

Die Bedeutung der Dauer der Schneebedeckung für die Vegetation in subalpinen Lagen

Von Rüdiger Knapp, Gießen

Die Bedeutung der Dauer der Schneebedeckung für die Vegetation ist in den alpinen Bereichen über der Baumgrenze sehr deutlich. Die Pflanzengesellschaften der Schneetälchen (Braun-Blanquet u. Jenny 1926, Gams 1940/42, Knapp 1958 a, Scharfetter 1938, Schröter 1926 u. a.) sind in erster Linie durch die besonderen Verhältnisse bedingt, die durch sehr spätes Ausapern geschaffen werden. Teilweise noch auffälliger ist die Dauer der Schneebedeckung als differenzierender Faktor für den Vegetationscharakter in den Lagen über der Baumgrenze in Nordeuropa (Du Rietz 1950, Gjaerevoll 1956, Knapp 1958 b, Nordhagen 1928, 1943, Sjörs 1956 u. a.). Denn dort spielen auf weiten Strecken Unterschiede des Gesteines und andere für die Vegetation bedeutsame Faktoren eine nicht so große Rolle wie in den Alpen. Die Differenzierung der Arten-Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften an Stellen langer Schneebedeckung ist offensichtlich in erster Linie dadurch bedingt, daß infolge des späten Ausaperns die Zeit, die den Pflanzen jährlich zum Wachstum zur Verfügung steht, sehr kurz wird. Ein spätes Ausapern erfolgt vor allem an Stellen, an denen eine Ansammlung mächtiger Schneemassen durch Windeinfluß entsteht, oder unter besonders ungünstigen mikroklimatischen Bedingungen. Die Möglichkeit der Bildung solcher spät ausapernden Stellen kann durch das Fallen großer Schneemengen während der kalten Monate gefördert werden. In Gebieten mit besonders reichlichen Niederschlägen im Winter ist daher ein Herabrücken der Erscheinung der „Schneetälchen“-Bildung zu erwarten. Es könnte also angenommen werden, daß dort schon unterhalb der Baumgrenze, also in subalpinen Lagen, die Länge der Schneebedeckung eine erhebliche Differenzierung in der örtlichen Zusammensetzung der Vegetation bewirkt. Um eine Vorstellung von dem Ausmaß des Einflusses des klimatisch bedingten Schneereichturns zu gewinnen, seien zunächst die Verhältnisse in den obersten Wuchs-Zonen unter der Baumgrenze in zwei Gebieten betrachtet, die sich in der Menge der winterlichen Niederschläge besonders stark voneinander unterscheiden. In beiden Gebieten ist zugleich der Einfluß der menschlichen Bewirtschaftung sehr gering oder fehlt ganz, wodurch die Erkennung der natürlichen Verhältnisse sehr gefördert wird.

Das eine dieser Gebiete umfaßt die entsprechenden Höhenlagen (meist zwischen 1200 und 2300 m ü. M.) von Gebirgen des westlichen Nordamerika. Die Untersuchungen wurden im Kaskaden-Gebirge und in den nördlichen Küstenketten in Gegenden durchgeführt, in denen noch kein Einfluß durch menschliche Bewirtschaftung eingetreten war. Dort fallen in den obersten Wuchs-Zonen, in denen noch Wälder gedeihen können (*Abies lasiocarpa*-*Pinus albicaulis*-Zone, Knapp 1957 a) sehr hohe jährliche Niederschlagsmengen (meist weit über 2000 mm), die zum größten Teil im Winter als Schnee erscheinen (in den Monaten Mai—September meist nur ca. 13—25% der Gesamt-Niederschlagsmengen). Von Bedeutung für das späte Abtauen des Schnees erscheint auch die Tatsache, daß in den ersten Monaten mit anhaltenden höheren Temperaturen, im Juni und Juli relativ geringe Regenmengen fallen. Die Möglichkeit einer Beschleunigung des Abschmelzens des Schnees durch verhältnismäßig warmes Regenwasser ist dadurch vermindert. Durch diese klimatischen Verhältnisse wird die Länge der jährlichen Wachstumszeit stark eingeschränkt. Wald kann daher in diesem Gebiet, namentlich in den obersten Bereichen unter der Baumgrenze, nur dort gedeihen, wo der Schnee relativ früh abschmilzt. Alle Stellen, an denen sich überdurchschnittlich mächtige Schneedecken durch Windeinfluß und andere Ursachen ansammeln und dadurch eine spätere Ausaperung eintritt, können nur eine Vegetation tragen, die mit einer kürzeren jährlichen Wachstumszeit auskommt. Es sind das insbesondere bestimmte hochstaudenreiche Gebüsche, natürliche Rasengesellschaften und auf sauren Böden gewisse Zwergstrauch-Heiden (*Cassiopealia mertensiana*). Es zeigt sich also, daß in den schneereichen Gegenden des westlichen Nordamerika bereits unter der Baumgrenze durch die verschiedene Dauer der Schneebedeckung ein entscheidender Einfluß ausgeübt wird. Unter diesem Einfluß besteht die Vegetation unter den dortigen ursprünglichen Verhältnissen nicht aus einem einheitlichen Waldkleid. Sie stellt vielmehr einen Vegetationskomplex aus Nadelwaldstücken, Gebüschen, natürlichen Zwergstrauch-Heiden und

Rasengesellschaften dar (Abb. 1). Dazu kommen noch von Natur aus waldfreie Flächen der Moore, bestimmter Felsstandorte, Stellen unter extrem starkem Windeinfluß und sehr steiler Hänge mit häufigen Bodenrutschungen. Noch Ende Juli lagen in Höhen, in denen sich an früher ausapernden Stellen bereits bis zu über 25 m hohe und dichte Wälder entwickeln können, an bestimmten Standorten ausgedehnte Schneeflecken. An noch größeren Stellen war zu dieser Zeit der Schnee erst kürzlich abgetaut. Dort waren gerade die ersten Aspekte mit weiß- und gelbblütigen *Erythronium*-Arten (*Erythronium montanum*, *E. grandiflorum*), den roten Infloreszenzen von *Castilleja oreopola* (*Scrophulariaceae*) und anderen farbenprächtigen Pflanzen auf großen Flächen entwickelt. Tabelle 1 zeigt die Entwicklung einiger charakteristischer Pflanzen in den verschiedenen Aspekten, die sich am Rande der Schneefelder ablösen und die durch die verschiedene Dauer der Zeit, die seit dem Ausapern verstrichen ist, bedingt sind.

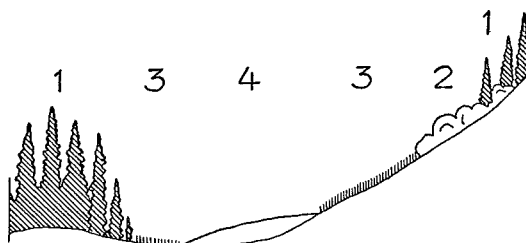


Abb. 1: Vegetationsprofil im subalpinen Bereich in den nördlichen Küstenketten (westl. Nordamerika). 1: Nadelwald mit *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nuttall, *Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr. und *Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Sudw. 2: Hochstaudenreiches Gebüsch mit *Alnus sinuata* (Regel) Rydb., *Sorbus occidentalis* (Wats.) Greene usw. (*Alneto-Veratretrea eschscholtzii*). 3: Schneewiesen (*Castillejetalia oreopolae*) mit in Tabelle 1 genannten Arten. 4: Schneefleck. Der Hang hat Nord-Exposition.

Diese Untersuchungen wurden mit den gleichen Methoden wie frühere Arbeiten über Aspektbereiche in den Alpen (Knapp 1958 a) durchgeführt. Bei den in Tabelle 1 enthaltenen Arten waren unter dem Schnee sämtliche vorjährigen oberirdischen Sproßteile abgestorben. Nur sehr wenige Pflanzen, z. B. bestimmte *Carex*-Arten, zeigten nach dem Ausapern vorjährige grüne Blätter. Die Angaben über Sproßhöhen und Bedeckungsanteile stellen Mittelwerte aus zahlreichen Messungen und Feststellungen dar. Die angegebenen Bodentemperaturen sind ebenfalls Mittelwerte, allerdings aus nur je 3 Messungen, die zwischen 11 und 13 Uhr bei Lufttemperaturen zwischen 11,0° und 12,9° ausgeführt wurden. Die Untersuchungen erfolgten Ende Juli im Südteil des Mount Rainier-Gebietes in Höhen zwischen 1800 und 2000 m ü. M.

Als Beispiel für die Verhältnisse in einem schneearmen Gebiet seien Beobachtungen im nördlichen Nordeuropa, in bestimmten Teilen von Lappland, mitgeteilt. Auch dort herrschen noch relativ ursprüngliche Verhältnisse vor, wenn auch durch die Renttierhaltung der Lappen eine gewisse Beeinflussung der Vegetation anzunehmen ist. In diesen Bereichen Lapplands sind die jährlichen Niederschlagsmengen sehr gering (meist zwischen 300 und 500 mm). Diese stellen zum größten Teil Sommerregen dar. Nur etwa 30–45% fallen in den kalten Monaten größtenteils als Schnee. In diesem Teil Nordeuropas stellt die oberste und nördlichste Wald-Zone einen weitgehend geschlossenen Gürtel von Gehölzen aus Birken (*Betula tortuosa*) dar. Größere Unterbrechungen der Birkenwälder sind in erster Linie die dort teilweise sehr ausgedehnten Moorflächen. Auf diesen ist die Waldlosigkeit jedoch nicht durch lange Schneebedeckung, sondern durch die besonderen Boden- und Wasserverhältnisse bedingt. Innerhalb des eigentlichen Birkengürtels sind, von Ausnahmen abgesehen, im allgemeinen keine Anzeichen für eine stärkere Ausdehnung waldfreier Stellen infolge langer Schneebedeckung zu beobachten. Anders liegen die Verhältnisse nur an der oberen Grenze der *Betula tortuosa*-Bestände. Diese Grenze kann sehr unregelmäßig sein. Es ist wahrscheinlich, daß ein weites Vordringen von *Betula tortuosa*-Beständen in hohe Lagen teilweise an Stellen erfolgen kann, die relativ früh ausapern. Umgekehrt kann die Grenze des Vorkommens von *Betula tortuosa* an spät schneefrei werdenden Stellen relativ tief liegen.

Diese Unterschiede zwischen den Verhältnissen in Lappland und den Gebirgen des westlichen Nordamerika sind sicherlich durch die verschiedenen im Winter als Schnee fallenden Niederschlagsmengen bedingt. Denn in den westamerikanischen Hochgebirgen sind die Niederschlagsmengen während der kalten Monate etwa 10 bis 15 mal so hoch wie in Lappland. Hierdurch tritt eine Herabdrückung des anfangs genannten „Schneetälchen“-Effektes ein, die bedingt, daß in den westamerikanischen Hochgebirgen schon unterhalb der Baumgrenze in großem Umfange infolge späten Ausaperns waldfreie Stellen auftreten können. In Lappland bewirkt dagegen unterschiedliche Dauer der Schneebedeckung erst oberhalb der Baumgrenze entscheidende Unterschiede im Vegetationsaufbau. Bereits im mittleren und südlichen Skandinavien kann jedoch mit dem Ansteigen der

Tabelle 1. Entwicklung von Pflanzen in den verschiedenen Aspekt-Bereichen in der Umgebung von Schneeflecken am Mount Rainier (Kaskaden-Gebirge).

		Aspekt-Bereiche				
		Schnee- rand-A.	<i>Ranunculus</i> <i>eschs.</i> -A.	<i>Anemone</i> <i>occidentalis</i> -A.	<i>Castilleja</i> A.	<i>Lupinus</i> - A.
<i>Ranunculus eschscholtzii</i>	Bl.:	kn.	bl.	bl.	fr.	fr.
SCHLECHT.	Sp. H. cm:	2	4	8	10	10
<i>Anemone occidentalis</i>	Bl.:	u.	kn.	bl.	fr.	fr.
WATS.	Sp. H. cm:	u.	8	15	31	42
<i>Erythronium montanum</i>	Bl.:	u.	kn.	bl.	bl.	fr.
WATS.	Sp. H. cm:	bg.	st.	v.	v.	v.
<i>Castilleja oreopola</i>	Bl.:	u.	u.	kn.	bl.	bl.
GREENM.	Sp. H. cm:	u.	5	12	20	29
<i>Potentilla</i>	Bl.:	u.	u.	kn.	bl.	bl.
<i>flabellifolia</i> HOOK.	Sp. H. cm:	u.	2	8	18	25
<i>Lupinus subalpinus</i>	Bl.:	u.	u.	u.	kn.	bl.
PIPER et ROBINS.	Sp. H. cm:	u.	u.	3.	22	40
<i>Valeriana sitchensis</i>	Bl.:	u.	u.	kn.	kn.	bl.
BONG.	Sp. H. cm:	5	15	23	44	53
Anteil des von lebenden Pflanzenteilen bedeckten Bodens (%):		4	12	20	55	93
Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (° C.):		1,2	9,7	12,0	12,5	12,8

Bl. = Entwicklung der Blüten, Knospen und Früchte.

Sp. H. cm = Entwicklung des Sproßsystems (Angabe der durchschnittlichen Höhe in cm. über der Boden-Oberfläche).

kn. = Knospen vorhanden.

bl. = Blühend.

fr. = Fruch tend.

u. = Unentwickelt. Keine Knospen sichtbar oder noch keine diesjährigen lebenden Blätter vorhanden.

bg. = Entwicklung der neuen Blätter überall beginnend.

st. = Wachstum der neuen Blätter sehr stark.

v. = Pflanzen voll beblättert. Neue Blätter teilweise mehr oder weniger voll entwickelt.

| = In dem betreffenden Aspektbereich haben die Pflanzen ihre volle Höhe erreicht.

winterlichen Niederschlagsmengen eine Ausbreitung der infolge späten Ausaperns waldfreien Stellen innerhalb des *Betula tortuosa*-Gürtels angenommen werden, wie sich aus eigenen Beobachtungen in Härjedalen und Dalarne und Untersuchungen von Nordhagen (1928) ergibt.

Wenn man versucht, diese Feststellungen auf die Verhältnisse in den Alpen anzuwenden, so ist zunächst zu beachten, daß die winterlichen Schneemengen in diesem Gebirge in subalpinen Lagen zwischen den extrem hohen Beträgen in den betrachteten nordamerikanischen Gebirgen und den geringen Zahlen in Lappland liegen. Entsprechend sind auch in der Wirkung lang dauernder Schneebedeckung in den Alpen zwischen den extremen Verhältnissen in diesen beiden Gebieten liegende Bedingungen zu erwarten. Man muß hierbei zwischen den Bedingungen in den relativ trockenen Inneralpen und den sehr schneereichen Lagen in bestimmten randlichen Bereichen unterscheiden. In bestimmten inneren Alpentälern, z. B. im Ötztal, Vintschgau, Inner-Graubünden usw., nähern sich die Mengen der Niederschläge, die im Winter als Schnee fallen, mehr den in Lappland festzustellenden Beträgen. Allerdings sind in den meisten Fällen die Schneemengen noch erheblich höher (etwa 2 bis 3 mal so hoch) als in den in Frage kommenden Teilen Lapplands. Es sind also in diesen inner-alpinen Trockengebieten unter ursprünglichen Verhältnissen und bei ungestörter Vegetationsentwicklung relativ geschlossene oberste Waldgürtel zu erwarten, wenn nicht durch besondere Umstände (Felsstandorte, Lawinen, Muren, Überflutungen, Vermoorungen) vielfach ein Aufwachsen von Bäumen unmöglich wird.

Anders liegen dagegen die Verhältnisse in sehr feuchten äusseren Lagen der Alpen. Bei jährlichen gesamten Mengen um etwa 2000 mm liegen Niederschlagssummen während der kalten Monate vor, die etwa die Hälfte der für die genannten Gebirge des westlichen Nordamerika charakteristischen Werte erreichen und weit mehr als doppelt so hoch als in den entsprechenden Höhenlagen der inneralpinen Trockengebiete sein können. Es könnte also durchaus angenommen werden,

daß dort in grösserem Umfang infolge späten Ausaperns waldfreie Stellen in der obersten Wuchszone unter der Baumgrenze bestehen würden, wenn diese auch bei weitem nicht die Ausdehnung erreichen würden, wie in den betreffenden Gegenden im Kaskaden-Gebirge und den nördlichen Küstenketten.

Tatsächlich ergaben Untersuchungen und Beobachtungen, die während vieler Jahre in den niederschlagsreichsten Gegenden der äußeren Landschaften der Alpen, namentlich im Ober-Allgäu und Vorarlberg, aber auch in Teilen der Schweiz, Oberbayerns und des östlichen Österreich durchgeführt wurden, daß in der Zeit des Ausaperns in subalpinen Lagen sehr große Unterschiede bestehen. Diese lassen deutliche Zusammenhänge mit der Waldverteilung erkennen. Von den vielen Untersuchungen mit gleichartigen Ergebnissen mögen die Abbildungen 2 und 3 als Beispiel dienen. In diesem entspricht ganz deutlich die Zonierung der Pflanzengesellschaften der Ausaperungszeit, die teilweise durch den Rand des noch vorhandenen Schneefleckes, teilweise durch die Ausdehnung der Aspekt-Bereiche zu erschließen ist. Abbildung 4 zeigt als weiteres Beispiel ein Profil durch einen Hang, in dem besonders deutlich wird, wie der Wald nur auf den hervorgehobenen, früh ausapernden Graten weit in hohe Lagen aufsteigt. Auch dort ergaben Untersuchungen über die Aspektbereiche, daß die Vegetation auf den mit Bäumen bestandenen Graten viel längere Zeit seit der Schneeschmelze zu ihrer Entwicklung gehabt hatte als in den Hangmulden.

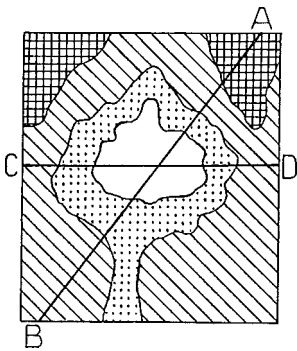


Abb. 2

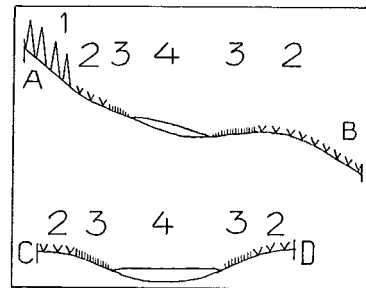


Abb. 3

Abb. 2: Vegetation bei einem Schneefleck über Flysch zwischen dem Kl. Walsertal und dem Schwarzwasser-Tal (Exposition SO, bei C-D 1730 m. ü. M.). (1) Kariert: *Picea abies*-Wald. Es blühen in diesem Bereich an geeigneten Stellen *Potentilla aurea*, *Leontodon pyrenaicus* usw. (*Potentilla aurea*-Aspektbereich). (2) Schräg schraffiert: Heide mit *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium*-Arten. Es blühen dort *Gentiana kochiana*, *Homogyne alpina* usw. (*Gentiana*-Aspektbereich). (3) Punktiert: *Nardus*-Rasen. Es blühen dort in bestimmter Entfernung vom Rand des Schneefleckes *Soldanella alpina* und *Crocus albiflorus* (*Soldanella*-Aspektbereich). (4) Weiß: Schneefleck.

Abb. 3: Vegetationsprofile in dem in Abb. 2 dargestellten Bereich. Die Lage der Vegetationsprofile ist in Abb. 2 durch die dicken Linien gekennzeichnet. Weitere Erläuterungen bei Abb. 2.



Abb. 4: Vegetationsprofil durch einen WSW-Hang im Flyschgebiet (Kl. Walsertal, 1750 m ü. M.). Weitere Erläuterungen im Text.

Es ist daher möglich, daß Rasenbestände in subalpinen Lagen der nördlichen äußeren Alpen teilweise als ursprünglich anzusehen sind, in denen Pflanzen wie *Nardus stricta*, *Carex ferruginea*, *Poa alpina*, *Pbleum alpinum* u. a. dominieren und die reich an Arten sind, welche in diesen Bereichen nur in derartigen Gesellschaften vorkommen. Hierfür spricht auch, daß über der Baum- und Krummholz-Grenze in diesen Lagen kaum mehr Platz für dichte geschlossene Rasen ist (hierzu auch Scharfetter 1938). Denn die Hochgipfel der nördlichen Kalkalpen bestehen hauptsächlich aus Fels- und Schuttstandorten. In den genannten Rasen kommen teilweise Arten vor, die heute hauptsächlich in anthropogen beeinflussten Pflanzengesellschaften wachsen. Solche Arten erscheinen aber auch in den ursprünglichen, durch Almwirtschaft nicht beeinflussten Schneewiesen Lapplands (z. B. *Ranunculus acer*, *Antboxanthum odoratum*, *Taraxacum* div. spec., *Festuca rubra* s. l., *Alchemilla vulgaris* s. l. u. a., Du Rietz 1950, Gjaerevoll 1956, Knapp 1958 b, Nordhagen 1943, Sjörs 1956). Es kann daher angenommen werden, daß sie auch in den Alpen in derartigen Rasengesellschaften teilweise ursprüngliche Vorkommen besitzen.

Hieraus ergäben sich auch interessante Folgerungen für das Entstehen der Almwirtschaft in den äußeren Lagen der Alpen. Die Almwirtschaft gilt als eine sehr alte Form der Bodennutzung, die sich ursprünglich auf natürliche Rasenflächen in hohen Gebirgslagen gründete. In den Zentralalpen liegen die Kernbereiche der Hochalmen vielfach in Bereichen über der Baumgrenze, wo natürliche relativ dichte Rasen vorkommen. Von diesen ursprünglichen Almen aus dürfte eine Auflockerung des obersten Waldgürtels durch Beweidung (Waldweide) und Holzeinschlag zur Heizmaterialgewinnung stattgefunden haben. Von welcher Zeit ab und in welchem Ausmaß hierbei auch planmäßige Rodungen beteiligt waren, läßt sich schwer abschätzen. In den äußeren Lagen der Alpen fehlten jedoch weitgehend dichte Rasen mit hoher Stoffproduktion an weidewirtschaftlich wertvollen Pflanzen über der Baum- und Krummholzgrenze. Die Hochalmen liegen dort zum weitaus größten Teil, vielfach sogar ausschließlich im Bereich des obersten Wald-, bzw. Grünerlen-Krummholzgürtels. Wenn man nun in diesem aus den genannten Gründen teilweise infolge langer Schneebedeckung natürliche Rasengesellschaften annehmen würde, so ergäbe sich, daß auch in den schneereichen äußeren Lagen der Alpen die Almwirtschaft anfänglich an Stellen einsetzen konnte, an denen natürliche Rasengesellschaften vorhanden waren. Von hier aus wären dann zunächst durch Waldweide und Brennholz-Einschlag oder auch durch planmäßige Rodung die Almweideflächen vergrößert worden. Heute sind daher viele Almweidebestände als anthropogene sekundäre Ersatzgesellschaften von Wäldern anzusehen. Auch dürften zusätzlich namentlich in tieferen Lagen noch weitere Almen angelegt worden sein, bei denen die Weideflächen ausschließlich auf natürlichen Standorten von Wäldern durch Rodung und andere Maßnahmen entstanden sind. Die Klärung der Ausdehnung auf Grund langer Schneebedeckung eventuell natürlicher Rasen ist unterhalb der Baumgrenze in den Alpen allerdings infolge der dort meistens starken und seit langen Zeiten andauernden wirtschaftlichen Beeinflussung der Vegetationsdecke sehr erschwert.

Zusammenfassung

In Gebieten mit sehr hohen winterlichen Niederschlägen können auch unterhalb der Baumgrenze, also in subalpinen Lagen, relativ ausgedehnte Flächen vorhanden sein, auf denen infolge lange dauernder Schneebedeckung kein Baumwuchs möglich ist. Als Beispiel hierfür wurden die Verhältnisse in einigen Gebirgen des westlichen Nordamerika dargestellt. An Stellen mit langer Schneebedeckung wachsen dort bestimmte Zwergstrauch-Heiden, Gebüsch- und vor allem Rasengesellschaften. Im Gegensatz dazu spielen derartige auf Grund lange dauernder Schneebedeckung waldfreie Stellen in Gegenden mit geringen winterlichen Niederschlägen unter der Baumgrenze keine oder nur eine geringe Rolle. Als Beispiel hierfür werden die Verhältnisse in bestimmten Teilen von Lappland genannt. Die Alpen nehmen insgesamt meistens eine Zwischenstellung zwischen den beiden Extremen ein. Hierbei kann in den trockensten Teilen der Inneralpen eine gewisse Annäherung an die Verhältnisse in Lappland, in den niederschlagsreichen Bereichen der Außenlagen an die Bedingungen in den genannten Gebirgen des westlichen Nordamerika angenommen werden. Hieraus ergeben sich auch Folgerungen für die ursprünglichen Voraussetzungen beim Entstehen der Almwirtschaft.

Literatur

Braun-Blanquet, J., u. Jenny, H.: Vegetations-Entwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. Schweiz. Natf. Ges. 63, 2. 1926. — Brockmann-Jerosch, H.: Baumgrenze und Klima-charakter. Beitr. z. geobot. Landesaufn. 6. 1919. — Du Rietz, G. E.: Phytogeographical excursion to the surroundings of lake Torneträsk in Torne Lappmark. 7. Int. Bot. Congr. Exc. G. C IIIc. 1950. — Gams, H.: Pflanzengesellschaften der Alpen. Jahrb. Ver. z. Schutze der Alpenflora 12-14. 1940—1942. — Gjaerevoll, O.: The plant communities of the Scandinavian alpine snow-beds. Kgl. Norske Vid.-Selsk. Skr. 1956. — Knapp, G. u. R.: Über Pflanzengesellschaften und Almwirtschaft im Ober-Allgäu und angrenzenden Vorarlberg. Landw. Jahrb. f. Bayern 30. 1953. — Knapp, R.: Über die Gliederung der Vegetation von Nordamerika. Höhere Vegetations-Einheiten. Geobot. Mitteilungen 4. 1957 a. — Knapp, R.: Probleme und besondere Eigenschaften der Hochgebirgs-Vegetation des westlichen Nordamerika. Ber. Oberhess. Ges. f. Nat.- u. Heilkde. N. F. Natw. Abt. 28. 1957. b. — Knapp, R.: Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen nach dem Abschmelzen des Schnees in den Alpen. Ber. d. Bayer. Botan. Ges. 32. 1958 a. — Knapp, R.: Vegetationsbeobachtungen in Schweden. Geobot. Mitteilungen 9. 1958 b. — Nordhagen, R.: Die Vegetation und Flora des Sylenegebietes. I. Skr. Norske V.-Ak. Oslo. Mat.-Nat. Kl. (1). 1928. — Nordhagen, R.: Sikilsdalen og Norges fjellbeiter. Bergens Mus. Skr. 22. 1943. — Scharfetter, R.: Das Pflanzenleben der Ostalpen. Wien 1938. — Schröter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. Zürich 1926. — Sjörs, H.: Nordisk växtgeografi. Stockholm 1956.