

Mittl. Ostalp.-din. Ges. f. Vegetkde.	Band 11	S. 175–186	Obergurgl Innsbruck, Juli 1970
---------------------------------------	---------	------------	-----------------------------------

STRUKTUR DER WALDGRENZENVEGETATION IM HOCHGEBIRGE

von

S. PIGNATTI*

Zusammenfassung: Die Vegetation der klimatischen Baumgrenze auf einem Silikatberg bei Lienz wird auf Grund einer Dichtebestimmung untersucht. Es ergibt sich daraus, daß im unmittelbaren Bereich der Baumgrenze die Vegetation ein weniger geordnetes Gefüge aufweist als die im Bereich der Waldstufe so wie auch die der baumlosen Stufe.

Allgemeine Problemstellung

Über die Höhe der Baum- bzw. Waldgrenze, sowie über ihre Verschiebungen in Beziehung zu Klima, Lokalklima, Exposition usw. ist bereits viel bekannt; auch die floristischen Verhältnisse der Vegetationseinheiten, welche um die Baum- und Waldgrenze gestreut sind, wurden schon in mehreren Gebieten der Alpen eingehend beschrieben. Es bleibt hingegen noch zu untersuchen, was eigentlich diese Grenzen für die Vegetation darstellen können, und welchen Veränderungen das Assoziationsgefüge durch das Aufhören der Baumdeckung ausgesetzt ist. Es soll nämlich bemerkt werden, daß, obwohl die Standortsfaktoren meist einen allmählichen Gradient aufweisen, das Verschwinden der makrophanerophytischen Vegetation an ihrer oberen Grenze eine plötzliche Erscheinung ist.

Der Zweck dieser Untersuchung ist, das Verhalten der Vegetation im Bereich der Baumgrenze zu studieren. Daher wurden im Sommer 1969 Vegetationsaufnahmen in der Umgebung von Lienz (Osttirol) bei der Hochsteinhütte durchgeführt, wo die Waldvegetation ihre obere klimatische Grenze erreicht. In diesem Gebiet, das uns bereits floristisch und pflanzensoziologisch gut bekannt ist, wurde ein Transekt quer durch die Baumgrenze aufgenommen, um die Vegetation mit den höchstmöglichen Detailangaben zu erfassen.

Ich danke Prof. D. LAUSI für wertvolle Anregungen und fruchtbare Diskussion der Resultate und meiner Gattin Erika für die Hilfe bei den Aufnahmen im Gelände und der Revision des Manuskriptes.

* Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Sandro PIGNATTI, Istituto Botanico, Cas. Università, I – 34100 Trieste/Italien.

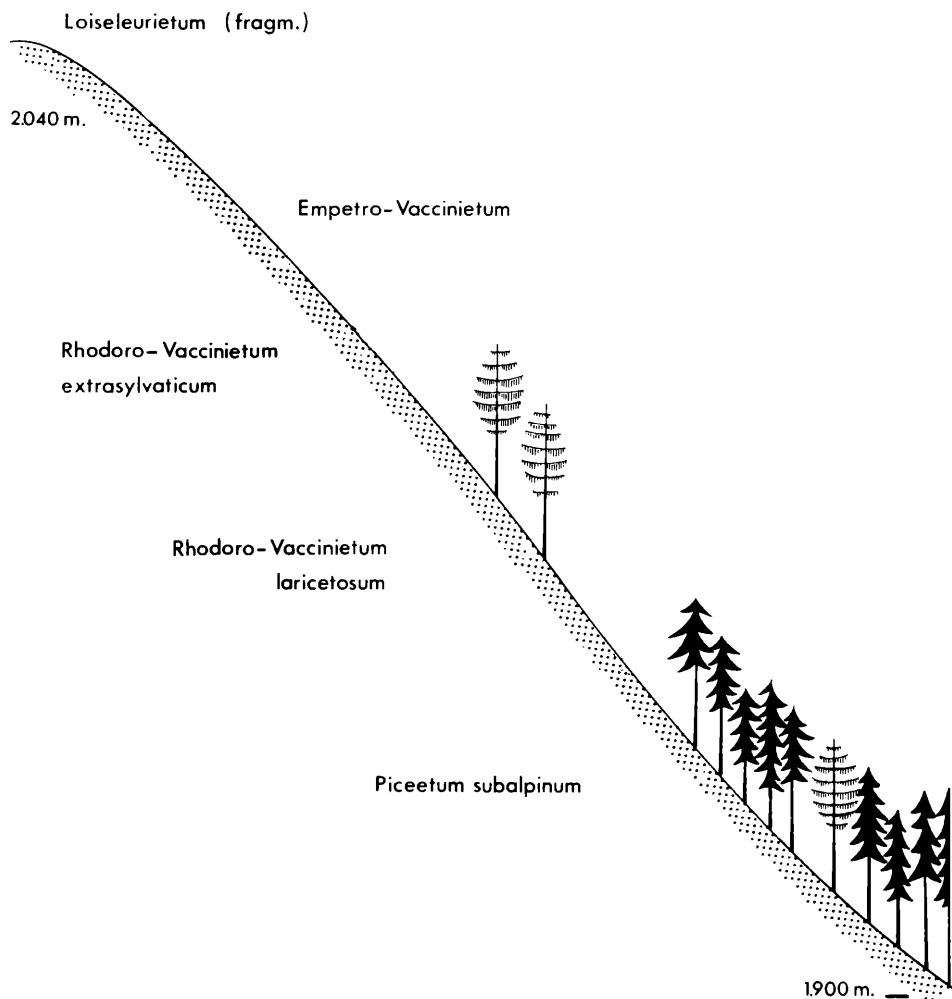


Abb. 1: Vegetationsprofil des Untersuchungsgebietes (schematisiert).

Allgemeine Standortverhältnisse

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) erstreckt sich längs eines Bergrückens, der die Hochsteinhütte (2023 m) mit dem Gipfel des Bösen Weibeles (2521 m) verbindet. Dieser Bergrücken verläuft in WNW-Richtung; die Exposition des Untersuchungsgebietes ist ziemlich genau NE, das Substrat ist kristallin. In diesem Gebiet verläuft die klimatische Baumgrenze bei etwa 1950 m Höhe.

Die Flora des Gebietes wurde eingehend untersucht. Sie besteht aus etwa 250 Arten, die zwischen 1800 und 2500 m verbreitet sind. Es handelt sich um die normale Flora auf saurem Substrat in der subalpinen und unteren alpinen Stufe ohne nennenswerte Besonderheiten.

Die Vegetation wird durch die besondere Einwirkung des Tauernwindes stark beeinflusst. Der Gebirgsrücken ist nach Norden zu offen, sodaß die kühlen Luftmassen darüber hinfehen, um ins unmittelbar darunterliegende Pustertal abzufallen. Die von uns beobachteten Assoziationen sind:

Piceetum subalpinum (etwa bis 1800 m)

Rhodoro-Vaccinietum laricetosum (1800–2000 m)

Rhodoro-Vaccinietum extrasylvaticum (1900–2000 m)

Rhodoro-Vaccinietum sphagnetosum (um 2000 m)

Empetro-Vaccinietum (2000–2000 m)

Junipero-Arctostaphyletum (fragmentarisch um 2100 m)

Loiseleurio-Cetrarietum (oberhalb 2200 m)

Die menschlich bedingten Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe (*Nardetum*, *Rumicetum alpini* usw.) fehlen fast vollständig; sie sind hingegen auf der Südseite weit verbreitet; ebenfalls fehlt die übliche Vegetation der Gebirgsbäche und -Sümpfe. Oberhalb 2200 m beginnt die Serie der alpinen Pflanzengesellschaften, die bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurde.

Methodik der Geländeaufnahmen

Die Vegetation wurde mittels Punktproben aufgenommen u.zw. mit folgendem Verfahren: ein Stock wird vertikal auf die Bodenfläche gestellt und die Arten, die ihn direkt mit ihren oberirdischen Teilen berühren, werden notiert; alle anderen in der Nähe vorkommenden Arten werden nicht berücksichtigt; Bäume werden nur aufgenommen, wenn ihre Krone sich oberhalb des Stockes ausbreitet. Selbstverständlich ist die Stelle, an der der Stock den Boden berührt, willkürlich gewählt, ohne vorher auszusuchen, wo der Stock zu stehen kommt, sodaß es dem Zufall anheim fällt, welche Pflanzen aufgenommen werden. Diese Methode wurde schon von DU RIETZ (cit. in BRAUN-BLANQUET, 1964, S. 35) verwendet und kann als "Punktmethode" bezeichnet werden. Die Punktproben werden längs einer geraden Linie mit regelmäßigen Entfernungen (etwa jeden 1., 3. oder 5. Meter) aufgenommen; in geschlossenen Vegetationsbeständen genügen 20 Proben für eine Charakterisierung der Vegetation; bei vollständiger Bodenbedeckung sind 50 Punktproben oder mehr erforderlich. Für unsere Untersuchung wurde ein Transekt quer durch den Bereich der Waldgrenze durchgeführt. Mit 100 Punktproben in etwa 5 Meter Entfernung voneinander wurden zuerst die baumlose Vegetation der oberen subalpinen Stufe, dann das subalpine Almrosen-Gestrüpp mit einzelnen *Larix*-Individuen und zuletzt auch der oberste Teil eines subalpinen Fichtenwaldes durchquert. Derselbe Fichtenwald wurde weiterhin in zwei niedriger gelegenen Beständen untersucht (Punktproben 101–120 und 121–140). Die Ergebnisse sind in Abb. 2 wiedergegeben. Dieses Verfahren ermöglicht eine Dichtebestimmung der Individuen jeder Art; die aufgenommenen Werte stehen hingegen in keiner Beziehung zur Deckung der Arten, weil dünnblättrige (etwa wie *Avenella flexuosa*) und breitblättrige oder bestandbildende (etwa wie *Rumex alpinus* oder *Sphagnum*) in gleicher Weise aufgeschrieben werden. Im Vergleich zu einer normalen Vegetationsaufnahme (nach dem Verfahren von BRAUN-BLANQUET) ist die Artenzahl, die sich durch diese Aufnahmetechnik ergibt, sehr gering, da meist nur die häufigsten Arten notiert werden. Andererseits sind aber die Frequenzwerte der Arten den Frequenzen einer pflanzensoziologischen Tabelle ziemlich ähnlich. Der Vorteil dieser Aufnahmetechnik besteht darin, daß dadurch direkt die Frequenzen der Arten innerhalb der Vegetation gewonnen werden; sonst wäre man gezwungen, zuerst eine Reihe pflanzensoziologischer Aufnahmen durchzuführen, dann auf Grund der Tabelle die Frequenzen zu berechnen, was aber eine Detailuntersuchung in einem begrenzten Gebiet unmöglich machen würde. Pflanzensoziologische Aufnahmen wurden gleichzeitig zur allgemeinen Charakterisierung der Vegetation durchgeführt; sie sind in PIGNATTI E. (1970) veröffentlicht.

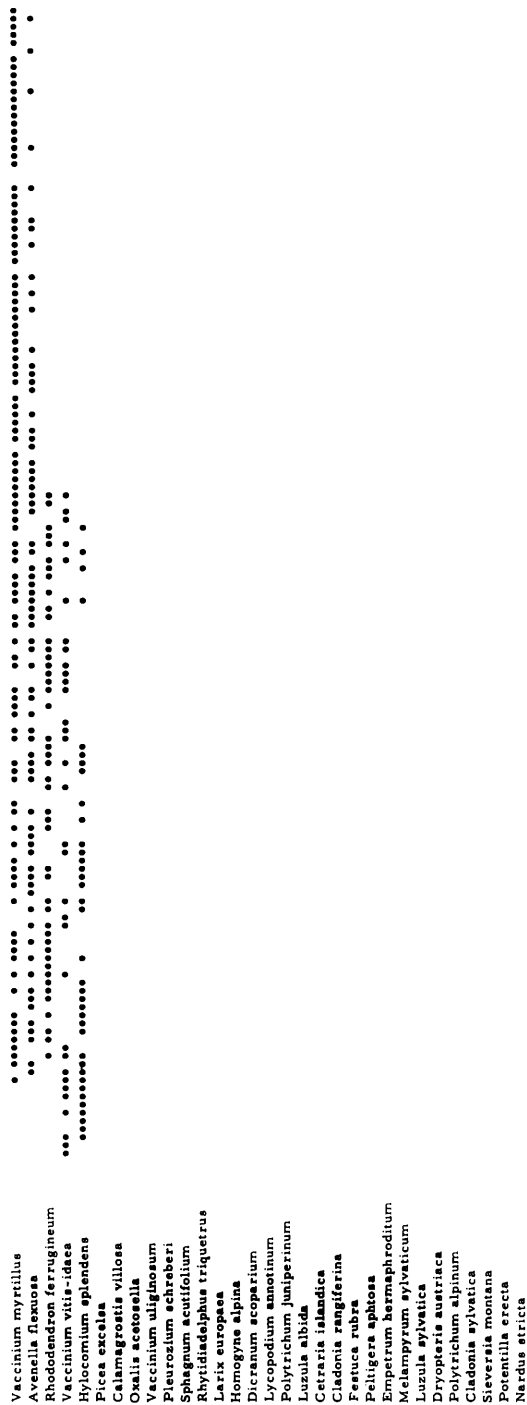


Abb. 2: Ergebnis der Punktprobenbestimmung (140 Proben).

Theoretische Grundlagen für die Ausführung

Es ist ganz klar, daß innerhalb des Bereiches der Baumgrenze die Vegetation gewaltigen Änderungen untersteht u.zw. sowohl floristischer als pedologischer Art. Was die floristische Zusammensetzung betrifft, haben wir z.B. 4 einander ablösende Vegetationstypen, jeder mit eigenen Kennarten:

Punktproben	Vegetationstyp	Kennarten
1–14	<i>Empetro-Vaccinietum</i>	<i>Empetrum hermaphroditum</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>
15–44	<i>Rhodoro-Vaccinietum extrasylvaticum</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i>
45–82	<i>Rhodoro-Vaccinietum laricetosum</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i> <i>Larix europaea</i>
83–100	<i>Piceetum subalpinum</i>	<i>Pices excelsa</i> <i>Calamagrostis villosa</i>

Wir wollten nicht solche floristische Änderungen näher untersuchen, da sie schon durch Vergleich der bereits vorliegenden pflanzensoziologischen Aufnahmen deutlich genug hervorkamen. Auch Änderungen in der Lebensformen-Zusammensetzung oder Vegetationshöhe schienen uns von vornherein bekannt und wurden nicht weiter untersucht.

Wir versuchten hingegen, den Wandel der Vegetation im Bereich der Baumgrenze in einer abstrakteren Art zu erfassen, u.zw. durch solche Merkmale, die aus den Frequenzen (dieser Begriff wird hier immer in mathematischem Sinne verwendet, der aber, in diesem Falle, durch die besondere Aufnahmetechnik, auch dem Begriff "Frequenz" in der Pflanzensoziologie entspricht) der Arten berechnet werden können. Die Vegetation der subalpinen Stufe wird als ein System betrachtet, dessen Glieder sich allmählich umgruppieren; diese verschiedenartige Verteilung führt zu wahrscheinlicheren oder unwahrscheinlicheren Artkombinationen, welche als ungeordnete bzw. geordnete Zustände gedeutet werden. Die Ergebnisse können nach den Prinzipien der Thermodynamik irreversibler Systeme als Entropie-Zunahme bzw. -Abnahme gemessen werden.

Indirekte Methode

Wenn wir die mit unserem Transekt aufgenommene Vegetation als eine Gesamtheit betrachten, können wir die Frequenz jeder Art unmittelbar berechnen. Dieser Frequenz entspricht die Probabilität, diese Art in irgendeiner unserer Punktproben zu beobachten. Haben wir z.B. in den 100 Proben *Vaccinium myrtillus* 66 mal beobachtet, dann können wir die Hypothese aufstellen, daß wir in dieser Vegetation *Vaccinium myrtillus* ebenfalls 66 mal treffen werden, wenn wir weitere 100 Proben ausführen würden. Der Frequenzwert ist $66 / 100 = 0.66$ und wird zugleich Probabilitätswert der Art für diese Vegetation. Das gleiche gilt z.B. für *Dicranum scoparium* mit 10 Präsenzen und Probabilitätswert 0.10. Auf Grund dieser Werte können wir nun die Probabilität der Assoziation zwischen den beiden Arten berechnen; sie gleicht dem Produkt der beiden Probabilitäten, d.h. $0.66 \times 0.10 = 0.066$; auf 100 umgerechnet, ergibt das 6.6 (aufgerundet 7). Wir können daraus schließen, daß, wenn die Assoziation der beiden Arten dem Zufall untersteht, in 100 Punktproben 7 mal die beiden Arten zusammentreffen werden; finden wir einen

höheren oder niedrigeren Wert, dann sollen wir annehmen, daß irgendein störender Faktor mitwirkt. Tatsächlich wurden die beiden Arten 9 mal gefunden, das bedeutet, daß sie eine schwache positive Korrelation aufweisen.

Die theoretischen Werte des gleichzeitigen Vorhandenseins wurden für jedes Artpaar der am häufigsten vorkommenden Arten berechnet. Die Berechnung wurde ursprünglich auf Grund der 100 Punktproben durchgeführt, ergab aber unbefriedigende Ergebnisse, da in diesen die einzelnen Vegetationstypen mit ganz verschiedener Häufigkeit vorkommen (14 mal *Empetro-Vaccinietum*, 18 mal *Piceetum* und 68 mal *Rhodoro-Vaccinietum* mit beiden Subassoziationen). Die dem *Rhodoro-Vaccinietum* eigenen Frequenzen überwiegen über die der anderen Vegetationstypen. Bessere Ergebnisse wurden erzielt, nachdem die Frequenzen auf Grund eines künstlichen Modells berechnet worden waren, in dem die drei Assoziationen jeweils mit 11 Punktproben auftreten u.zw. durch die Proben 1–11; 66–76; 90–100. Nur *Calamagrostis villosa*, im Transekt sichtlich unterschätzt, bekam die Frequenz 7/11, wie in den Proben 104–114. Die berechneten (theoretischen) Frequenzen wurden mit den beobachteten (experimentellen) verglichen und als absolute Zahlen ausgedrückt; es hat nämlich keine Bedeutung, ob der Unterschied eine positive oder negative Zahl ergibt, da in diesem Falle nur die Tendenz zur Abweichung von der

	<i>Avenella flexuosa</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	<i>Hylocomium splendens</i>	<i>Vaccinium vitis - idaea</i>	<i>Oxalis acetosella</i>	<i>Vaccinium uliginosum</i>	<i>Pleurozium schreberi</i>	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	<i>Dicranum scoparium</i>	<i>Picea excelsa</i>	<i>Calamagrostis villosa</i>
<i>Vaccinium myrtillus</i>	14	14	10	80	48	151	64	2	54	78	104
<i>Avenella flexuosa</i>		46	20	50	108	91	4	32	6	18	74
<i>Rhododendron ferrugineum</i>			46	46	33	69	10	41	59	34	44
<i>Hylocomium splendens</i>				80	42	151	93	2	54	58	76
<i>Vaccinium vitis - idaea</i>					18	121	63	32	6	28	76
<i>Oxalis acetosella</i>						21	48	3	45	18	33
<i>Vaccinium uliginosum</i>							101	29	49	53	69
<i>Pleurozium schreberi</i>								9	6	9	50
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>									13	14	19
<i>Dicranum scoparium</i>										36	1
<i>Picea excelsa</i>											4

theoretischen Frequenz gemessen wird. So z.B. hat *Vaccinium vitis-idaea* 12 Präsenzen in 33 Proben, d.h. Frequenz 0.360; *Oxalis acetosella* mit 10 Präsenzen hat Frequenz 0.300; der theoretische Wert der Assoziation beider Arten ist $0.360 \times 0.300 = 0.108$; experimenteller Wert = 0.090; Unterschied = 0.018. Um die verwirrende Wiederholung einer Unzahl von Null-Ziffern zu vermeiden, wurden diese Ergebnisse mit 1000 multipliziert, sodaß im obigen Fall das Endresultat 18 ist. Die durch dieses Verfahren berechneten Werte werden in Tab. 1 dargestellt. Nur die 12 häufigsten Arten wurden berücksichtigt.

Für jede Punktprobe wurde nun kontrolliert, welche Paare von den 12 Arten in ihr vorkommen und für jedes Paar der entsprechende Wert von Tab. 1 notiert; die Summe aller dieser Werte, dividiert durch die Zahl der Paarungen, welche die bearbeitete Punktprobe aufweist, ermittelt die Tendenz, vom theoretischen Wert abzuweichen, die der Artenkombination der Punktprobe eigen ist.

Beispiel in der Probe 4 wurden 3 Arten beobachtet (*Hylocomium splendens*, *Vaccinium uliginosum*, *Pleurozium schreberi*) und noch *Cladonia rangiferina*, die als seltenere Art nicht berücksichtigt wird. Zwischen den 3 Arten ergeben sich folgende Paarungen (mit den entsprechenden Werten):

<i>Hylocomium splendens</i> – <i>Vaccinium uliginosum</i>	151
<i>Hylocomium splendens</i> – <i>Pleurozium schreberi</i>	93
<i>Vaccinium uliginosum</i> – <i>Pleurozium schreberi</i>	101
	345 : 3 = 115

Der Wert 115 entspricht der durchschnittlichen Abweichung von der theoretischen Häufigkeit der Paarung. In den einzelnen Punktproben wurden Werte zwischen 121.0 und 2.3 beobachtet. In 6 Fällen wurden keine Artpaare unter den 12 von uns bearbeiteten Arten beobachtet (z.B. Punktprobe 91 mit *Vaccinium myrtillus*, *Polytrichum juniperinum* und *Festuca rubra*): Diese Proben wurden außer Acht gelassen und nicht weiter bearbeitet. Zur besseren Verständlichkeit wurden dann die Resultate als Durchschnitt von je drei darauffolgenden Punktproben ausgedrückt (Abb. 3).

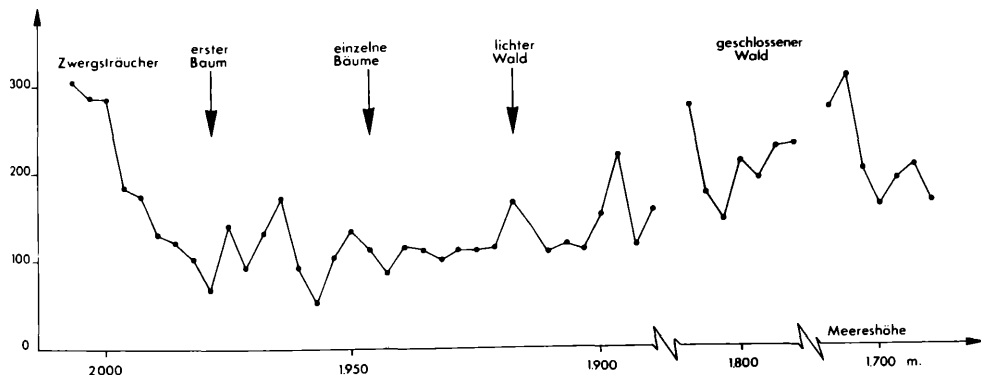


Abb. 3: Durchschnittliche Abweichung der Vegetation von der theoretischen Häufigkeit der Paarungen; die Punkte entsprechen Mittelwerten von je 3 darauffolgenden Punktproben.

Aus Abb. 3 ist klar ersichtlich, daß die obere, baumlose Zone und die untere, bewaldete Zone eine größere Abweichung aufzeigen, die mittlere Zone (die eigentliche

Baumgrenze) hingegen eine mehr durch den Zufall bestimmte Verteilung der Arten aufweist, d.h. eine höhere Entropie.

Direkte Methode

Ein Verfahren zur direkten Bestimmung der Vegetationentropie auf Grund einer Anwendung der Informationstheorie wurde vor kurzem von LAUSI (in publ.) beschrieben. Die Frequenzen der Arten (in diesem Falle wurden alle Arten berücksichtigt) werden in solcher Weise umgerechnet, daß ihre Summe für jeden Vegetationstyp 1.00 ergibt. Es wurden 3 Typen unterschieden u.zw.:

<i>Empetro-Vaccinietum</i>	Punktproben 1–14
<i>Rhodoro-Vaccinietum</i>	Punktproben 15–82
<i>Piceetum subalpinum</i>	Punktproben 83–140

Die auf diese Weise gewonnenen Werte stellen Probabilitätswerte (p) dar, auf Grund derer die Entropie durch die Formel $H = -\sum p \cdot \lg_2 p$ berechnet werden kann. Die Ergebnisse werden addiert; die Summe entspricht der Entropie des gesamten Vegetationstyps. Da uns die Flora der entsprechenden Vegetationsstufen bekannt ist, kann man weiterhin den höchstmöglichen Entropie-Wert der Vegetationsstufe berechnen. Dieser Wert wäre erreicht, wenn alle Arten der Vegetationsstufe in rein zufälliger Weise verteilt wären. Der Unterschied zwischen dem höchsten Entropie-Wert der Flora und dem Entropie-Wert des einzelnen Vegetationstyps ermittelt den Gewinn an Neg-Entropie, was die lokale Flora durch die Vergesellschaftung erfährt (LAUSI, cit.). Die Ergebnisse können also sowohl als Entropie als auch als Gewinn von Neg-Entropie ausgedrückt werden:

	Entropie	maximale Entropie der Flora	Gewinn an Neg-Entropie
<i>Empetro-Vaccinietum</i>	3.20	6.74	3.54
<i>Rhodoro-Vaccinietum</i>	3.60	6.74	3.14
<i>Piceetum subalpinum</i>	3.15	7.19	4.04

Aus diesen Zahlen geht klar hervor, daß die Entropie am höchsten im Bereich der Waldgrenze ist, viel niedriger hingegen sowohl im baumlosen Zwergstrauchbestand als auch im geschlossenen Fichtenwalde. Der Gewinn an Neg-Entropie ist um die Waldgrenze am niedrigsten. Diese Ergebnisse entsprechen genau denen, die durch die indirekte Berechnung gewonnen wurden.

Schlußfolgerungen

Die Vegetation im Bereich der Baumgrenze (d.h. das *Rhodoro-Vaccinietum* in der Durchdringungszone zwischen den beiden Subassoziationen *extrasyilvaticum* und *laricetosum*) zeichnet sich durch höhere Entropie aus, d.h. durch den Zustand einer gewissen Unordnung. Die ökologisch bedingte baumlose Vegetation des *Empetro-Vaccinietum*, sowie auch der geschlossene Fichtenwald, scheinen sich demgegenüber in einem weit

geordneteren Zustand zu befinden. Die Ursache der Anordnungs-Zunahme im *Empetro-Vaccinietum* und *Piceetum subalpinum* ist selbstverständlich nicht die gleiche. Wir könnten uns vorstellen, daß im *Empetro-Vaccinietum* die Anordnung durch die ökologischen Faktoren (hauptsächlich durch Windwirkung) erfolgt; tatsächlich übt der Wind eine starke Selektion auf die Flora aus (sodaß sich nur "windharte" Arten behaupten können), ja sogar die Lebensform der verbreitetsten Arten (Chamaephyten und Flechtenchamaephyten) und ihre Wuchsform (polsterförmige Zwergsträucher) werden vom Winde bedingt. Im *Piceetum subalpinum* wirkt hingegen die Fichte als ordnender Faktor; mit ihrer Tendenz zur Bestandsbildung, wird die Fichte selbst umweltschaffend: Licht, Temperatur, Lüftung und Feuchtigkeit der bodennahen Schicht, sowie auch die Eigenschaften des Bodens werden weitaus von der Fichte bestimmt, und dadurch erfolgt die Anordnung, die in der Waldvegetation ersichtlich ist.

Die Vegetation im Bereich der Baumgrenze scheint hingegen einerseits verhältnismäßig wenig von stärkeren ökologischen Faktoren gestört, sodaß sie noch über relativ hohe Freiheitsgrade (für mögliche zufällige Abweichungen) verfügen kann; andererseits aber bringt das Eindringen vereinzelter Bäume eine hohe Heterogenität, der eine größere Verfügbarkeit von ökologischen Nischen entspricht.

Wir kommen also zum Schluß, daß im von uns untersuchten Fall die Vegetation der Baumgrenze einen Gürtel mit einem schlechteren Gleichgewicht darstellt, in dem die Vegetation stärkeren Schwankungen ausgesetzt ist. Wenn wir zum Problem der Wald- bzw. Baumgrenze zurückkommen, scheint es uns in diesem Falle klar ersichtlich, daß die Vegetation innerhalb des Waldbereiches eine weit fortgeschrittene Anordnung erreicht. Die Abnahme der verfügbaren Energie stellt für den Wald eine ökologische Grenze dar, die für den Vegetationskomplex im Hochgebirge bedeutungsvoll erscheint. Oberhalb der Waldgrenze sinkt die Vegetation in einen Unordnungs-(= Krisen-)Zustand; hier verläuft die eigentliche Baumgrenze, der keine große ökologische Bedeutung zuzurechnen ist. Erst mit dem Zusammenschließen einer baumlosen, stark selektionierten Zwergstrauchvegetation kommt man wieder zu einem geordneteren Zustand, der aber einer weitaus niedrigeren Organisationsstufe als der des Waldes entspricht.

Literaturverzeichnis

- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie (3. Aufl.), Wien.
 LAUSI, D. (in Druck): Die Logik der pflanzensoziologischen Vegetationsanalyse – Ein Deutungsver-such. Bericht über das internat. Symposium in Rinteln (1970), Den Haag.
 PIGNATTI, E. (1970): Le brughiere subalpine a *Rhododendron ferrugineum* sul versante meridionale delle Alpi Orientali. Atti Ist. Ven. Sc. Arti., 128: 1–18.

Riassunto: La vegetazione nella zona del limite climatico degli alberi è stata studiata su un massiccio siliceo presso Lienz mediante una determinazione di densità delle specie. Il risultato di questa ricerca e della successiva elaborazione è che la vegetazione di questo ambiente si presenta in uno stato meno ordinato che quella del bosco oppure quella degli arbusteti nani d'altitudine.

S a d r ž a j : Struktura vegetacije na gornjoj granici šume u visokom gorstvu:

Autor istražuje vegetaciju klimatske granice drveća na jednoj silikatnoj gori kod Lienza na osnovi određivanja gustoće stabala. Ovo je istraživanje pokazalo, da ima vegetacija u neposrednom području granice drveća manje uređenu strukturu negoli u području šumskog pojasa kao i vegetacija u pojasu bez drveća.

P o v z e t e k : Struktura vegetacije na gozdni meji v visokogorju:

Na podlagi določanja gostote raziskuje pisec vegetacijo klimatske drevesne meje na neki silikatni gori nad Lienzom. Iz teh raziskav izhaja, da kaže vegetacija v neposrednem območju drevesne meje manj urejeno sestavo kot v območju gozdnega, pa tudi brezdrevesnega pasu.

Diskussion:

HARTL: Besteht nicht die Möglichkeit, daß Sie ein anthropogen gestörtes *Rhododendro-Vaccinietum extrasilvaticum (callunosum)* ausgewählt haben und dadurch die Entropie in diesem Bereich höher war? Ein echtes *Rhododendro-Vaccinietum extrasilvaticum (typicum)* mit der üblichen Artenkombination des Fichten-Lärchen-Zirbenwaldes hätte sicherlich mehr Ordnung ergeben.

PIGNATTI S.: Ich glaube das nicht. Wir haben die Einheiten so gut wie möglich nach den üblichen pflanzensoziologischen Verfahren ausgesucht. Eine anthropogene Störung in dem einen oder anderen Fall kann natürlich nicht ausgeschlossen werden.

NIKL FELD: Ist es nicht denkbar, daß der höhere "Entropiegrad" im mittleren Bereich des Transekts einfach aus der Berechnungsweise folgt? Mischung zwischen zwei Extremausbildungen könnte sich ganz allgemein in geringerer "Ordnung" auswirken. Eine Möglichkeit, dies zu überprüfen, wäre es, übergreifend gelegte Transekte zu berechnen.

PIGNATTI S.: Ja diese Methode der übergreifenden Transekte ist eine gute Prüfmethode und wir haben sie auch angewandt. Sie haben das Resultat nur bestätigt.

KLÖTZLI: Ich frage mich nur, wie die Werte anderer Transekte herauskommen würden und ob die mitgeteilten Werte überhaupt signifikant verschieden sind. Falls die Methode sich bewährt, dürfte sie verwendbar sein zum Nachweis der Naturnähe einer Grenzzone. In natürlichen Grenzzone dürfte die Zone maximaler Entropie sehr schmal sein (z.B. naturnahe bis ursprüngliche Waldgrenze in den südlichen Anden). Auch für die Bestimmung der Grenzzone zwischen zwei verschiedenen Waldassoziationen könnte sie in einzelnen Fällen wertvolle Dienste leisten.

PIGNATTI S.: Über die Signifikanz können wir noch nicht völlig sichere Aussagen machen, da wir mit dieser Methode erst am Anfang stehen. Einstweilen gibt es nur eine Paralleluntersuchung von LAUSI aus dem Triestiner Karst. Die Unterschiede, die mit dieser Methode dort gefunden wurden, liegen im gleichen Bereich und so scheinen sie sinnvoll zu sein. Ich möchte aber betonen, daß das hier Vorgetragene noch nicht für alle Fälle angewandt werden kann.

GAMS: Die Punktstichprobenmethode hat erstmals V. VARESCI in den Alpen angewandt. Ähnliche Untersuchungen liegen aus Rußland, vor allem der Tundra, vor. Allgemein kann gesagt werden, daß im Grenzgebiet zwischen subalpinem Wald und der waldfreien Zwergstrauchheide die Zone der größten Instabilität liegt.

MAAREL: Ist es möglich, die "Korrelationshäufigkeit" auf die sich Ihre Berechnung ja stützt, als thermodynamische Entropie zu interpretieren? Die Ergebnisse an sich sind klar und ermöglichen eine Interpretation in pflanzensoziologischer Hinsicht. Aber ich weiß nicht, ob die Dynamik oder Instabilität als Unordnung mittels Ihrer Methode gemessen werden kann. Die dynamischen Verhältnisse könnte man vielleicht auf Grund von Dauerquadratuntersuchen mittels anderer Informationsrechnungen machen. Zum Schluß: diese statistische Entropie ist nicht identisch mit dem thermodynamischen Entropiebegriff.

PIGNATTI S.: Der Sprung zur Entropie ist dadurch bedingt, daß man so zur Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit kommen kann. Diese wurden auf Grund der Frequenz der einzelnen Arten berechnet. Entropie war dann nur mehr ein sprachlicher Schritt der sich automatisch ergibt wenn man diese Verhältnisse allgemeiner ausdrücken will. Ich glaube nicht, daß wir mit den üblichen pflanzensoziologischen Methoden zu den gleichen Ergebnissen gekommen wären. Ich habe es versucht, aber es war nicht möglich.

HOLZNER: Unter Entropie im Sinne der Thermodynamik ist doch nicht das gleiche zu verstehen wie das hier streng genommen gemeint ist. Ich schlage daher vor, hier nicht von Entropie sondern nur von Ordnung zu sprechen. In der Vegetationskunde gelten die Gesetze der Thermodynamik nicht.

PIGNATTI S.: Es ist richtig, was Sie über die Entropie der klassischen Thermodynamik sagen, aber sobald man den Begriff auf die Vegetation anwendet, befindet man sich in wesentlich diffizileren Vorgängen. Ich glaube, dann fällt auch Entropie und Ordnung zusammen.

HORVÁT: Ich glaube, um auch mit WALTER zu sprechen, daß es in der Natur überall Übergangsassoziationen gibt.

WRABER M.: Für die meisten Vegetationsforscher sind die mathematischen, statistischen und physikalischen Arbeitsmethoden schwer verständlich und wirken sogar verwirrend, indem man den Eindruck gewinnt, als ob die klassische pflanzensoziologische Methode nicht mehr ausreichend wäre. Die BRAUN-BLANQUET'sche Methode ist für uns der Ausgangspunkt, während die genannten Methoden als Gehilfinnen herangezogen werden um die Resultate der pflanzensoziologischen Arbeitsmethode zu untermauern oder auch zu kontrollieren, da ja gewisse Fehlschlüsse gar nicht ausgeschlossen sind. Es wäre für uns überzeugender, wenn der Vortragende uns zunächst die Resultate der pflanzensoziologischen Aufnahmen vorgeführt hätte und erst nachher am selben Transekt zum Vergleich die mit der Punktmethode gewonnenen Resultate mitgeteilt und anschließend verglichen hätte, um zu beweisen, worin die auf dem Weg der klassischen Methode erarbeiteten Angaben unzulänglich sind. Es wirkt auch etwas ungewöhnlich, wenn man in der Natur von einer Unordnung spricht, denn meines Erachtens herrscht in der Natur überall eine natürliche Ordnung, wo ein natürliches Gleichgewicht herrscht.

PIGNATTI S.: WRABER bringt zwei Argumente, er fragt ob die Methode von BRAUN-BLANQUET überholt ist, absolut nein, es wurden auch Aufnahmen nach der klassischen Methode durchgeführt, nur die hier zu interpretieren hätte den Rahmen gesprengt. Aber wir müssen uns klar sein, daß bestimmte Fragestellungen, bestimmte Methoden benötigen. Bei der Schätzung der Biomasse nützt die klassische Methode überhaupt nicht. Die Methode muß also auf das Problem abgestimmt werden. Und zweitens, es stimmt nicht, daß in der Natur nur Ordnung herrscht, in der unbelebten Natur herrscht sicherlich Unordnung und nur dem Leben ist das Streben nach Ordnung eigentümlich. Eine Erörterung dieser Frage würde uns aber weit weg vom Thema führen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Ostalpin-Dinarischen pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [11_1970](#)

Autor(en)/Author(s): Pignatti Sandro [Alessandro]

Artikel/Article: [Struktur der Waldgrenzenvegetation im Hochgebirge 175-186](#)