

Untersuchungen zur Höhengliederung der Moose und der Wasserspeicherung von epiphytischen Moosen entlang eines Transektes durch den Westhang der Vogesen

FRAHM, Jan-Peter¹

RESUME

Le long d'un transect sur le versant ouest des Vosges, entre 500 et 1200 m d'altitude, la bryoflore a été inventoriée par placettes d'un hectare, échelonnées tous les 100 m de dénivelé. Les 8 placettes totalisent 93 espèces. Le plus petit dénombré est de presque 40 pour les placettes des cotes 700 et 1000. D'une façon globale le nombre spécifique croît avec l'altitude, jusqu'à la limite forestière, à partir de laquelle elle chute légèrement. Le rapport hépatiques/«vraies mousses» n'est pas modifié par le gradient altitudinal. Les discontinuités floristiques indiquent un étage sub-montagnard à 500 m, un étage montagnard entre 600 et 1000 m et un niveau montagnard supérieur au-dessus de 1000 m. Cet étagement basé sur la composition spécifique du cortège muscinal est exactement en adéquation avec l'étagement des végétations de plantes supérieures. La phytomasse des bryophytes épiphytes passe de 150 à 500 kg/ha en fonction de l'altitude. La capacité de rétention en eau s'élève de 500 à 2000 l/ha, valeurs semblables à celles relevées en forêts tropicales humides autour de 2 à 3000 m.

ZUSAMMENFASSUNG

Entlang eines Transektes zwischen 500 und 1200 m wurde die Moosflora am Westhang der Vogesen in 100 m Höhenintervallen Probeflächen von 1 ha Größe inventarisiert. Insgesamt wurden auf den 8 untersuchten Flächen 93 Arten gefunden. Am geringsten war die Artenzahl mit 15 Arten in 500 m. Die höchsten Artenzahl mit knapp 40 Arten wurden in 700 und 1000 m gefunden. Generell steigt die Artenzahl mit der Höhe an und fällt zur Waldgrenze wieder leicht ab. Der Anteil von Laub- und Lebermoosen steigt bzw. fällt dabei mehr oder weniger synchron. Eine Höhengliederung basierend auf floristischen Diskontinuitäten ergab eine untere sub-montane Stufe bei 500m, einen montanen Bereich zwischen 600 und 1000 m und einen hochmontanen Bereich oberhalb 1000 m. Diese auf Moose begründete Einteilung stimmt absolut mit der aus Blütenpflanzen abgeleiteten

¹ FRAHM, Jan-Peter, *Le Moulin du Grand Saucis, La Montagne, F 70310 Faucogney – Botanisches Institut der Universität, Meckenheimer Allee 170, D 53115 Bonn*

Vegetationsgliederung überein. Die Phytomasse der epiphytischen Moose variiert je nach Höhe zwischen 150 und 500 kg/ha. Die Wasserspeicherkapazität beträgt zwischen 500 und 2000 l/ha. Im Vergleich zu Bestimmungen der Phytomasse und Wasserspeicherkapazität von epiphytischen Moosen in tropischen Regenwäldern ergeben sich in den Vogesen ähnliche Werte wie in den Tropen in Höhen von 2-3000 m.

Einleitung

Moose sind in besonderem Maße als ökologische Zeigerarten bekannt. Aus diesem Grunde ist ihre ökologische Rolle speziell in tropischen Regenwäldern untersucht worden. So wurden während der Geländearbeiten zum BRYOTROP-Projekt entlang von Höhen transekten vom Tiefland bis zur Waldgrenze in Peru, Zaire und Borneo die Phytomasse der epiphytischen Moose und ihre Wasserspeicherkapazität, die Artenzahlen und die floristische Höhengliederung bestimmt (Frahm 1987, 1990b, 1994). Leider existieren keine Vergleichsdaten für Wälder der gemäßigten Breiten. Dabei wären insbesondere folgende Punkte von Interesse:

- Wieweit können die Moose erfolgreich zur Höhengliederung in Gebirgen herangezogen werden? Moose nehmen Wasser und Nährstoffe über die Oberfläche der Pflanzen auf und reagieren damit weitaus stärker als Blütenpflanzen oder Farne auf atmosphärische Einflüsse, und zwar ganzjährig. Sie sind damit hervorragende Klima- bzw. Mikroklimaindikatoren.
- In wieweit existieren Übereinstimmungen in der Moosbedeckung tropischer und temperater Regenwälder und normalen temperaten Wäldern? Gibt es bei allen Grundcharakteristika bei der Abhängigkeit der Artenzahlen, der Bedeckung, der Phytomasse oder der Wasserspeicherkapazität in Abhängigkeit von der Höhe? Verlaufen höhenabhängige Kurven dieser Faktoren generell ähnlich oder werden sie von den unterschiedlichen Vegetationstypen bestimmt?

Als Vergleichsparameter kommen in Frage:

- Die Gesamtartenzahl.
- Das Verhältnis Laub- Lebermoose. Lebermoose sind in der Regel hygrophytischer als Laubmoose und weniger austrocknungstolerant. Der Laub : Lebermoosindex kann deshalb mit Erfolg zur Charakterisierung der Standortfeuchte und der Ozeanität benutzt werden. Das gilt sowohl für Europa als auch tropische und temperate Regenwälder.
- Die Höhenstufung der Arten.
- Die Bedeckung der Moose auf unterschiedlichen Substraten wie Erde/morsches Holz, Gestein und an Baumstämmen.
- Phytomasse und Wasserspeicherkapazität. Moose können ein Mehrfaches ihres Trockengewichtes an Wasser speichern. Durch Speicherung eines Teils der Niederschläge regulieren sie den Wasserabfluß in den Gebirgen. Durch langsame Abgabe des Wassers an den Boden speisen Moose das Grundwasser und durch Verdunstung von Wasserdampf an die Atmosphäre schaffen sie ein luftfeuchtes Kleinklima. Es wäre insbesondere wichtig zu wissen, wie hoch die Phytomasse der Moose, speziell der epiphytischen, in verschiedenen Höhen im Gebirge in den Wäldern ist, und wieviel Regenwasser von den Moosen gespeichert wird.

Um erste Antworten auf diese Fragen zu bekommen, die uns Auskunft über die Ökologie der Moose in Gebirgswäldern Mitteleuropas geben, und zur ansatzweisen Klärung der

damit verbundenen Fragen, wurde durch Studenten der Universität Bonn ein Transekt am Westhang der Vogesen zwischen 500 und 1200 m Höhe untersucht. Die Geländearbeiten wurden unter Leitung des Verfassers im Zeitraum von 21.-26.9.1998 von Volker Buchbender, Claudia Dilg, Isabelle Franzen, Claudia Lindenberg, Kai Roos und Eva Westhoff durchgeführt und die Daten anschließend ausgewertet.

Lage und Beschreibung des untersuchten Transekts.

Im Abstand von 100 Höhenmetern wurden 8 möglichst homogene Waldflächen von ungefähr einem Hektar Größe ausgewählt, überwiegend in Westexposition.

500m: Faucogney, W-exponierter Hang über Hornstein mit Traubeneichenwald von 10-15 m Höhe, vermutlich früher in Niederwaldwirtschaft genutzt. Kronenschluß 40%. Eine zu beobachtende Buchen-Tannenverjüngung deutet auf einen potentiell natürlichen Buchen-Tannenwald. Moosbedeckung auf Erde 15%, an Baumstämmen 15%.

600m: blockreicher W-expon. Hang an der Straße La Montagne - Le Val d' Ajol oberhalb Hamanxard, Mischwald aus Traubeneichen, Rotbuchen und Bergahorn. Kronenschluß 76%, Moosbedeckung auf Steinblöcken 40%, am Baumstämmen 50%

700m: NE-expon. steiler Hang im Moseltal bei Maxonchamp mit einem relativ lichten Tannen-Buchen-Bergahornwald von etwa 30-35m Höhe. Kronenschluß 50%, Moosbedeckung an Baumstämmen 40%.

800m: Buchen-Tannenwald an der Straße St. Maurice – Ballon d'Alsace. Baumhöhe bis 35 m. Kronenschluß 75%, Moosbedeckung auf Erde und Gestein 10%, an Baumstämmen 20%.

900m: Lac de Corbeaux, NW-exponierter Buchen-Tannenwald auf einer Blockschutthalde an einem Karhang. Kronenschluß 65%. Moosbedeckung auf Erde und Gestein 55%. Die Epiphytenbedeckung liegt bei 15-20%, der Kronenschluß bei 70%.

1000m: Lac de Blanchemer, NNW exponierter Hang mit Buchen-Tannenwald vor, in dem die Tannen zahlenmäßig stark unterlegen sind. An mehr westexponierten Stellen des Hanges wächst Ahorn. An Stellen, die wahrscheinlich unter lokalem Kaltlufteinfluß stehen treten auch Fichten auf. Die Moosbedeckung am Boden beträgt 15%, die Bedeckung mit epiphytischen Moosen ebenfalls 15%.

1100m: Ballon d'Alsace, W-exponierter Buchenwaldhang mit Bergahornen unterhalb der Straße, ca. 20 m hoch. Kronenschluß 65%, Moosbedeckung auf Erde und Gestein 30%, an Baumstämmen 25%.

1200m: Wald S des Tanneckhochmoors. Buchenwald von ca. 12 m Höhe mit eingestreuten *Picea abies* und *Sorbus aucuparia*. Moosbedeckung am Boden 5%, an Stämmen 25%.

Untersuchungsmethoden

In jeder Höhe entlang des Transektes wurde eine ca. ein Hektar große, homogene Fläche inventarisiert. Alle vorkommenden Arten wurden notiert sowie ihr Vorkommen

auf Erde oder morschem Holz, Gestein oder Borke. Notiert wurde ferner die Gesamtbedeckung der Moose auf Erde und Gestein bzw. an Bäumen. Zur Ermittlung der Phytomasse epiphytischer Moose wurden die Moose auf einer einen halben bzw. einen Quadratmeter messenden Stammfläche in ca. 150 cm Höhe rings um den Baum entfernt, getrocknet und gewogen. Zur Schätzung der Phytomasse pro Hektar wurde auf einer Fläche von ca. 10 x 20 m (mit in der Regel 12 Bäumen) das Vielfache dieser Quadratmeterfläche bestimmt. Dadurch wird auch der unterschiedliche Bewuchs an verschiedenen Bäumen berücksichtigt. Dieser Wert wurde dann auf einen Hektar hochgerechnet. Beide Methoden sind nicht besonders exakt. Die Wägungsmethode scheint genau zu sein, ist es aber nicht, da kaum eine repräsentative Fläche von 1m² zu finden ist, weil die einzelnen Bäume unterschiedlich bewachsen sind. Andererseits ist auch die Schätzmethode von größeren Flächen mit Ungenauigkeiten behaftet, gibt aber eine ungefähre Vorstellung von der Größenordnung der Phytomasse, auch wenn die Fehlerrate vielleicht bei bis zu 30% liegen kann. Zur Ermittlung der Wasserspeicherkapazität wurde die auf 1m² entfernte Phytomasseprobe in Wasser eingeweicht, überschüssiges Wasser durch vorsichtiges Ausschütteln entfernt und wieder gewogen.

Auswertung und Ergebnisse

1. Artenzusammensetzung

Die auf den einzelnen Untersuchungsflächen gefundenen Arten sind in Tab. 1 zusammengestellt. Diese Liste ist Grundlage der folgenden Auswertungen.

	500 m	600 m	700 m	800 m	900 m	1000 m	1100 m	1200 m
<i>Amblystegiella subtilis</i>								1
<i>Andreaea rothii</i>							1	
<i>Andreaea rupestris</i>	1				1			
<i>Antitrichia curtipendula</i>		1	1	1	1	1		1
<i>Atrichum undulatum</i>			1	1		1		1
<i>Bazzania flaccida</i>						1		
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>					1		1	
<i>Brachydontium trichodes</i>			1					
<i>Brachythecium populeum</i>			1			1		
<i>Brachythecium reflexum</i>					1			1
<i>Brachythecium rutabulum</i>		1			1		1	
<i>Bryum capillare</i>								1
<i>Bryum flaccidum</i>								1
<i>Calypogeia muelleriana</i>						1		
<i>Campylopus flexuosus</i>	1							
<i>Cirriphyllum germanicum</i>					1			
<i>Ctenidium molluscum</i>						1		
<i>Cynodontium polycarpum</i>							1	
<i>Dicranella heteromalla</i>			1				1	1
<i>Dicranodontium denudatum</i>		1	1		1	1	1	

	500 m	600 m	700 m	800 m	900 m	1000 m	1100 m	1200 m
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	1							
<i>Dicranum fulvum</i>		1						
<i>Dicranum scoparium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Diplophyllum albicans</i>	1		1				1	
<i>Drepanocladus uncinatus</i>								1
<i>Eurhynchium angustirete</i>						1		
<i>Eurhynchium praelongum</i>		1						
<i>Eurhynchium striatum</i>		1						
<i>Frullania dilatata</i>		1	1		1			1
<i>Frullania fragilitifolia</i>	1							
<i>Frullania tamarisci</i>	1			1		1		
<i>Grimmia hartmanii</i>		1	1	1	1	1	1	
<i>Heterocladium heteropterum</i>		1	1		1			
<i>Homalia trichomanoides</i>		1						
<i>Homalothecium sericeum</i>						1		
<i>Hylocomnium splendens</i>		1	1		1	1		
<i>Hylocomnium umbratum</i>					1			
<i>Hypnum cupressiforme</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Hypnum mamillatum</i>		1						
<i>Hypnum pallescens</i> var. <i>reptile</i>								1
<i>Isopterygium elegans</i>		1						1
<i>Isothecium alopecuroides</i>		1	1	1	1			1
<i>Isothecium myosuroides</i>			1					
<i>Jamesoniella autumnalis</i>		1						1
<i>Jungermannia spec.</i>			1					
<i>Lejeunea cavifolia</i>		1						
<i>Lepidozia reptans</i>					1	1	1	1
<i>Leucobryum glaucum</i>	1							
<i>Leucodon sciuroides</i>								1
<i>Lophocolea heterophylla</i>					1	1	1	1
<i>Lophozia sudetica</i>							1	
<i>Lophozia ventricosa</i>						1		
<i>Metzgeria furcata</i>		1	1	1	1	1		1
<i>Microlejeunea ulicina</i>	1		1					
<i>Mnium affine</i>		1	1					
<i>Mnium hornum</i>		1						
<i>Nowellia curvifolia</i>						1		
<i>Orthotrichum lyellii</i>		1		1				1
<i>Orthotrichum spec.</i>			1			1		
<i>Orthotrichum pallens</i>						1		1
<i>Oxystegium cylindricus</i>		1						
<i>Paraleucobryum longifolium</i>			1	1	1	1		1

	500 m	600 m	700 m	800 m	900 m	1000 m	1100 m	1200 m
<i>Pellia epiphylla</i>						1		
<i>Plagiochila</i> por./asp.			1		1	1		1
<i>Plagiomnium undulatum</i>					1	1		
<i>Plagiothecium curvifolium</i>								1
<i>Plagiothecium ruthi</i>					1?	1?		
<i>Pleurozium schreberi</i>	1							
<i>Pogonatum aloides</i>			1	1	1			
<i>Pohlia nutans</i>							1	
<i>Polytrichum formosum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Porella platyphylla</i>		1				1		
<i>Pterigynandrum filiforme</i>			1		1	1		1
<i>Ptilidium ciliare</i>								1
<i>Racomitrium aciculare</i>			1					
<i>Racomitrium aquaticum</i>			1		1	1		
<i>Racomitrium heterostichum</i>							1	
<i>Radula complanata</i>		1	1	1	1	1		1
<i>Rhizomnium punctatum</i>		1	1		1	1		1
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>		1	1	1	1	1	1	1
<i>Riccardia incurvata</i>						1		
<i>Riccardia palmata</i>							1	
<i>Scapania nemorea</i>		1	1		1			1
<i>Scapania umbrosa</i>						1		
<i>Scapania undulata</i>			1					
<i>Sharpiella seligeri</i>								1
<i>Tetraphis pellucida</i>	1						1	
<i>Thuidium delicatulum</i>		1						
<i>Thuidium tamariscinum</i>		1	1	1	1	1		
<i>Tortella tortuosa</i>						1		
<i>Ulota bruchii</i>	1	1	1	1	1	1		1
<i>Ulota crispa</i>	1		1		1			
<i>Zygodon dentatus</i>								1
<i>Zygodon viridissimus</i>			1					

Tab. 1: Übersicht der entlang des Transektes gefundenen Moosarten.

2. Höhengliederung

a. Gesamtartenzahlen (Abb. 1)

Die Artenzahlen pro Hektar auf allen Substraten (Erde, Fels, Borke) sind in 500 m mit 15 Arten am niedrigsten. Sie steigen im montanen Bereich zwischen 600 und 1000 m auf knapp 40, um bei 1200 m wieder leicht auf 33 abzusinken. Dabei verlaufen die Kurven von Laub- und Lebermoosen in etwa synchron. Lebermoos-Maxima ergeben sich in 700 und 1000 m; sie tragen dort zu einer Steigerung der Gesamtartenzahl bei.

Generell können erhöhte Lebermooszahlen als Zeiger für ein feuchteres Bestandsklima gewertet werden.

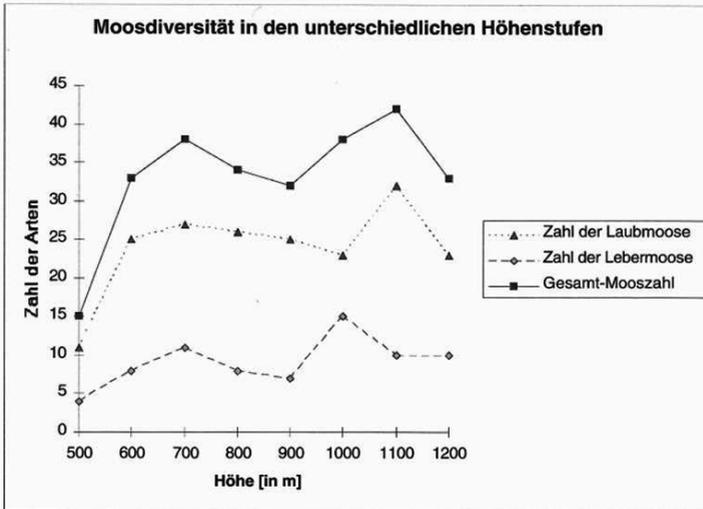


Abb. 1: Artenzahlen der Moose pro Hektarplot entlang des Transektes

Der Laub-Lebermoosindex beträgt in den einzelnen Höhen:

500m:	2,75
600m:	6,5
700m:	2,45
800m:	3,25
900m:	3,57
1000m:	1,5
1100m:	3,2
1200m:	2,3

Das bedeutet, dass in der Regel die 2,3 bis 3,5fache Zahl von Laubmoosen als von Lebermoosen vorhanden ist. Nur bei 1000m und 600m ergaben sich unter- bzw. überdurchschnittliche Werte.

b. Ermittlung der floristischen Diskontinuitäten (Abb. 2)

Diese Methode basiert auf einer Zählung aller Arten, die in jeder Höhe ihre Ober- bzw. Untergrenze haben. Bei Vorliegen hoher Artenzahlen kann man davon ausgehen, daß an dieser Stelle ein floristischer Wechsel von Arten stattfindet, welcher eine Änderung der Höhenstufe bedeutet.

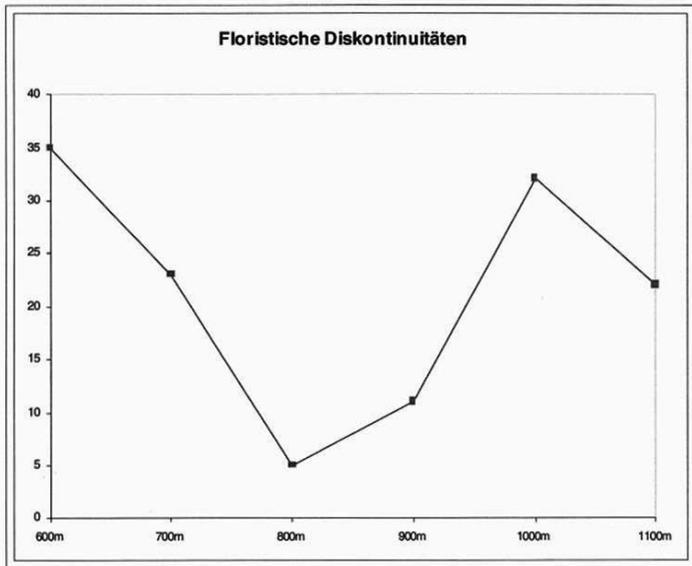


Abb. 2: Floristische Diskontinuitäten entlang des Transektes

Die geringsten floristischen Diskontinuitäten lagen bei 800m und 900m vor, die höchsten bei 600m und 1000m. Mehr als 30 Arten haben bei 600m und 1000m ihre Ober- bzw. Obergrenze. Daraus ergibt sich folgende auf die Moosflora basierende Höhengliederung:

$$< 600\text{m} - 600 - 1000\text{m}, > 1000\text{m}$$

Diese Gliederung stimmt auffällig mit der auf Blütenpflanzen basierenden Vegetationsgliederung in einen submontanen Bereich (bis 500m), einen montanen Bereich (500-1000m) und einen hochmontanen Bereich (oberhalb 1000m) überein (Issler 1942).

c. Clusteranalyse

Clusteranalysen zeigen die floristische Verwandtschaft der einzelnen untersuchten Probestellen untereinander in Form eines Dendrogramms an. Die Daten aus Tab. 1 wurden dazu mit dem Clusteranalysenmodul des Programms STATISTICA verrechnet. Dazu wurde entsprechend der 0/1 Kodierung der Tabelle die Euklidische Distanz als Rechenalgorithmus gewählt. Die Darstellung der floristischen Verwandtschaft/Nichtverwandtschaft der einzelnen Transektflächen führten bei der Gesamtliste zu keinem befriedigendem Ergebnis. Am geeignetsten erwiesen sich die epiphytischen Arten alleine. Dabei ergab sich eine ähnliche Höhengliederung wie bei der Methode der floristischen Diskontinuitäten, die eine Trennung des submontanen Bereiches (500m) vom montanen Bereich (600-1000m) illustriert.

3. Phytomasse und Wasserspeicherkapazität

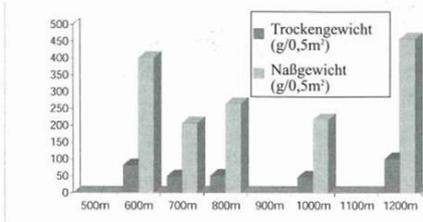


Abb. 3 : Phytomasse epiphytischer Moose (g/0,5m²) entlang des untersuchten Transektes

Die Phytomasse epiphytischer Moose (Abb. 3) erreicht in mittleren Lagen etwa 50g/0,5m², sie liegt in luftfeuchten Standorten (wie dem Bacheinschnitt bei 600m) mit 80g/m² deutlich darüber und erreicht ein Maximum vor der Waldgrenze bei 1200m mit Werten über 200g/m². Das Naßgewicht variiert dementsprechend. Die Wasserspeicherkapazität der Moose beträgt im Schnitt das 4-5fache des Trockengewichtes.

Die untersuchten Flächen von 0,5 m² sind nicht repräsentativ für die gesamte Probeffläche, da die Bäume unterschiedlich stark mit epiphytischen Moosen bewachsen sind. So waren z.B. die Baumstämme in 600 m Höhe gleichmäßig mit Überzügen von *Hypnum mammillatum* bewachsen, was zu einer starken Erhöhung der Werte pro Hektar führte, wohingegen in anderen Höhenlagen die Baumstämme nur partiell bewachsen sind. Das führt dazu, daß in 1200m zwar die höchsten Werte epiphytischer Moose auf 0,5m² festgestellt wurden, die Phytomasse pro Hektar aber am niedrigsten ist.

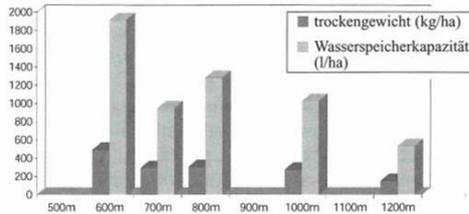


Abb. 4 : Trockengewicht und Wasserspeicherkapazität epiphytischer Moose pro Hektar

Bei den Werten pro Hektar (Abb. 4) ergibt sich ein deutlicher Abfall der Trockenmasse epiphytischer Moose von fast 500kg bis auf 150kg zur Waldgrenze hin. Auch wenn diese Werte auf geschätzte Hochrechnungen der Wägungen von 0,5m² großen Flächen sind und sicher nicht absolut richtig sind, so ergeben sie doch eine Vorstellung von der Dimension der epiphytischen Moosmengen von 3-10 Zentnern Trockengewicht epiphytischer Moose pro Hektar.

Der Wasserspeicherkapazität von der 4-5fachen Menge des Trockengewichtes entsprechend werden in den Vogesen zwischen 500 und 2000 l Wasser pro Hektar durch epiphytische Moose gespeichert.

Vergleich mit tropischen Regenwäldern

Die Phytomasse epiphytischer Moose wurde erst an wenigen Stellen in den Tropen gemessen, u.a. mit der hier in den Vogesen angewandten Methodik während des deutschen BRYOTROP Projektes in Peru (Frahm 1987), Borneo (Frahm 1990a) und Zaire/Rwanda (Frahm 1994).

In Peru wurden entlang eines Transektes vom Amazonastiefland bis zur Waldgrenze der östlichen Anden in Höhen an Baumstämmen zwischen 200m und 900m 5-6g Trockengewicht auf $0,5 \text{ m}^2$ gefunden. Diese Werte stiegen bis zur Waldgrenze auf $70\text{g}/0,5\text{m}^2$ an, wobei sie stark wechselten, weil in bestimmten Wolkenkondensationsniveaus höhere Werte erreicht wurden. Werte von $50\text{-}100\text{g}/0,5\text{m}^2$ wie in den mittleren Lagen der Vogesen finden sich im Peru-Transekt erst an der Waldgrenze (Frahm 1987). Am Mt. Kinabalu in Borneo wurden insgesamt höhere Werte als in Peru ermittelt. Sie betragen bis 1700 m Höhe zwischen 3 und $50\text{g}/0,5\text{m}^2$, hatten bei 2100m ein Maximum von 440g und fielen zur Waldgrenze auf $220 \text{ g}/0,5\text{m}^2$ (Frahm 1990a). In Zaire wurden Werte von $14\text{-}70 \text{ g}/0,5\text{m}^2$ in Höhen zwischen 900m und 2700m ermittelt sowie ein plötzlicher Anstieg auf 600g an der Waldgrenze in 3100m (Frahm 1994).

Im Vergleich mit den Vogesen bedeutet dies, daß die Werte im tropischen Tiefland deutlich niedriger liegen als in den mitteleuropäischen Gebirgen. Der Grund dafür ist ein ökophysiologischer: Die Kombination von hohen Temperaturen mit niedrigen Beleuchtungsstärken hat experimentell in Gasstoffwechselversuchen zu starken Atmungsverlusten geführt (Frahm 1990b). Hingegen sind die Werte der epiphytischen Moose auf $0,5\text{m}^2$ Stammfläche bezogen im tropisch-montanen und temperat-montanen Bereich durchaus vergleichbar! Die im Vogesentranspekt zwischen 600 und 1200 m ermittelten Werte sind im Peru- und Zaire-Transekt niedriger, in Borneo ähnlich und nur in Nebelwaldzonen höher.

Da die Bäume in den Tropen viel gleichmäßiger stark epiphytenbewachsen sind und auch die Kronenregion viel mehr mit Moosen bewachsen ist, wohingegen viele Bäume in Mitteleuropa wenig oder sogar gar keine Epiphyten tragen, fallen die auf den Hektar bezogenen Schätzungen anders aus. Vergleichsdaten auf den Hektar bezogen liegen aus Peru nicht vor. In Borneo lagen die Werte zwischen 1 kg/ha auf Meereshöhe und 1320 kg an der Waldgrenze bei 3400 m mit Werten unter 20 kg unterhalb 2000 m und Werten zwischen 125 und 440 kg zwischen 2000 und 3000 m. Das sind in etwa die auch in den Vogesen festgestellten Werte. In Zaire betrug das Gewicht der epiphytischen Moose $20 \text{ kg}/\text{ha}$ in 900 m, stieg bis auf 44kg in 1900m an, um dann wieder zwischen 2000m und 2900m von 199 auf 600kg zu steigen und ein Maximum von 6 Tonnen/ha an der Waldgrenze zu erreichen. Dabei ergaben sich - ebenfalls wieder wie in den Vogesen - topographisch bedingte Unterschiede in Flußtälern und auf Bergrücken. Generell sind also die Werte im Vogesentranspekt zwischen 600m und 1200m ähnlich wie in tropischen Regenwäldern zwischen 2000m und 3000m. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings darin, daß die Werte in den Vogesen zur Waldgrenze hin abfallen, in den Tropen aber ansteigen. Grund dafür ist, daß die Abnahme der Höhe der Bäume in den Vogesen zur Erniedrigung der Hektarwerte führt, wohingegen dieser Effekt an der tropischen Waldgrenze durch eine extreme Epiphytenzunahme überkompensiert wird. Der Grund für die erstaunliche Übereinstimmung der Phytomassewerte epiphytischer Moose in den Tropen und den Vogesen könnte in ähnlichen Feuchtigkeitsverhältnissen liegen. Leider liegen aus den Tropentraxekten keine

meteorologischen Daten vor. Schätzungen, die auf physiognomischen Vergleichen mit anderen Wäldern beruhen, von denen man meteorologische Daten hat, bewegen sich in Zaire zwischen 2000 mm bei 2200 m und 4000 m an der Waldgrenze bei 3300 m. Die Niederschläge in den Vogesen im untersuchten Transekt liegen zwischen 1500 und 2000 mm. Berücksichtigt man die höhere Temperatur in den Tropen, die zu einer höheren Verdunstung führt, haben wir in etwa wiederum vergleichbare Verhältnisse.

Bereits Pócs (1980) stellte für Tanzania einen Bezug zwischen der Menge epiphytischer Moose und dem Niederschlag her. Danach war die Menge der epiphytischen Moose proportional der 100mm übersteigenden Niederschläge.

Die Wasserspeicherkapazität der epiphytischen Moose ist proportional zum Trockengewicht und beträgt auch in den Tropen das 3-5fache. Die Werte betragen in Zaire 130 - 2000 l/ha in Höhen zwischen 2000 und 3000 m und sind wiederum den in den Vogesen ermittelten Werten von 500 - 2000 l/ha vergleichbar.

BIBLIOGRAPHIE

- FRAHM, J.-P., 1987, Ökologische Studien über die epiphytische Moosvegetation in Regenwäldern NO-Perus. Beih. Nova Hedwigia 88: 143-158.
- FRAHM, J.-P., 1990a, The ecology of epiphytic bryophytes on Mt. Kinabalu, Sabah (Malaysia). Nova Hedwigia 51: 121-132.
- FRAHM, J.-P. 1990b, The effect of light and temperature on the growth of the bryophytes of tropical rain forests. Nova Hedwigia 51: 151-164.
- FRAHM, J.-P., 1994, Scientific results of the BRYOTROP Expedition to Zaire and Rwanda 1. The ecology of epiphytic bryophytes on Mt. Kahuzi (Zaire). Tropical Bryology 9: 137-152.
- ISSLER, E. 1942. Vegetationskunde der Vogesen. Pflanzensoziologie (Jena) Bd. 5., 192 S.
- POCS, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). Acta Bot. Acad. Sci. Hungaricae 26: 143-167.