

## RESPIRATORISCHER KOHLENSTOFFVERBRAUCH ALPNER ZWERG- STRAUCHBESTÄNDE

F. HUBER

### Abstract

Net production and respiration of alpine dwarf shrub communities (*Loiseleuria heath*, *Vaccinium heath*) were determined. The results indicate that there is no gain in the biomass by these alpine dwarf shrub heaths at Mt. Patscherkofel (Central Alps near Innsbruck) over long periods. The production coefficient  $P_B / R$  with little over 1 shows that these communities present a *protective ecosystem* (according to ODUM, 1972) with a closed nutrient cycle. The total gross primary production remains in this mature „climax“ ecosystem.

### 1. Einleitung

Die Gesamtkohlenstoffaufnahme der Pflanze durch die Photosynthese, die Brutto-primärproduktion ( $P_B$ ), wird zum Teil für die Atmung ( $R$ ) verbraucht, der Rest kann für den Aufbau des Vegetationskörpers, also für die Nettoproduktion ( $P_N$ ) verwendet werden. Daraus ergibt sich die bekannte, auf BOYSEN-JENSEN (1932) zurückgehende Grundgleichung der pflanzlichen Produktivität:

$$P_B = P_N + R \quad (1)$$

Zur Kennzeichnung des Kohlenstoffhaushaltes von Pflanzenbeständen dient der ökonomische Koeffizient:

$$\ddot{O}K_P = P_B / R \quad (2)$$

Als erste Stufe der Produktionsanalysen im Rahmen des IBP-Projektes „Zwergstrauchheide Patscherkofel“ wurde die Nettoproduktion nach der Erntemethode bestimmt (SCHMIDT, 1974). Die nachfolgende Arbeit bringt erste Ergebnisse von Computeranalysen der Atmungsverluste in der alpinen Zwergstrauchheide Patscherkofel, die auf Grund von Laboranalysen der Faktorenabhängigkeit der Atmung, sowie von Mikroklimamessungen am Standort durchgeführt wurden.

### 2. Material und Methodik

Die Atmungsmessungen erfolgten unter kontrollierten Bedingungen im Laboratorium mit dem Infrarotgasanalysator (URAS II) an den wichtigsten bestandbildenden Zwergsträuchern und zwar an den sommergrünen Arten *Vaccinium myrtillus* (L.) und *Vaccinium uliginosum* (L.), sowie an den immergrünen Arten *Vaccinium vitis-idaea* (L.), und *Calluna vulgaris* (L.) Hull. Atmungswerte für *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. lagen nach Messungen von GRABHERR (1974) vor. Das Ergebnis dieser Analysen waren Temperaturabhängigkeitskurven der Atmung für verschiedene

Organe, wie Blätter, oberirdische Achsen, unterirdische Achsen zu mehreren, phänologisch charakteristischen Terminen im Laufe des Jahres. In Ergänzung dazu wurden Messungen an Mischproben von Moosen und Flechten durchgeführt. Die Moosproben setzten sich aus *Pleurozium schreberi* (WILLD.) und *Hylocomium splendens* (HEDW.) Br. zusammen, die Flechtenproben bestanden aus *Cladonia rangiferina* (WALLR.) Rabenh. und *Cetraria islandica* (L.) Ach..

An Hand dieser Laboratoriumsanalysen wurden die respiratorischen Stoffverluste für die Zwergstrauchbestände „*Loiseleuriabeide* 2000 m MH“ und „*Vaccinieneide* 1980 m MH“ berechnet. Grundlage dieser Berechnung bildeten folgende Parameter (vgl. Abb. 1):

1. Meßdaten von Dauerregistrierungen der Bestandestemperatur im Sproß- und Wurzelraum der *Vaccinieneide* und der *Loiseleuriabeide*. Die Meßwerte wurden im Versuchsgelände auf Lochstreifen registriert und anschließend im Rechenzentrum der Universität Innsbruck auf Magnetplatte gespeichert (A. CERNUSCA, 1975).
2. Temperaturabhängigkeitskurven der Atmungsintensität der einzelnen Organe zu verschiedenen Entwicklungszuständen. Die Faktorenabhängigkeitskurven wurden in Form von Gleichungen im Computer einprogrammiert. Dabei ändern sich die Kurvenparameter entsprechend dem phänologischen Zustand.
3. Biomasseverteilung der einzelnen Arten auf Grund von Meßwerten der Erntemethode (SCHMIDT, 1974). Auch diese Daten sind im Computer gespeichert.

Durch ein spezielles Computerprogramm wurden diese Parameter schrittweise miteinander verknüpft. Zunächst wurde an Hand der Temperaturabhängigkeitskurve der Atmung der, zur entsprechenden Bestandestemperatur gehörende, Atmungswert berechnet. Dieser Atmungswert wurde anschließend mit der Biomasse des jeweiligen Organes multipliziert. Es ergaben sich so für jedes Organ stündliche Atmungsverluste, die schließlich zu Tages-, Monats- und Jahressummen aufsummiert wurden. Wichtig ist, daß bei dieser Berechnung für jedes Organ und zu jedem

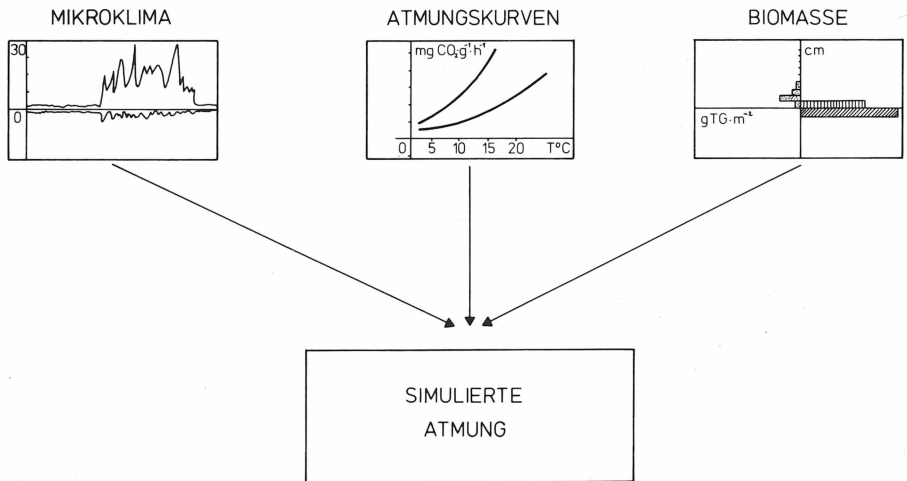


Abb. 1. Schema für die Berechnung der jährlichen Respirationsverluste.

Entwicklungsstadium eine eigene Faktorenabhängigkeitskurve genommen wird, weil sich mit dem Entwicklungsstadium der Pflanze die Steigung des Kurvenverlaufes ändert, und außerdem zwischen den Organen große Unterschiede der Atmungsintensität bestehen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Temperaturabhängigkeit der Atmung

Abb. 2 zeigt Temperaturabhängigkeitskurven der Atmung am Beispiel der Blätter von *Vaccinium myrtillus* während des Austriebes (Juni) und während des Sommers (August). Während des intensiven Sproßwachstums (Austriebsphase) liegt die Atmung hoch. Die Pflanze braucht zusätzlich Energie für den Aufbaustoffwechsel: zur Erhaltungsatmung tritt die Aufbauatmung. Im Spätsommer, nach Abschluß des Triebwachstums und der Laubentfaltung sinken die Atmungswerte. In Abb. 2 werden zusätzlich die  $Q_{10}$ -Werte angegeben, die die Steigung der Atmungskurve charakterisieren.

Auffallend ist, daß sich mit dem Entwicklungsstadium der Pflanzen nicht nur die Atmungsaktivität, sondern auch die Steigung der Atmungskurve, also die Größe der  $Q_{10}$ -Werte ändert.

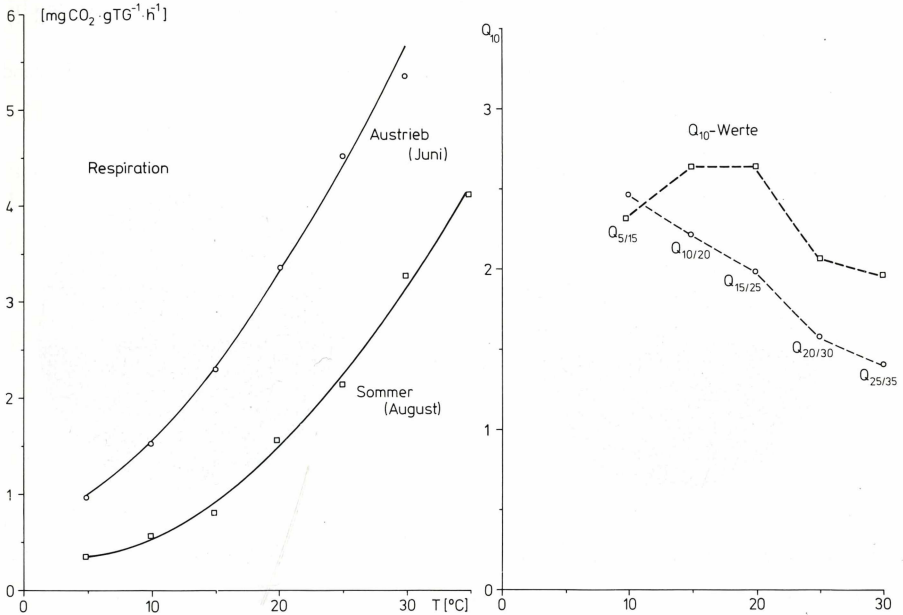


Abb. 2. Temperaturabhängigkeit der Atmung. Blätter von *Vaccinium myrtillus* während des Austriebes (Juni) und während des Sommers (August).

### 3.2. Atmungsverluste, Bruttoprimärproduktion und produktionsökonomischer Koeffizient

Tab. 1 gibt eine Gegenüberstellung der Hochrechnungsergebnisse für die *Vaccinienheide* und die *Loiseleuriabeide*. Die oberirdischen Respirationsverluste der *Vaccinienheide* liegen höher als die der *Loiseleuriabeide*. Dies ist darauf zurückzuführen,

Tabelle 1. Atmungsverluste, Bruttoproduktion und ökonomischer Koeffizient für die *Vaccinienheide* und die *Loiseleuriabeide*.

	Vaccinienheide (1980 m) gTG m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	Loiseleuriabeide (2000 m) gTG m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>
oberirdische Atmungsverluste	1636,95	852,45
oberirdische Nettoproduktion	484,55	316,80
oberirdische Bruttoproduktion	2121,50	1169,25
ÖKp	1,3	1,4
Prozentanteil der Atmung an der Bruttoproduktion	76 %	73 %

daß sich die Biomasse der *Loiseleuriabeide* fast nur aus der immergrünen *Loiseleuria* zusammensetzt, wogegen die Biomasse der *Vaccinienheide* zum Großteil von den sommergrünen Arten *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium uliginosum* aufgebaut wird, die eine wesentlich höhere Atmungsintensität als die immergrünen Arten aufweisen. Der ökonomische Koeffizient der beiden Zwergstrauchbestände ist bezeichnend für reife, nicht expandierende Klimax-Ökosysteme.

Prozentuelle Beteiligung der einzelnen Komponenten an der Gesamtatmung der Bestände

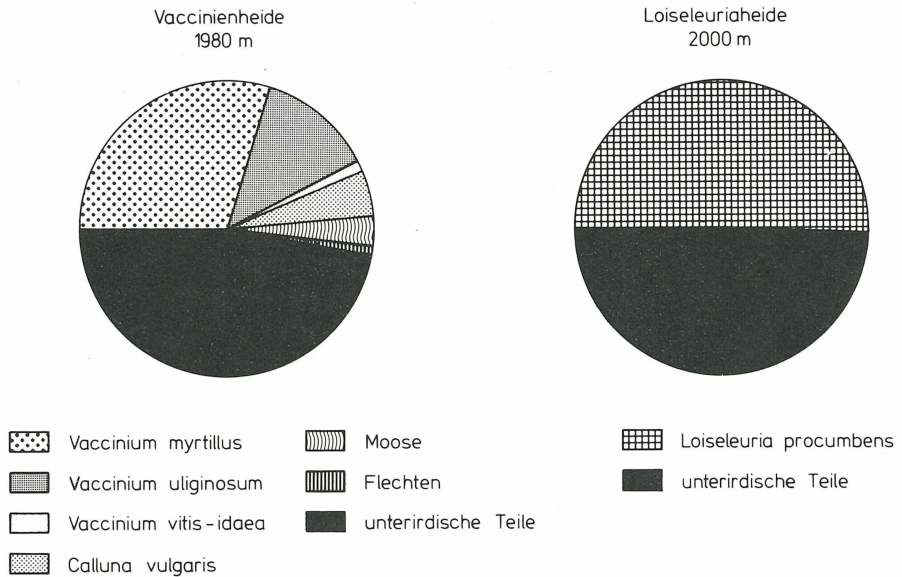


Abb. 3. Prozentuelle Anteile der einzelnen Komponenten an der Gesamtatmung der Bestände.

In Abb. 3 sind die prozentuellen Anteile der einzelnen Bestandeskomponenten an der Gesamtatmung für die *Vaccinienheide* und die *Loiseleuriabeide* graphisch dargestellt. Auffallend ist, daß die Atmungsverluste der unterirdischen Bestandteile ungefähr gleich groß wie die der oberirdischen sind, obwohl die unterirdische Biomasse ca. 2,5 mal größer als die oberirdische ist. Das beruht auf der wesentlich niedrigeren Atmungsintensität der unterirdischen Organe.

#### 4. Diskussion

Die Atmung stellt für den Kohlenstoffhaushalt der untersuchten Zwergstrauchbestände einen großen Verlustposten dar. Diese hohen Respirationsverluste stimmen gut mit Atmungswerten eines *Vaccinium myrtillus* Bestandes in einem Fichtenwald südlich der arktischen Zone (HAVAS 1972) überein. Ähnlich hohe Verluste wie in der Zwergstrauchheide Patscherkofel treten übrigens auch in tropischen Regenwäldern auf. So schätzt KIRA (1964, 1967) den Atmungsverlust eines tropischen Regenwaldes in Süd-Thailand auf 63%, im Chao-Chong-Regenwald auf 80% der P<sub>B</sub>.

Ebenso wie in tropischen Regenwäldern ergeben sich auch in der alpinen Zwergstrauchheide langfristig keine Nettoüberschüsse: Kohlenstoffeinnahmen und -ausgaben spielen sich auf einen Ausgleich ein, so daß die beiden Ökosysteme nicht weiter an Masse zunehmen, im Sinne von ODUM (1972) also protektiv sind. Ähnlich wie in den tropischen Regenwäldern liegt auch in der alpinen Zwergstrauchheide ein geschlossener Stoffkreislauf vor, wobei die gesamte Bruttoproduktion im Kreis verbleibt.

#### LITERATUR

- BOYSEN-JENSEN, P. (1932): Die Stoffproduktion der Pflanze. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- CERNUSCA, A. (1975): Standörtliche Variabilität in Mikroklima und Energiehaushalt alpiner Zwergstrauchbestände. Verh. Ges. Ökologie, Wien, in diesem Band.
- GRABHERR, G. (1974): Beiträge zur Ökophysiologie von *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. Dissertation, Inst. f. Allg. Botanik, Innsbruck.
- HAVAS P. & MÄENPÄÄ, E. (1972): Ecolution of carbon dioxide at the floor of a hylacomium myrtillus type spruce forest. *Aquilo Ser. Bot.* 11: 4–22.
- KIRA T., OGAWA, H., YODA, K. & OGINO, K. (1964): Primary production by a tropical rain forest of Southern Thailand. Repr. from the Botanical Magazine, Tokyo, 428–429.
- KIRA, T., OGAWA, H., YODA, K. & OGINO, K. (1967): Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. IV. Dry matter production with special reference to the Cao-Chong rain forest. *Nature and Life in SE Asia* 5: 149–174.
- ODUM, E.P. (1972): Fundamentals of ecology. W.B. Saundas Company, Philadelphia, London, Toronto.
- SCHMIDT, L. (1974): Stoffproduktion und Energiehaushalt von alpinen Zwergstrauchgesellschaften. Dissertation, Inst. f. Allg. Botanik, Innsbruck.

Anschrift des Verfassers:

Frieda HUBER, Institut für Allgemeine Botanik; Sternwartestraße 15; A-6020 Innsbruck