

## PHYTOMASSE- UND NÄHRSTOFFVERHÄLTNISSE EINER ALPINEN RASENGESELLSCHAFT (*CARICETUM FIRMAE*)

H. REHDER<sup>1</sup>

### Abstract

A plot of the typical alpine meadow community of the Northern Calcareous Alps, the *Caricetum firmae* (Altitude 2160m), was investigated with regard to its mean dry substance (TS) values and changes during the growing season (VP) and to its main nutrient (N-, P- and K-) relations.

The annual overground („green mass“) production is about 100 g TS/m<sup>2</sup>. The accumulation of litter in relation to the annual green mass production is nearly 30:1. The mean underground phytomas („root mass“) is more than 6:1 in relation to the maximal green mass.

The underground/overground relation of the N-content in the phytomass, however, as well as that of the P-content, is about 4:1.

The net mineralization of N, obtained from field incubation tests for the VP (2 g/m<sup>2</sup>) is higher than the annual increase of N in the green mass (1 g/m<sup>2</sup>) but less than the root mass increase (7 g/m<sup>2</sup>). The increase of P also is small in the green mass (0.07 g/m<sup>2</sup>) and high in the root mass (0.35 g/m<sup>2</sup>). The fluctuation of the lactate soluble P-content in the soil during the VP (decrease from begin to the mid of VP) also amounts 0.35 g/m<sup>2</sup>. The K-relations are similar: 0.6 g/m<sup>2</sup> increase in the green mass and 3 g/m<sup>2</sup> in the root mass. But the fluctuation (decrease as above) of K in the soil is only 0.5 g/m<sup>2</sup>.

On the whole we find this ecosystem to present a small overground productivity with slow leaf decomposition, but elevated annual underground innovation rates and hence a higher turnover in the root sphere.

This habitat is compared with another plot of the same plant community and with three other meadow communities of the same region (1900–2150 m). The second plot of the *Caricetum firmae* is similar to the first one in its essential aspects. It ranks, like the first one, lower in production and nutrient relations, but higher in litter accumulation, than the three other communities.

The alpine meadows investigated here rank between the „typical arctic tundra“ and the „dwarf shrub tundra“ with regard to phytomass relations. But the primary production is higher than in both tundra types.

### 1. Einleitung

Das *Caricetum firmae* (Polsterseggenrasen) kann als die eigentlich charakteristische Pflanzengesellschaft der rein alpinen Stufe in den nördlichen Kalkalpen (ELLENBERG 1963, WAGNER 1970) und zugleich als ein stabiles Ökosystem mit nahezu konstantem Stoffumsatz aufgefaßt werden. Es ist das Pendant zum *Caricetum curvulae* (Krummseggenrasen) der kalkarmen Zentralalpen. Über Produktivität und Stoffumsatz dieser alpinen Rasen ist im Gegensatz zu den verwandten, arktischen Tundren (WIELGOLASKI 1975) noch wenig bekannt.

1. Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Den Mitarbeitern A. SCHÄFER, M. GÖKCEOGLU, E. HOERNER, K. KÜHNER, M. OLBRICH, V. SCHACHT & A. HOLZMAYR sei auch an dieser Stelle für ihren Einsatz gedankt.

## 2. Untersuchungsobjekt und Methodik

Im folgenden wird über einige quantitative Ergebnisse aus einem Bestand des *Carex-cetum firmae* im Wettersteingebirge (Naturschutzgebiet „Schachen“, REHDER 1970, 1971), mit 20° Westneigung in 2160 m Höhe gelegen, berichtet. Der praktisch nicht von Weidetieren berührte, nur etwa 3 cm hohe Rasen besteht überwiegend aus den dicht zusammenschliessenden Rosetten der namensgebenden Art, die sich ebenso wie die begleitende Silberwurz (*Dryas octopetala*) durch ihre dicken, überwintert grünen Blätter auszeichnet. Der Boden ist die für diese Rasengesellschaft typische „Pechrendsina“ (KUBIENA 1953), bestehend aus der Humusform „Pechmoder“, die dem Kalkgesteinsuntergrund durchschnittlich nur 15 cm mächtig aufliegt. Die lebenden Rosetten der *Carex* sitzen, Torfmoospolstern vergleichbar, einer Schicht von abgestorbenen, nur langsam sich zersetzenden Blättern und Blattscheiden auf, die von den tiefer hinabreichenden Wurzeln durchzogen wird.

Es war das Ziel unserer Untersuchungen, durch eine Anzahl von volumengenauen Ausstichen, die am Beginn (26.6. u. 10.7.) in der Mitte (16.8.) und am Ende (3.10.) der Vegetationsperiode (VP) 1973 vorgenommen wurden, sowie durch deren sorgfältige Aufgliederung die wechselnden Mengenverhältnisse von ober- und unterirdischer Phytomasse (als Trockensubstanz = TS) und der in den einzelnen Komponenten anwesenden Hauptnährstoffe (N, P und K) zu erfassen. Durch Messung der im Boden vorhandenen bzw. sich im Freilandbebrütungsversuch (vgl. GERLACH 1973) anreichernden, pflanzenverfügbaren Anteile dieser Bioelemente sollte versucht werden, den Nährstoffumsatz auch von der anderen Seite her kennenzulernen.

Ausführlicher wird über die angewendeten Methoden an anderer Stelle berichtet (REHDER 1976 a,b).

## 3. Phytomasse-Verhältnisse und Produktion

Die lebende, oberirdische Phytomasse („Grünmasse“) nimmt von ca 150 g auf ca 250 g TS/m<sup>2</sup>, also nur um ca 100 g, zu und um ebensoviel infolge des Absterbens älterer Blätter bis zum Oktober wieder ab. Die unter dem grünen Teppich angehäufte tote Blattmasse weist im Mittel fast die 30-fache TS-Menge (2900 g/m<sup>2</sup>) dieses Jahreszuwachses auf. Noch größer ist, bei Berücksichtigung des bereits zersetzten Anteiles, die Zahl der Jahrgänge, die zum Aufbau dieser Komponente des Ökosystems erforderlich war.

Die unterirdische Phytomasse (Wurzeln und Rhizome, letztere vor allem von *Dryas*) beträgt im Mittel der Vegetationsperiode etwa 1670 g TS/m<sup>2</sup>, also mehr als das sechsfache der maximalen Grünmasse. Allerdings war eine Trennung von lebenden und toten Wurzeln nicht möglich, weil die Übergänge von jungen zu gealterten und gänzlich abgestorbenen Wurzeln zu fließend sind. Es zeichnet sich eine Zunahme der Wurzelmasse, insbesondere des Feinwurzelanteiles in 5–15 cm Bodentiefe um mehr als 700 g TS/m<sup>2</sup> vom Beginn bis zum Ende der VP ab, die durch einen ebensogroßen Abbau in den übrigen 9 Monaten ausgeglichen werden muß. (Näheres vgl. Fig. 2 u. 3 bei REHDER 1976 b.)

#### 4. Stickstoff-Umsatz

Der Stickstoff-Gehalt der lebenden Blätter von *Carex firma* und *Dryas octopetala* ist mit Werten, die meist etwas unter 2% liegen, als mäßig zu bezeichnen. Die nur schwach vertretenen, begleitenden Gräser (vor allem *Sesleria varia*) enthalten dagegen meist etwas über 2% N. Bei allen untersuchten Pflanzen einschließlich der ebenfalls in geringer Menge vorhandenen Moose (*Tortella tortuosa*) ist der N-Gehalt zu Beginn der VP erwartungsgemäß, dem höheren Verhältnis Plasma/Zellwand entsprechend, am höchsten, um dann bis Mitte August, zum Zeitpunkt der maximalen Entfaltung der Grünmasse, deutlich abzunehmen, bei *Carex firma* z.B. von ca 1.85% auf ca 1.6%. Am Ende der VP konzentriert sich hingegen soviel N in den verbleibenden grünen Blättern, daß die Anfangswerte wieder erreicht werden.

Trotz dieser Schwankung erhalten wir absolut den höchsten N-Vorrat in der Grünmasse im August, und zwar ca 4,5 g N/m<sup>2</sup> gegenüber ca 3,5 g am Anfang und am Ende der VP. Die Fluktuation des N in der Grünmasse beträgt also rund 1 g/m<sup>2</sup>.

In der auch abgestorbene Teile enthaltenden Wurzelmasse schwankt der prozentuale N-Gehalt zwischen 1,3% und 0,8%. Er liegt damit nur wenig höher als der mittlere N-Gehalt der toten Blattmasse. Aber auch in der Wurzelmasse deutet sich ein Hochsommerminimum mit nachfolgender Zunahme an.

Der absolute N-Vorrat in der Wurzelmasse beträgt im Mittel 18,3 g/m<sup>2</sup>, also etwa das Vierfache des maximalen Vorrates in der Grünmasse. Dieses Verhältnis dürfte ungefähr dasjenige der lebenden Anteile im unter- und oberirdischen Bereich zueinander widerspiegeln. Aus unseren Versuchen ergab sich vom Beginn bis zum Ende der VP eine Zunahme des N-Vorrates in der Wurzelmasse von ca 15 auf ca 22 g/m<sup>2</sup>. Diese Differenz von ca 7 g/m<sup>2</sup> erscheint, verglichen mit dem Fluktuationsbetrag in der Grünmasse, außerordentlich hoch. (Näheres vgl. Fig. 4 bei REHDER 1976 b.)

Aus den Freiland-Bebrütungsversuchen resultierte ein mittlerer Nettomineralisationsbetrag von rund 2 g N/m<sup>2</sup> in der VP, also mehr, als in der Grünmasse, aber viel weniger, als in der Wurzelmasse fluktuiert. Für das ganze Jahr ist jedoch mit einer höheren Mineralstickstoff-Nachlieferung aus dem Boden zu rechnen, und zwar besonders unter dem Einfluß des häufigeren Frostwechsels vor Beginn der VP. Ganzjährige Bebrütungsversuche konnten wir aber bisher nicht durchführen.

Einen Hinweis darauf, daß der größere Anteil der Stickstoffmineralisierung in diesem Bestand nicht aus der Zersetzung von Blattmasse, sondern aus alljährlich absterbenden Wurzeln gespeist wird, können wir der Tatsache entnehmen, daß regelmäßig die höchsten Mineralisationsraten in den Bodenproben aus 5–10 cm Tiefe, also nicht im Oberhorizont unmittelbar unter der Blattstreuerschicht, erbracht werden. In 5–10 cm Tiefe ist übrigens auch der Feinwurzelgehalt am höchsten.

Wir gewinnen aus den bisher gezeigten Befunden für dieses Ökosystem den Eindruck einer schwachen oberirdischen Produktivität mit träger Blätterzersetzung gegenüber relativ erhöhten jährlichen Erneuerungsraten und daraus folgenden, höheren Umsetzungen im Wurzelbereich.

## 5. Phosphor-Umsatz

Der Phosphor-Gehalt in der lebenden Blattmasse von *Carex firma* beträgt etwa 0,09% und steigt nur am Ende der VP auf 0,11% an. Damit befindet sich diese Art an der Untergrenze der für Landpflanzen normalen Werte (0,1–0,8%, nach LARCHER 1973). *Sesleria* und *Dryas* weisen mit 0,13% bzw. 0,14% deutlich höhere Werte auf. In der Wurzelmasse wie in der toten Blattmasse liegt der P-Gehalt um 0,05%. Durchweg sind die Schwankungen während der VP in allen Phytomasse-Komponenten geringer als beim Stickstoff. Doch deutet sich die Tendenz eines Sommerminimums zwischen Anfangs- und End-Maximum auch beim Phosphor an.

Der absolute Phosphorvorrat in der Grünmasse erreicht maximal im August etwa 0,25 g/m<sup>2</sup> bei einer Fluktuation von 0,07 g/m<sup>2</sup>. In der Wurzelmasse ist im Mittel wieder nahezu das Vierfache des Grünmasse-Maximalvorrates an P vorhanden. Der mit der TS-Zunahme der Wurzelmasse während der VP einhergehende Anstieg im P-Gehalt beträgt in diesem Falle etwa 0,35 g/m<sup>2</sup>, also wieder ein Mehrfaches der Grünmasse Fluktuation (vgl. Fig. 5 bei REHDER 1976 b).

Die Freiland-Bebrütungsversuche führten im Mittel, anders als beim Stickstoff, nicht zu einer Anreicherung des pflanzenverfügbaren (laktatlöslichen) Phosphors, sondern überwiegend zur Abnahme, wohl infolge mikrobieller Festlegung (vgl. SCHMIDT 1970). Der aktuelle Laktat-P-Gehalt im Boden sank vom Anfang bis zur Mitte der VP von ca 0,5 auf ca 0,15 g/m<sup>2</sup>, um bis zum Ende wieder auf 0,3 g/m<sup>2</sup> anzusteigen. Die Fluktuation im Boden liegt also in gleicher Größenordnung mit der P-Zunahme in der Wurzelmasse. Da auch die höchsten Laktat-P-Beträge wiederum regelmäßig in 5-10 cm Bodentiefe gemessen wurden, sind wir zu der Aussage berechtigt, daß auch der P-Umsatz zum größeren Teil über die Wurzelmasse läuft.

## 6. Kalium-Umsatz

Im prozentualen Kalium-Gehalt zeichnet sich die Anfangsabnahme und Endzunahme bei den meisten Phytomasse-Komponenten wieder deutlicher ab. Wenn wir die Untergrenze der für Landpflanzen normalen Werte bei 0,5% K annehmen, so liegt die lebende Blattmasse von *Carex firma* wiederum mit durchschnittlich etwa 1% nicht weit davon entfernt. Noch niedriger ist, im auffallenden Gegensatz zum P-Gehalt, der K-Gehalt der Blätter von *Dryas octopetala* mit ca 0,7%, während *Sesleria* mit ca 1,2% wieder etwas höher liegt. Der K-Gehalt der unterirdischen Phytomasse bleibt hinter diesen Werten mit höchstens 0,3% erheblich zurück, und in der oberirdischen Totmasse werden, wohl infolge der leichten Auswaschbarkeit des Kaliums, nur 0,2% erreicht.

Der K-Vorrat in der Grünmasse nimmt vom Beginn bis zur Mitte der VP von ca 1,9 auf 2,5 g/m<sup>2</sup>, in der Wurzelmasse dagegen bis zum Ende von 2 auf 5 g/m<sup>2</sup> zu. Da auch hinsichtlich des Boden-K keine Akkumulation im Brutversuch resultierte, kann wieder lediglich die Schwankung der aktuellen Laktatwerte zum Vergleich mit der K-Fluktuation in der Phytomasse herangezogen werden: Wir finden eine Abnahme von ca 1,76 auf 1,25 und einen Wiederanstieg auf 1,48 g K/m<sup>2</sup>. Die Abnahme liegt also in diesem Falle nur in der Größenordnung der K-Zunahme in der Grünmasse, dagegen weit unter der in der Wurzelmasse festgestellten (vgl. Fig. 6 bei REHDER 1976 b).

## 7. Vergleich mit benachbarten Beständen

In der vorhergehenden VP (1972) waren einige andere alpine Rasenbestände in ähnlicher Weise untersucht worden, darunter auch ein im gleichen Gebiet, aber um 150 m tiefer, in Nordexposition gelegenes *Caricetum firmae*, ferner je ein Bestand des *Seslerio-Sempervivretum* (2150 m), des *Caricetum ferrugineae* (1900 m) und des *Nardetum alpigenum* (1930 m) (REHDER 1976 a). In Anbetracht der größeren Zahl von Untersuchungsobjekten konnte die Phytomasse-Auftrennung in diesen Fällen nicht in so detaillierter Weise vorgenommen werden wie bei der konzentrierteren Bearbeitung der einen Fläche in der VP 1973. Die Ergebnisse vom *Caricetum firmae* 1972 stimmen aber in den Grundzügen mit den oben gezeigten überein.

Auch dieser Bestand erreicht maximal nur 260 g TS/m<sup>2</sup> an Grünmasse, wobei allerdings mit 160 g/m<sup>2</sup> eine höhere Anfangszunahme gemessen wurde als im hochgelegenen Bestand. Es fällt hier demnach ein größerer Anteil der jährlich neu gebildeten Blätter der Zersetzung anheim. Da die Feinwurzelfraktion, die fast die Hälfte der Wurzelmasse ausmacht, weniger vollständig erfaßt werden konnte, und da der Pechrendsina-Boden im Durchschnitt etwas flachgründiger war, erhielten wir hier nur etwas mehr als das Dreifache an Wurzelmasse im Verhältnis zur Grünmasse (vgl. Fig. 4 in REHDER 1976 a).

Die abgestorbene Blattmasse betrug mit 1100 TS/m<sup>2</sup> fast das Siebenfache der jährlichen Grünmasse-Zunahme. Das ist relativ und absolut mehr als in den drei anderen Beständen, aber viel weniger als im hochgelegenen *Caricetum firmae*. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß infolge der gröbereren Trennmethode auch die Totmasse weniger exakt erfaßt werden konnte. Andererseits ist temperaturbedingt in der tieferen Lage bereits mit einer höheren Zersetzungsrate zu rechnen. Im Vergleich der hier untersuchten Bestände ergab sich die Regel: Je höher die jährliche TS-Zunahme und Höchstmenge an Grünmasse, desto geringer die angereicherte Totmasse (Tab. 1. Ausnahme bei der zum Vergleich angeführten „Echten Tundra“!). Das *Caricetum ferrugineae* steht dem *Caricetum firmae* also polar gegenüber mit einer so hohen Zersetzungsrate, daß nicht viel mehr als die Grünmasse-Produktion einer einzigen VP jeweils als Streu an der Bodenoberfläche vorhanden ist.

Der mittlere prozentuale Gehalt der einzelnen Phytomasse-Komponenten an N, P und K stimmte im unteren *Caricetum firmae* etwa mit dem im oberen überein, während die drei anderen Bestände sich in jedem Falle durch höhere Werte auszeichneten. Auch eine Änderungstendenz während der VP mit Sommerminimum

Tabelle 1. Trockensubstanz-Verhältnisse (g/m<sup>2</sup>) in den untersuchten alpinen Beständen mit Vergleichswerten für zwei Tundra-Typen (nach RODIN, aus WALTER 1968, S. 546).

Bestände	Zunahme	Grünmasse- Maximum	Tot- masse	Wurzel- masse
<i>Caricetum firmae</i> (2160 m)	100	250	2900	1670
<i>Caricetum firmae</i> (2010 m)	160	260	1100	780
<i>Nardetum alpigenum</i> (1930 m)	180	280	930	1150
<i>Seslerio-Sempervivretum</i> (2150 m)	200	320	620	1400
<i>Caricetum ferrugineae</i> (1900 m)	300	340	310	1350
Echte Tundra	30	150	35	350
Zwergstrauch-Tundra	98	490	8300	2310

Tabelle 2. Maximalvorrat und Zunahme an Stickstoff, Phosphor und Kalium in der Grünmasse sowie Stickstoffnettomineralisationswert und Fluktuation des aktuellen Laktat-Phosphor- und Kalium-Gehaltes im Boden in der Vegetationsperiode (g/m<sup>2</sup>).

Bestände		Grünmasse						Lösliche Nährstoffe im Boden		
		Maximum			Zunahme			N (Min.)	P (Flukt.)	K (Flukt.)
		N	P	K	N	P	K			
<i>Caric. firmae</i>	(2160 m)	4,5	0.25	2,5	1.0	0.07	0.6	2.0	0.35	0.5
<i>Caric. firmae</i>	(2010 m)	4,2	0.25	2.4	2.5	0.15	1.0	3.7	0.30	1.1
<i>Nardetum alp.</i>	(1930 m)	5.0	0.40	6.0	2.7	0.15	3.5	3.7	0.90	9.0
<i>Sesl.-Semperv.</i>	(2150 m)	6.0	0.39	5.7	3.0	0.20	3.0	3.3	0.70	4.1
<i>Caric. ferrug.</i>	(1900 m)	7.0	0.42	7.5	5.5	0.35	6.0	2.2	0.40	4.0

war erkennbar, wurde aber deutlicher nur für das *Seslerio-Sempreviretum* erfaßt (vgl. Fig. 3 bei REHDER 1976 a).

Ebenso wie die prozentualen Werte sind auch die Vorräte an N, P und K in der maximalen Grünmasse in den beiden *Caricetum firmae*-Beständen etwa gleich (vgl. Fig. 5–7 bei REHDER 1976 a). Dagegen waren die Zunahme-Beträge im tiefergelegenen Bestand deutlich höher, aber immer noch geringer als in den drei übrigen Gesellschaften (Tab. 2).

Die Fluktuationen in der Wurzelmasse konnten bei diesen vorausgehenden Untersuchungen noch nicht festgestellt werden. Im Mittel wurde im unteren *Caricetum firmae*, ebenso wie in den drei anderen Beständen, in der Wurzelmasse etwa doppelt soviel Stickstoff als in der Grünmasse erfaßt, wobei aber, wie erwähnt, ein großer Teil des Feinwurzelgehaltes unberücksichtigt blieb. Der P- und K-Vorrat in der Wurzelmasse des unteren *Caricetum firmae* war im Vergleich zu dem der anderen Bestände besonders gering. Trotzdem muß auch für diesen Bestand angenommen werden, daß der Nährstoffumsatz im unterirdischen Bereich den im oberirdischen übertrifft. Denn die mittlere Nettomineralisation des N in der VP übertraf auch hier die N-Zunahme in der Grünmasse, und ebenso war die Fluktuation der aktuellen Laktat-P-Werte im Boden höher als die P-Zunahme in der Grünmasse. Dagegen kam die Amplitude der Laktat-K-Werte der K-Zunahme in der Grünmasse wieder, wie im oberen Bestand, fast gleich (Tab. 2). Die grundsätzliche Übereinstimmung der beiden Bestände des *Caricetum firmae* in den Nährstoffverhältnissen ist also augenfällig.

Auch im *Nardetum* übertrafen die Mineralisations- bzw. Fluktuationsbeträge im Boden die Grünmasse-Zunahme an N, P und ebenso an K deutlich, während hinsichtlich N und K im *Seslerio-Sempreviretum* eine Annäherung festzustellen war und im *Caricetum ferrugineae* infolge des Überwiegens eines anzunehmenden „inneren Nährstoff-Kreislaufes“ durch die nährstoffspeichernden Rhizome sogar eine Umkehrung eintrat: Höhere Nährstoffinvestierung in die Grünmasse als feststellbare Mineralisation bzw. Fluktuation derselben Nährstoffe im Boden.

## 8. Vergleich mit Tundra-Verhältnissen

In Tab. 1 sind ergänzende Literaturdaten über die Phytomasse-Verhältnisse in der Tundra enthalten, die zeigen, daß sich die alpinen Bestände zwischen die beiden Extreme „Echte Tundra“ und „Zwergstrauch-Tundra“ einfügen, abgesehen von der

Grünmasse-Produktion, die in beiden Typen hinter derjenigen der Alpenrasen zurück bleibt. Als unterirdische Produktion werden für die Tundra nur 70 bzw. 140 g TS/m<sup>2</sup> angegeben, während wir für das obere *Caricetum firmae* 750 g/m<sup>2</sup> als Wurzelmasse-Zunahme erhielten. Es wird eine wichtige Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, diese Diskrepanz zwischen den Angaben für die als verwandt anzusehenden Ökosysteme zu klären.

## LITERATUR

- ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart, Ulmer.
- GERLACH, A. (1973): Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettomineralisation. Scripta Geobotanica 5. Göttingen, Goltze.
- KUBIENA, W.L. (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart, Enke.
- LARCHER, W. (1973): Ökologie der Pflanzen. Stuttgart, Ulmer,
- REHDER, H. (1970): Zur Ökologie, insbesondere Stickstoff-Versorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge). Diss.Bot. 6. Lehre, Cramer.
- REHDER, H. (1971): Zum Stickstoffhaushalt alpiner Rasengesellschaften. *Ber.Dtsch.Bot.Ges.* 84: 759–767.
- REHDER, H. (1976 a): Nutrient Turnover Studies in Alpine Ecosystems. I. Phytomass and Nutrient Relations in four Mat Communities of the Northern Calcareous Alps. *Oecologia* (im Druck).
- REHDER, H. (1976 b): Nutrient Turnover Studies in Alpine Ecosystems. II. Phytomass and Nutrient Relations in the *Caricetum firmae*. *Oecologia* (im Druck).
- SCHMIDT, W. (1970): Untersuchungen über die Phosphorversorgung niedersächsischer Buchenwaldgesellschaften. Scripta Geobotanica 1. Göttingen, Goltze.
- WAGNER, H. (1970): Zur Abgrenzung der subalpiner gegen die alpine Stufe. *Mitt. Ostalp. din. Ges. f. Vegetkde.* 11: 225–234.
- WALTER, H. (1968): Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung. Band II: Die gemäßigten und arktischen Zonen. Stuttgart, Fischer.
- WIELGOLASKI, F.E. (1975): Primary productivity of alpine meadow communities. In: Wielgolaski, F.E. (Edit.): Fennoscandian Tundra Ecosystems Part 1. Plants and microorganisms. Ecol. Studies 16, 121–128. Berlin-Heidelberg-New York, Springer.

Anschrift des Verfassers:

Priv.Doz. Dr. REHDER, Institut f. Botanik und Mikrobiologie der Technischen Universität München. Arcisstr. 21. D-8000- München 2.