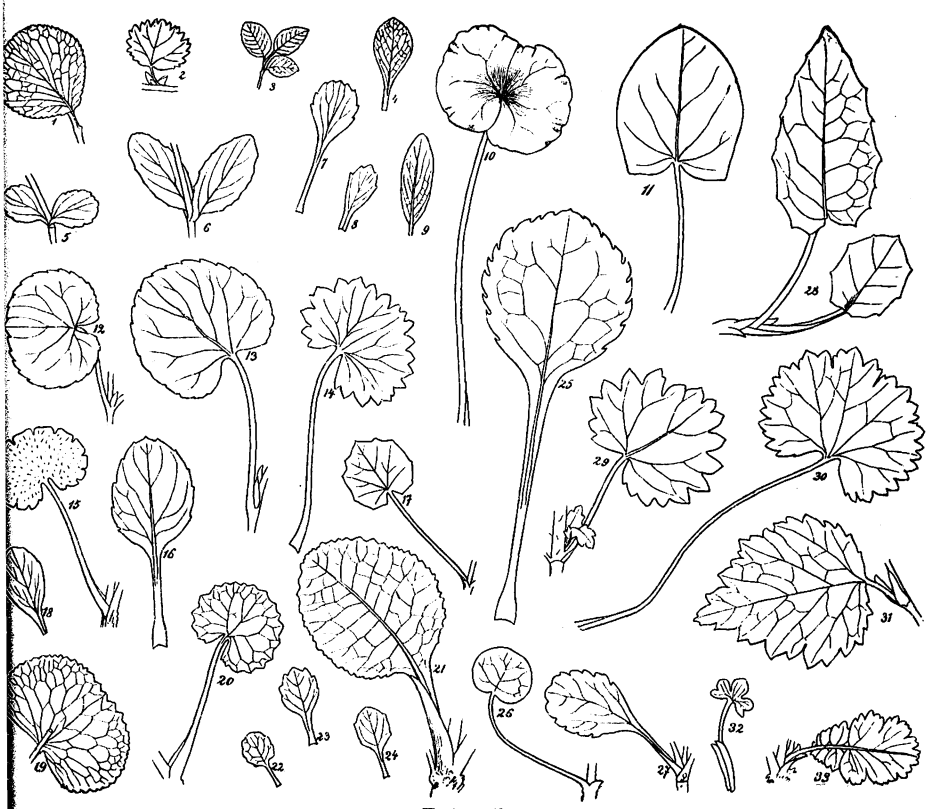
Zu dieser Kategorie gehören zuerst Arten mit leierförmigen Blättern, welche statt Lappen manchmal deutlich ausdifferenzirte kleine Blättchen haben. Die Endlappen der Stielblätter, ebenso wie die Primordialblätter, sind bei diesen Arten noch beinahe zirkelrund, was auf eine Entwickelung von Arten mit typischen Schneeblättern hindeutet.

Beispiele solcher Arten sind: *Cardamine pratensis, Geum rivale, Spiraea Ulmaria, Valeriana sambucifolia, Comarum palustre* nebst in gewissem Grade auch *Taraxacum officinale* und *Mulgedium alpinum,* obwohl die Endlappen bei der letzterwähnten Art in Uebereinstimmung mit ihrer Heimath hauptsächlich auf tieferem Niveau, wo starke Regen fallen, mit Träufelspitzen versehen worden sind, oft aber an Stromschnellen und Wasserfällen, wo das Wasser unaufhörlich über die Blätter spritzt. Die Seitenlappen der leierförmigen Blätter sind sehr häufig zugespitzt, doch gewöhnlich ohne deutliche Träufelspitzen.

Ebenso wie innerhalb des subalpinen Gebietes, in Wahlenberg's Bedeutung genommen, die einfachen Blätter, z. B. von *Betula odorata,*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0278-4

am öftestens ein wenig zugespitzt geworden sind, so haben auch die Lappen der leierförmigen Blätter, mit Ausnahme der Endlappen, eine solche Form erhalten. Zuweilen sind besondere Blättchen noch deutlicher ausdifferenzirt z. B. bei den Papilionacaeen. Bei den alpinen *Phaca-* und *Astragalus*-Arten, welche manchmal bis hinauf auf den höchst belegenen Abhängen vorkommen, scheinen die Endblättchen gewöhnlich breiter und gerundeter als die übrigen zu sein.



Tafel II.

Zu der erwähnten alpinen Hainthälchenformation gehört auch ein anderer Typus, nämlich der, welcher von Arten repräsentirt wird, die gerundete Primordial- und Grundblätter, aber zugespitzte, oft langgestreckte Blätter höher am Stamm haben. Unter dergleichen Arten mögen genannt werden: *Hieracium*-Arten, *Saussurea alpina* (Taf. II Fig. 28), *Solidago Virgaurea* und *Rumex acetosa, β alpina.*

Auch ausserhalb der Hainthälchen ist dieser zugespitzte Typus beispielsweise vertreten bei *Campanula rotundifolia* und *Crysanthemum Leu-*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0279-2

canthemum, welche äusserst reichlich hauptsächlich im infraalpinen Gebiete sowohl auf Waldwiesen zwischen den Hochgebirgen als auch in Gleichheit mit verschiedenen Hainthälchenpflanzen, hinunter bis zu den südlichen Provinzen Schwedens, vorkommen.

Nach Angabe des Assistenten H. Dahlstedt kommen innerhalb der alpinen Hainthälchen und auf windoffnen Abhängen von Regio alpina der Juraberge und Alpen unter anderen folgende zum alpinen Windplatttypus gehörende Arten vor (z. B. am la Dôle): *Anemone narcissiflora* L., sehr reichlich; *Anemone alpina* L., reichlich; *Geranium phaeum βlividum* l'Herit., zerstreut; *Aconitum Lycoctonum* L., spärlich; *Astrantia minor* L., spärlich; *Ranunculus silvestris* Thuill., spärlich; *Ranunculus aconitifolius* L., spärlich; nebst andern vom Typus mehr oder weniger abweichender Arten, z. B. *Artemisia Mutellium* Vill., *Artemisia spicata* Wulf., *Aquilegia atrata* Koch., *Carduus defloratus* L., *Scrophularia Hoppei* Koch. und die noch mehr abweichenden *Orobus luteus, Rumex arifolius* All. und *Rumex alpinus* L.

Nach Angabe von K. Jimbo kommen in den Gebirgsgegenden Hokkaidos hauptsächlich oberhalb der Waldgrenze ungeheuer viele Arten mit lappigen oder getheilten Blättern vor. Beispielsweise seien erwähnt: *Sorbus Aucuparia* Gaertn. var. *japonica* Max., *Phellodendron amurense* Rupr., *Acer Miyabei* Max., *Rhus toxicodendron* L. var. *radicans* Mig. nebst Arten der Gattungen *Aconitum, Anemone, Aquilegia, Trolius, Thalictrum, Paeonia, Potentilla, Angelica, Dicentra* u. a. m.

Auch diese können deutlich zu verschiedenen Kategorien, entsprechend denen auf den Abhängen innerhalb Regio alpina der Jemtlandhochgebirge hingeführt werden. Ueber die Vegetation bei den Schneehaufen konnte Dr. Jimbo keine Aufklärung geben.

In den alpinen Hainthälchen und auf den steilen Bachufern (2000—2500 m) des Kamerungebirges beobachtete ich mehrere verschiedene Formen lappiger oder getheilter Blätter. Folgende Arten, welche in Gesellschaft wuchsen, mögen als Beispiele genannt werden: *Geranium simense* Hochst., in dichten Beständen wachsend, *Geranium mascatense* Boiss., *Torilis melanantha* Vatke, *Pimpinella oreophila* Hook., *Plantago palmata* Hook., *Cardamine africana* L., *Cardamine amara* L., *Oxalis corniculata* L.

In Gesellschaft mit diesen wuchsen *Rumex abyssinicus* Jacq. *var. Manii* Engl., *Rumex Steudelii* Hochst.

Nicht weit von diesen Beständen und zuweilen zwischen ihnen wuchsen Arten mit ausschliesslich gerundeten Blättern, wie oben erwähnt ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0280-3

Auf etwas tieferem Niveau (ungefähr 1500—1800 m) trat *Sanicula europaea* L. auf, welche bekanntlich auch im südlichen Schweden in Hainthälchenformationen angetroffen wird.

In arktischen Gegenden dürfte fraglicher Typus hauptsächlich an der Grenze zu den subarktischen Gebieten vorkommen.

O. Eckstam hat mir auf Anfrage mitgetheilt, dass auf Novaja Semlja alpine Windblätter auf entsprechenden Abhängen sehr gewöhnlich sind.

Ueber Zwischenformen und Serien von verschiedenen alpinen Blatttypen nebst der phylogenetischen Ordnung und der verticalen Verbreitung derselben.

Die succulenten Blätter innerhalb Regio alpina scheinen keinen voll ausgeprägten und bestimmten Typus wie die übrigen Blätter desselben Gebietes zu bilden. Ein Theil wie *Saxifraga aizoides* ist mit mehr horizontal ausgehenden, zerstreut sitzenden, langen und fast centrischen Blättern versehen und dürften, obwohl sie vorzüglich auf dem Grauweidengebiet anzutreffen sind, den circumpolären Lichtblättern am nächsten kommen. Einige haben die Blätter kürzer und dicht zusammengedrängt, wie *Silene acaulis* und *Saxifraga oppositifolia,* und sind im Zusammenhang hiermit als in der Richtung nach dem Kälteblatttypus hin entwickelt zu betrachten. Ein Theil Arten schliesslich haben die Blätter weniger succulent, oft dichtsitzend und klein an Form, fast spatenförmig und keimblattähnlich. Diese letztgenannten Blätter kommen sehr viel auf hohen Niveauen vor und machen mehr einen unbestimmten Typus aus, aber tendiren oft, wie *Cardamine bellidifolia,* etwas nach den alpinen Schneeblättern, welche hauptsächlich an den tiefer gelegenen Schneehaufen angetroffen werden.

Die Blätter, welche zu der letztgenannten kleinblätterigen Kategorie gehören, haben gewöhnlich, im Ganzen genommen, dieselbe Form wie die Keimblätter bei der Mehrzahl der Dikotylen.

Diese Arten scheinen gegen Kälte, Eis und Schnee sehr widerstandskräftig zu sein und kommen bis an der Nähe der Gletscher vor. Auf dem Himalaya bis 5000 m hoch kommen *Saxifraga*-Arten vor (z. B. *S. hemisphaerica*) mit kleinen zusammengedrängten Blättern. *S. Seguieri,* die nahe bei Gletschern der Alpen wächst, hat nur Keimblatttypus. *S. stellaris,* welche hoch hinauf in die Hochgebirge Skandinaviens geht, manchmal gar bis an der Nähe der Gletscher, die aber auch tiefer herab in Regio alpina vorkommt, hat ausser den ersten kleinen mehr ganzrändigen Blättern andere, grössere und breitere, welche mit einigen Randzähnen versehen sind und den Uebergang zu

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0281-9

dem alpinen Schneeblatttypus ausmachen. Bei *S. rotundifolia* und *S. cernua* u. a. m., welche bei den tiefer belegenen Schneehaufen vorkommen, haben sämmtliche Blätter, ausser den Keimblättern, sich zu typischen alpinen Schneeblättern ausgebildet. Die Serie wird dann entweder von Saxifragaceen mit Stengelblättern zu alpinen Windblättern ausgebildet, wozu *S. aquatica* von den Hochgebirgen Südeuropas und *Astilbe Thunbergii* von den alpinen Hainthälchen Japans als Beispiele dienen können, oder von *S. Cotyledon*-ähnliche Arten mit ein wenig abweichenden alpinen Verdunstungsblättern fortgesetzt.

Aehnliche Serien gibt es innerhalb mehrerer anderer Gattungen.

Als Beispiele mögen folgende, alle mit Keimblatttypus zum Ausgangspunkte und mit Entwickelung von einfacheren zu complicirteren Typen angeführt werden:

Cardamine.

C. bellidifolia	Keimblatttyp.		
C. alpina	„	+ Uebergangsbl. z. alp. Schneeblatttyp.	
C. asarifolia	„	+ alp. Schneeblatttyp.	
C. trifolia *C. africana*	„	„ + alp. Windblatttyp.	
C. pratensis *C. amara* *C. hursuta* u. a. m.	„	„ + leierförm. Blätter [1])	
C. rhomboidea	„	„ + subalp. Schneeblatttyp.	

Ranunculus.

R. trientatus *R. minutus*	„	„	
R. Thora	„	„ + Uebergangsbl. zum alp. Wind-	
R. auricomus	„	„ + alp. Windblatttyp.	[blatttyp.
R. aconitifolius	„	„	„
R. glacialis	„	„	„
R. alpestris	„	„	„

1) Diese Benennung dürfte als passend angewandt werden, bis es näher erforscht ist, welcher Factor des Klimas diesen Typus hervorgerufen hat. Wenn ich auf Grund einer Reihe von localen Beobachtungen, die ich sowohl in den Hochgebirgen als auf niedrigerem Niveau gemacht habe, urtheilen dürfte, so entwickeln sich diese Blätter unter Einfluss neben dem Winde von einer zeitigen Etiolirung, die hauptsächlich den basalen Theil der Spreite betrifft. Diess geschieht unter einer tiefen auf verfaulendem Laube und auf wärmeren und beschattigtem Boden liegenden Schneedecke.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0282-5

Campanula.

C. uniflora	Keimblatttyp.	
C. pusilla	„	+ alp. Schneebl., + subalp. Schneeblatttyp.
C. rotundifolia	„	„ „ (+ ausgezog. Blätter)
C. barbata	„	(„) + alp. Verdunstungsblatttyp.

Salix.

S. arbuscula	„	(+ Uebergangsbl. z. alp. Schneeblatttyp.)
S. hastata	„	„
S. myrsinites	„	„ oft + alp. Schnee-
S. herbacea u. *S. polaris*	„	+ alp. Schneeblatttyp. [blatttyp.
S. reticulata	„	(„) + Uebergangsbl. z. alp. Verdunstungsblatttyp.
S. lanata, *S. glauca*, *S. Lapponum*, *S. caprea*, *S. cinerea*	„	(„) + Verdunstungsblatttyp.

Die Gattungen *Epilobium* und *Veronica* u. a. m. weisen auch ähnliche Serien auf.

Die Polygonacaeen in den Hochgebirgen sind auch mit Rücksicht auf die Klimafactoren vertheilt. *Koenigia islandica*, Keimblatttyp., *Oxyria digyna,* Keimplatttyp. + alpin. Schneeblatttyp., *Rumex Acetosa var. alpina,* Keimplatttyp. + subalpin. Schneeblatttyp., *Polygonum aviculare*, Keimplatttyp. + glaucescent Thaublatttyp.

Alchemilla vulgaris und *Rubus Chamaemorus* bilden Uebergänge zwischen Schneeblättern und Windblättern, indem die Lappen nicht so hervorrangend, aber doch deutlich sind.

Auch zwischen Kälteblättern und Schneeblättern gibt es Uebergänge: *Dryas integrifolia,* Kälteblätter; *Dryas intermedia,* Uebergangsblätter; *Dryas octopetala*, alpine Schneeblätter; *Vaccinium Vitis idaea var. pumila*, fast Kälteblätter; *Vaccinium Vitis idaea,* Hauptform, alpine Schneeblätter, hat im Tieflande mehr zugespitzte Blätter; *Salix polaris,* mit Schneeblättern, hat sich doch in der Richtung nach dem Typus der Kälteblätter mit eingebogenen Blatträndern ohne Zähne entwickelt; *Salix herbacea* hat typische alpine Schneeblätter.

Die Kälteblätter weisen zuweilen Formen mit centrisch gebauten und oft mehr langgestreckten Blättern auf, welche sich deutlich mit Hinsicht auf schwache, aber gleichmässige Beleuchtung ausgebildet haben, wodurch sie gegen die circumpolären Lichtblätter tendiren.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0283-1

Diese sind hauptsächlich unter den etwas beschatteten Beständen auf den Heiden zu suchen. Als Beispiele seien angeführt: *Selaginella spinulosa, Phyllodoce caerulea, Cassiope hypnoides,* ebenso ein Theil *Saxifraga*-Arten (z. B. *S. aspera* mit langgestreckten, aufrechtstehenden, fast fleischigen Blättern), welche sehr hoch hinauf in den Hochgebirgen auf steinigen, theilweise beschatteten Stellen vorkommen.

Auf tieferem Niveau trifft man nicht selten alpine Blatttypen. Ebensowohl wie in Kamerun und auch auf Java Regenblätter ausserhalb des Regengebietes vorkommen, so treten auch hier die fraglichen alpine Blattformen weit ausserhalb der Gebiete solcher Klimafactoren auf, welche daselbst das Auftreten bestimmter Typen bedungen haben. Beispiele bieten unter anderen folgende Arten mit Schneeblätter, welche auch oder vorzüglich im Tieflande ausgebreitet sind, nämlich *Saxifraga granulata, Caltha palustris, Ficaria ranunculoides, Viola palustris, Alliaria officinalis, Populus tremula, Chrysoplenium alternifolium*, *Veronica*-Arten, *Lamium*-Arten u. a. m.

Man beachte, dass alle diese zeitig im Frühjahre gleich nach dem Schmelzen der Schneedecke blühen, währenddessen z. B. *Galeopsis*-Arten, *Campanula*-Arten, *Solidago Virgaurea* und viele *Viola*-Arten, sämmtlich mit zugespitzten Blättern, erheblich später und erst nach einer regenreicheren Periode blühen.

P. Olsson[1]) sagt: „Dass hohe Waldberge ein Klima haben, das sich dem der Hochgebirge nähert, geht daraus hervor, dass der Schnee da länger liegen bleibt und die Sommerwärme verhältnissmässig gering ist, welche beide Umstände es sind, die das Klima in den Hochgebirgen am meisten auszeichnen. Aehnlich ist das Verhältniss in Torfmooren und Sümpfen, wo der Frost in der Tiefe oft bis in den Sommer hinein dauert. Auch ist es wohl bekannt, dass grössere Moore für naheliegende Bezirke wahre Frostnester sind, und dass durch das Grabenziehen durch dieselben das Klima verbessert wird. Sie können daher, was ihre Einwirkung auf das Klima betrifft, am ehesten mit Gletschern verglichen werden, welche ebenfalls die Temperatur der naheliegenden Orte niederdrücken".

Auf dergleichen Waldbergen und Hochmooren kommen viele Blätter vor, welche sich den alpinen Typen nähern oder gar angehören, z. B. mit alpinen Schneeblättern: *Betula nana, Salix herbacea, Viola biflora, Parnassia palustris, Majanthemum bifolium, Drosera*

---

1) Peter Olsson, Om de jemtländska fjällväxternas utbredning. — Redogörelse för H. Allm. Löroverket i östersund 1890.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0284-6

rotundifolia, Rubus Chamaemorus u. a. m. Auch Repräsentanten anderer alpiner Typen kommen da vor.

Der infraalpine Schneeblatttypus kann ebenfalls lange unter dem Einflusse anderer Factoren, als der, welche das Vorhandensein des Schnees begleiten, erhalten werden und infolge dessen auch in Gegenden vorkommen, welche weit ausserhalb des Gebietes für die Schneedecke des Winters liegen.

Auf dem infraalpinen Gebiete kommen oft bei Arten mit sonst lappigen Blättern Rückschlagformen mit zirkelrunden Blättern vor. Beispiele hierzu erbieten eine Menge Varietäten als *Rubus idaeus var. anomalus, Cardamine amara var. anomala* u. a. m.

Die in dieser Arbeit besprochenen alpinen Blatttypen sind hauptsächlich mit Beispielen aus der Classe der Dicotylen belegt. Die Monocotylen haben, wie auch ein Theil Beispiele gezeigt haben, eine Mannigfaltigkeit von durch Einwirkung verschiedener Klimafactoren analog entstandenen Typen.

Ebenso wie die Blätter der Gräser in den tropischen Regengegenden (besonders bei den in geringerem Grade bestandbildenden Arten) breit und mit deutlich abgesetzten Träufelspitzen versehen werden, so kann man auch innerhalb Regio alpina Typen dieser Gewächse, ausgebildet mit Rücksicht auf die Klimaverhältnisse der verschiedenen Gebiete, sehen. Ein Theil, wie *Phleum alpinum,* hat kurze, aber ausgebreitete aufrechtstehende glaucescente Blätter und kommt auf dem Grauweidengebiet vor. Andere haben dem centrischen Typus angehörende Blätter oder sich diesem nähernd und werden vorzüglich auf hoch belegenem alpinem Moorboden angetroffen.

Die *Luzula*-Arten erbieten analoge Formen. Die meistens haarigen und breiten Blätter bemerkt man gleich über der Waldgrenze und im Grauweidengebiet, die mehr eingerollten Blätter dagegen auf höherem Niveau. Am Schnee scheinen die Blätter breit und glatt zu werden.

Die Farnkräuter wie ein Theil Flechten und Moose scheinen auch denselben Gesetzen unterworfen zu sein und haben sich in analoger Weise ausgebildet.

Bei *Cystopteris montana,* welche den schneereichen Gebieten in den niedrigeren Hochgebirgsgegenden angehört, hat das Blatt mehr runde Totalform als z. B. *C. fragilis,* welche auf tieferem Niveau vorkommt.

Botrychium boreale, welche den Hochgebirgsgegenden angehört, hat das Blatt im Ganzen breiter und mehr gerundet als *B. Lunaria,* welche auf Wiesen im Tiefland und in den südlichen Provinzen heimisch ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0285-2

Cladonia-Arten nebst anderen buschförmigen Flechten mit dichtsitzenden mehr oder weniger centrisch gebauten Zweigen haben ihre Ausbreitung auf trockneren Heiden im Hochgebirge, während dessen die laubförmigen Flechten in Thälern und auf feuchten Stellen vorkommen. Eine nähere Untersuchung der Verbreitung der Flechten und Moose mit Rücksicht auf die Klimafactoren würden ohne Zweifel von grossem Interesse sein.

Die Meeresalgen scheinen mehr und mehr reich an gesägten Arten zu werden, je höher hinauf man gegen die kälteren, in Eis eingehüllten Meeresufer kommt.

Die wichtigeren Resultate.

Um möglichst genaue Kenntniss über die Verhältnisse der Blattgestalten zum Klima zu erhalten, habe ich die Wirkungen des letzteren auf die Weise zu analysiren gesucht, dass ich Gegenden und Gebiete aufgesucht, wo eines der klimatologischen Elemente so ausschliesslich wie möglich hervortritt. Durch das Anwenden dieser analytischen Methode, auch Regio alpina betreffend, bin ich zu folgenden Resultaten gekommen.

Die Uebereinstimmung zwischen der Blattgestalt und der Beschaffenheit des Klimas gilt hauptsächlich von den oberen Schichten, in welchen die Ausbildung der Blätter von den Klimaverhältnissen selbst am meisten abhhängig ist.

1. Ganz nahe über der Baumgrenze kommt ein Gürtel graubehaarter *Salix*-Arten vor, die sogenannte Grauweidenzone, auf welchem Gebiete auch andere dichthaarige Arten auftreten. Bei diesen Pflanzen sind die Blätter in ihrer Richtung, Form, Bekleidung und Struktur mit vorzüglicher Rücksicht auf die auf diesem Gebiete vorzugsweise wirkende starke Verdunstung ausgebildet.

Diesen Blatttypus habe ich nach dem auf denselben am stärksten wirkenden Klimafactoren Verdunstungsblätter genannt. Beispiele zu diesem Typus bieten unter anderen *Salix lanata* und *Gnaphalium norvegicum.*

2. Auf den Heiden besteht die Vegetation aus Arten mit kleinen, dichtsitzenden, oft immergrünen und mit zurückgebogenen Rändern versehenen Blättern.

Diesem Typus nähern sich gewisse mit sommergrünen und etwas fleischigen, dichtsitzenden Blättern versehene Arten. Der Typus ist wohl am besten vom *Empetrum*-Blatt repräsentirt und ist ohne Zweifel mit Rücksicht auf die herrschende Winterkälte im Vereine mit

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0286-8

der starken Verdunstung während des Sommers auf den gewöhnlich weniger schneereichen Heiden ausgebildet worden. Diesem Blatttypus habe ich auf Grund dessen den Namen Kälteblätter gegeben. Als Beispiele hierzu führe ich an: *Empetrum nigrum, Azalea procumbens* nebst der sich dem Tyups in gewissen Beziehungen nähernden *Silene acaulis* und *Saxifraga oppositifolia.*

3. Auf den höchst belegenen, oft concaven, zuweilen moorartigen Plateauen und den Abhängen bei den höchst belegenen Thälern und in diesen werden vorzüglich Arten mit Blättern angetroffen, welche aufrechtstehend, langgestreckt, gewöhnlich centrisch gebaut oder zuweilen stark zusammengerollt sind. Diese Blätter scheinen besonders unter der Einwirkung sowohl des directen Sonnenlichtes ausgebildet zu sein, das ich in Anbetracht des grossen Bogens, den die Sonne während der Vegetationsperiode beschreibt, circumpolär benenne, als auch unter Einwirkung des zeitweise ausschliesslich wirksamen diffusen Lichtes. Das Licht wirkt allseitig. Fragliche Blatttypen nenne ich im Zusammenhang hiermit circumpoläre Lichtblätter. Als Beispiele von den diesem Typus angehörenden Arten führe ich an *Juncus trifidus, Aira alpina.*

4. Bei den Schneehaufen ist die Vegetation aus Arten — oft concentrisch um den Schnee herum geordnet — mit beinahe zirkelrunden oder nierenförmigen Blättern zusammengesetzt, welche überall am Sprosse beinahe dieselbe Form besitzen. Ausserdem sind sie typisch gesägt nebst etwas gestielt, entweder horizontal ausgebreitet oder öfter in trockneren Hochgebirgen etwas aufwärts gerichtet. Dieser Typus scheint unter Einwirkung der ziemlich tiefen, aber constanten Temperatur im Vereine mit dem constant — unter geringem Regen während des Sommers — herrschenden Feuchtigkeitsgrad der Luft und des Bodens, bedungen durch die Nähe der oft colossalen Schneehaufen, entstanden zu sein. Im Zusammenhange hiermit benenne ich fraglichen Blatttypus Schneeblätter. Beispiele hierzu erbieten *Salix herbacea* und *S. polaris, Viola palustris* und *V. biflora, Betula nana* u. a. m.

5. Mehr oder weniger entfernt von den Schneehaufen, hauptsächlich auf den offenen und dem Winde ausgesetzten Hügelabhängen treten Arten (theilweise den Hainthälchenformationen auf tieferem Niveau angehörend) mit meistentheils handlappigen Blättern auf. Gewöhnlich sind die Grundblätter des Schösslings an Form beinahe zirkelrund und gesägt, ebenso wie die Blätter des vorhergehenden Typus, währenddessen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0287-4

die oberen, dem Winde mehr ausgesetzten in Lappen getheilt, aber in Hinsicht zu der Totalform wie die niederen gerundet sind. Dieser handlappige Blatttypus scheint hauptsächlich von dem gleichmässigen und ununterbrochenen Wind, der beinahe immer auf diesen Gebieten weht, bedungen zu sein.

Da dieser Typus wohl in erster Linie gegen diesen Klimafactor reagirt hat, so nenne ich ihn Windblätter. Als Beispiele hierzu mögen dienen *Geranium silvaticum* nebst *Ranunculus glacialis.*

Die Blätter haben gegen das Klima auf verschiedene Weise reagirt.

Verschiedene Arten mit gleichartiger Blattgestalt sind gewandert, haben sich zu grösseren Beständen zusammengeschlossen und sich gerade auf dem Gebiete erhalten, wo der am stärksten wirkende Klimafactor solcher Natur war, dass die Blätter durch ihre Gestalt und ihren Bau in den Stand gesetzt wurden, den schädlichen Wirkungen des betreffenden Klimagebietes zu entgehen oder sich die Vortheile desselben zu Nutzen zu ziehen.

Der auf einem bestimmten Gebiet in die eine oder andere Richtung hin vorzüglich ausgeprägte Klimafactor scheint direct den Anlass zur Ausbildung einer bestimmten Blattgestalt gegeben zu haben, ebenso wie auch die somit einmal erhaltene Gestalt das Blatt und die Pflanze gegen denselben Factor schützt oder die Vortheile desselben für sich ausnutzt.

Die höchst oben in den Hochgebirgen vorkommenden alpinen Typen unterscheiden sich von den Blattgestalten auf tieferem Niveau dadurch, dass bei den erstgenannten hauptsächlich nur ein Typus sammt dem Keimblatttypus repräsentirt ist. Ausnahmen von dieser Regel gibt es natürlich, sie sind aber verhältnissmässig selten. Auf tieferem Niveau kommen oft auf denselben Schössling zu den höheren alpinen Typen noch andere hinzu. Gleichzeitig nehmen die Blätter an Grösse zu.

Typusserien von Keimblattgestalt zu complicirteren und länger ausdifferenzirten Blattgestalten geben in gewissem Grade die wirkliche phylogenetische Ordnungsfolge der Blatttypen, vielleicht auch der Arten wieder.

Die Typen können weit ausserhalb des ursprünglichen Ausbildungsgebietes vorkommen, werden aber mehr und mehr selten, je weiter die Entfernung ist.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0288-0

Figurenerklärung.

Tafel I. Vergl. S. 224.

//////////////////////// = Schnee.
—— —— · —— = Verdampfungsblätter.
~~~~~~~~~~ = Windblätter.
———————— = Schneeblätter.
---------- = Kälteblätter.
..... = Circumpoläre Lichtblätter.

Tafel II. Vergl. S. 275.

Alpine Schneeblätter und andere in der Nähe von diesen vorkommende Typen.

Fig. 1. Salix herbacea.
„ 2. Betula nana.
„ 3. Myrtillus nigra.
„ 4. Arctostaphylos alpina.
„ 5. Veronica alpina.
„ 6. Epilobium lactiflorum.
„ 7. Saxifraga cuneifolia.
„ 8. „ stellaris.
„ 9. Salix arbuscula.
„ 10. Oxyria digyna.
„ 11. Rumex Acetosa β alpina (Grundblatt).
„ 12 Viola biflora.
„ 13. „ palustris.
„ 14. Saxifraga rotundifolia.
„ 15. Chrysosplenium alternifolium.
„ 16. Bellidiastrum Michelii.
„ 17. Cardamine alternifolia.
„ 18. Veronica aphylla.
„ 19. Ranunculus Thora.
„ 20. Homogyne alpina.
„ 21. Primula elatior f. alpina.
„ 22. Campanula pusilla.
„ 23. Primula hirsuta.
„ 24. Thlaspi rotundifolia.
„ 25. Solidago Virgaurea (Grundblatt).
„ 26. Soldanella alpina.
„ 27. Chrysanthemum montanum (Grundblatt).
„ 28. Saussurea alpina (Grundblatt).
„ 29. Urtica dioica (Grundblatt).
„ 30. Ranunculus auricomus (Grundblatt).
„ 31. Betula odorata (subalpines Schneeblatt).
„ 32. Saxifraga rivularis (Grundblatt).
„ 33. Geum montanum (Windblatt).

Tafel III. Vergl. S. 241.

Kälteblätter und circumpoläre Lichtblätter.

Fig. 1. Querschnitt durch das Blatt von Empetrum nigrum.
„ 2. „ „ „ „ „ Azalea procumbens.
„ 3. „ „ „ „ „ Phyllodoce caerulea.
„ 4. „ „ „ „ „ Cassiope hypnoides.
„ 5. „ „ „ „ „ Juniperus nana.
„ 6. „ „ „ „ „ Juncus alpina.
„ 7. „ „ einen Theil des Blattes von Juncus alpina.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05165-0289-8
~~~~~~~~~~