

# Die Lampen-Moosflora der Beatushöhle und deren Vergleich mit anderen europäischen Höhlen

VON R. BERNASCONI<sup>1)</sup>

## 1. Frühere Arbeiten über die Lampen-Moosflora der Beatushöhle

Der Raum um elektrische Glühlampen in Schauhöhlen stellt einen besonderen Biotop für eine spezielle Florula dar (Vogellehner 1963b). Bereits 1904 wurde die Beatushöhle am Thunersee mit elektrischer Beleuchtung ausgerüstet (Stammler 1904), und 1924 berichtet Lüdy als erster über ihre Lampen-Florula, wobei er eine Farnart, eine Algenart sowie 8 Moosarten erwähnt. Es sind dies: *Bryum* sp.; *Encalypta contorta* Wulf.; *Eurynchium schwartzii* Turn. f. *schistostegoides* Gams; *Fissidens decipiens* DeNot; *Hymenosytilium carvirostre* Ehrh.; *Isoetes-rygium depressum* Br. f. *cavernarum* Gams; *Tortella tortuosa* L. f. *tenuis*; *Tortula muralis* L. (Lüdy 1904; Morton, Gams 1925).

Die anatomischen Veränderungen dieser Höhlenmoose der Beatushöhle untersuchte Elise Hofmann (in: Morton 1927); sie fand dabei regelmäßige Reduktion der Beblätterung, der Blattzähne, des assimilierenden Gewebes, ferner eine Verlängerung des Stämmchens; dies alles wurde als Ökonomieprinzip gedeutet. Im folgenden sind diese Untersuchungen an 5 Beatushöhlenmoosen tabellarisch zusammengestellt und mit Normalformen verglichen.

Tabelle 1

Anatomische Veränderungen der Beatushöhlenmoose

| Art                    | Stämmchen-<br>querschnitt | Länge $\times$ Breite<br>der Epidermiszellen | Blattdicke | Rippendicke |
|------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|------------|-------------|
|                        | $\mu$                     | $\mu$                                        | $\mu$      | $\mu$       |
| <i>Tortula muralis</i> |                           |                                              |            |             |
| Höhlenform             | 49                        | 19 $\times$ 9,8                              | 29         | 66          |
| Normalform             | 52                        | 33 $\times$ 16,9                             | 32         | 70          |

<sup>1)</sup> Société Suisse de Spéléologie, Bern, Mergartenstr. 13, Suisse.

Tabelle 1 (Fortsetzung)

| Art                                                     | Stämmchen-<br>querschnitt | Länge × Breite<br>der Epidermiszellen | Blattdicke | Rippendicke |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------|-------------|
|                                                         | µ                         | µ                                     | µ          | µ           |
| <i>Tortella tortuosa</i>                                |                           |                                       |            |             |
| Höhlenform                                              | 166                       | 33 × 9,8                              | 11         | 33          |
| Normalform                                              | 166                       | 49 × 8,6                              | 16         | 83          |
| <i>Encalypta contorta</i>                               |                           |                                       |            |             |
| Höhlenform                                              | 247                       | 33 × 16,0                             | 23         | 71          |
| Normalform                                              | 249                       | 33 × 13,8                             | 24         | 61          |
| <i>Eurynchium schwartzii</i> f. <i>schistostegoides</i> |                           |                                       |            |             |
| Höhlenform                                              | 132                       | 74 × 16,0                             | 16         | 43          |
| Normalform                                              | 265                       | 91 × 8,0                              | 9          | 41          |
| <i>Isopterygium depressum</i>                           |                           |                                       |            |             |
| Höhlenform                                              | 182                       | 66 × 6,0                              | 13         | 13          |
| Normalform                                              | 265                       | 96 × 16,0                             | 16         | 16          |

## 2. Eigene Untersuchungen

### 2.1. Die untersuchten Fundorte

Der touristisch ausgebaute Teil der Beatushöhle beträgt etwa 700 m und ist mit zahlreichen Lampen und Scheinwerfern ausgerüstet. Nicht jede Lampenumgebung besitzt eine gleichreiche Florula, einige weisen nur eine spärliche Algenflorula auf. Man beschränkte sich schließlich auf folgende 8 Fundorte, die besonders interessante oder reichhaltige Moosrasen aufwiesen. Von jedem Fundort bestimmte man die Temperatur, die relative Feuchtigkeit und die Beleuchtungsstärke. Zur Messung der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit benützte man ein Psychrometer, zur Messung der Beleuchtungsstärke ein Luxmeter. Die Werte beziehen sich auf das Zentrum des Rasens.

Tabelle 2

Die untersuchten Fundorte

|                          | Entfernung vom<br>Eingang | Lampe | Temperatur | Relative<br>Feuchtigkei-<br>t | Beleuch-<br>tungs-<br>stärke |
|--------------------------|---------------------------|-------|------------|-------------------------------|------------------------------|
|                          | m                         | W     | °C         | %                             | (Lux)                        |
| Erste Quelle             | 60                        | 200   | 9,6        | 92                            | 1100                         |
| Unterhalb steiler Treppe | 175                       | 100   | 9,0        | 94                            | 400                          |
| Beim alten Schalter      | 195                       | 60    | 10,2       | 95                            | 360                          |
| Drei Schwestern (Gang)   | 255                       | 60    | 10,2       | 95                            | 80-120                       |
| Drei Schwestern (See)    | 260                       | 200   | 10,2       | 95                            | 1100                         |
| Schlangengrotte          | 675                       | 150   | 11,8       | 87                            | < 20-80                      |
| Hexenkessel              | 680                       | 150   | 9,0        | 93                            | 5000                         |
| Hades (Elephanten)       | 685                       | 60    | 9,0        | 93                            | 7000                         |

## 2.2. Die Moosflorula

Die gesammelten Moose gelangten im frischen Zustand zur Bestimmung. Diese verdanke ich Herrn Dr. Ochsner, Muri AG.

Tabelle 3  
Die gesammelten Moose

| Fundort                  | Art                                                                                                                                                     |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erste Quelle             | <i>Fissidens taxifolius</i> f. <i>cavernarum</i>                                                                                                        |
| Unterhalb steiler Treppe | <i>Brachytecium salebrosum</i><br><i>Eurynchium rusciforme</i><br><i>Eucadium verticillatum</i>                                                         |
| Beim alten Schalter      | <i>Tortella tortuosa</i>                                                                                                                                |
| Drei Schwestern (Gang)   | <i>Eucadium verticillatum</i> f. <i>cavernarum</i><br><i>Eucadium verticillatum</i> f. <i>tenuis</i>                                                    |
| Drei Schwestern (See)    | <i>Pohlia cruda</i><br><i>Pellia epiphylla</i>                                                                                                          |
| Schlangengrotte          | <i>Amblystegium juratzkanum</i><br><i>Cratoneurum commutatum</i> f. <i>tenuis</i><br><i>Eurynchium praelongum</i> f. <i>cavernarum</i>                  |
| Hexenkessel              | <i>Eurynchium praelongum</i> typ.<br><i>Bryum capillare</i><br><i>Rhynchostegium murale</i><br><i>Mniobrium albicans</i><br><i>Fissidens taxifolius</i> |
| Hades (Elephanten)       | <i>Eurynchium praelongum</i> typ.<br><i>Cratoneurum commutatum</i> f. <i>cavernarum</i>                                                                 |

## 2.3. Einfluß des Höhlenklimas auf die Moosflorula

## 2.3.1. Licht

Das Lichtbedürfnis der Höhlenmoose ist meistens sehr gering (Morton, Gams 1925). Nach neueren Messungen (Vogellehner 1963a) dürfte eine Beleuchtungsstärke von 40 Lux die unterste Grenze für Moose sein; darunter wachsen nur noch Algen. Dieser Wert gilt z.B. für *Fissidens taxifolius*; bei anderen Arten (*Eurynchium schwartzii*, *Cratoneurum commutatum*) liegt sie bei 400 Lux. Vergleiche der Lichtmengen, welche den Moosen zur Verfügung stehen, zeigen zwischen einem extrem schattigen Außenstandort und einem optimalen Höhlenstandort praktisch keinen Unterschied: für *Fissidens taxifolius* wurden somit an diesen beiden Standorten rund 5 Kiloluxstunden gefunden. Die Beleuchtungsstärke um die Lampen nimmt mit zunehmender Entfernung von der Lampe nach folgendem Gesetz rasch ab:

$$\text{Beleuchtungsstärke (Lux)} = \frac{\text{Lichtstärke (Lumen)}}{\text{Quadrat des Abstandes (m}^2\text{)}}$$

Die Lichtabnahme bewirkt entweder rhizoides Wachstum oder Umwandlung zu Höhlenformen und schließlich das totale Einstellen des Wachstums.

Der Bestand von *Pohlia cruda* weist z.B. nahe der Lampe einen grünen Gürtel, bei größerer Entfernung einen rhizoiden braunen Gürtel auf. Es wurden folgende Werte gemessen:

Tabelle 4  
Der Moosbestand von *Pohlia cruda*

| Aussehen des Rasens                                    | Entfernung<br>von der Lampe<br>cm | Beleuchtungs-<br>stärke<br>(Lux) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Beginn des grünen Rasens                               | 20                                | 3400                             |
| Ende des grünen Rasens,<br>Beginn des rhizoiden Rasens | 50                                | 1800                             |
| Ende des rhizoiden Rasens                              | 150                               | 140                              |

Bei anderen Arten bilden sich bei abnehmender Beleuchtungsstärke Schatten- und schließlich Höhlenformen (Scialo- und Kryptomorphosen). So soll z.B. *Isopterygium depressum* bei  $1/200$  bis  $1/300$  der Tageslichtintensität in seine f. *cavernarum* übergehen (Morton, Gams 1925).

Bei 3 Moosarten fanden wir folgende Reduzierungen:

Tabelle 5  
Höhlenformen und Beleuchtungsstärken bei 3 Moosarten

| Moosart                                             | Beleuchtungs-<br>stärke<br>(Lux) | Fundort                  |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| <i>Eurynchium praelongum</i> f. typ.                | 7000                             | Hades                    |
|                                                     | 5000                             | Hexenkessel              |
| <i>Eurynchium praelongum</i> f. <i>cavernarum</i>   | 80                               | Schlangengrotte          |
| <i>Cratoneurum commutatum</i> f. <i>cavernarum</i>  | 7000                             | Hades                    |
| <i>Cratoneurum commutatum</i> f. <i>tenuis</i>      | < 20                             | Schlangengrotte          |
| <i>Eucladium verticillatum</i> f. typ.              | 400                              | unterhalb steiler Treppe |
| <i>Eucladium verticillatum</i> f. <i>tenuis</i>     | 80                               | Drei Schwestern          |
| <i>Eucladium verticillatum</i> f. <i>cavernarum</i> | 120                              | Drei Schwestern          |

Bei fast allen Moosarten, besonders aber bei *Fissidens taxifolius*, ist ein deutlicher Phototropismus festzustellen. *Fissidens taxifolius* (erste Quelle; Hexenkessel) richtet seine zweizeilig in einer Ebene liegenden Blättchen senkrecht gegen das Licht. Ein ebenfalls gegen das Licht

gerichtetes Wachstum ist deutlich bei *Eucladium verticillatum*, *Eurynchium schwartzi* und *Pohlia cruda* zu beobachten. Das Wachstum von *Amblystegium juratzkanum* ist demgegenüber nicht phototropisch gerichtet.

### 2.3.2. Temperatur

Die Temperatur um die Lampen nimmt mit abnehmender Distanz zu. Bei Lampen mit 100–200 W ändert sich die Temperatur bei einer Entfernung von 20 cm kaum mehr; deshalb beginnt auch das Wachstum der Moosbestände in einer Entfernung von 20–30 cm von der Lampe. Beim Moosbestand von *Pohlia cruda* (200 W) wurden folgende Werte gemessen:

Tabelle 6  
Der Moosbestand von *Pohlia cruda*

| Aussehen des Rasens      | Entfernung<br>von der Lampe<br>cm | Temperatur <sup>1)</sup><br>C° |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Sterile Zone             | 2,5                               | 18,0                           |
|                          | 5,0                               | 15,2                           |
|                          | 10,0                              | 12,2                           |
|                          | 15,0                              | 10,1                           |
| Beginn des grünen Rasens | 20,0                              | 9,2                            |
|                          | 30,0                              | 9,0                            |

### 2.3.3. Feuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit beträgt bei den untersuchten Stellen 87–95 %. Änderungen durch das Heißwerden der Lampen konnten nicht festgestellt werden. Die hohe Luftfeuchtigkeit hat höchstens einen günstigen Einfluß auf das Mooswachstum.

### 2.3.4. Substrat

Sämtliche beobachteten Moosrasen wuchsen auf Höhlenlehm oder aus Felsspalten, die ebenfalls etwas Höhlenlehm enthielten.

### 2.3.5. Fruchtkörperbildung

Alle beobachteten Moose der Beatushöhle waren steril. Fruchtende Höhlenmoose sind übrigens nicht häufig beschrieben worden: so z.B. *Amblystegium juratzkanum* (Coûteau 1956; Koppe 1961); *Seligeria doniana* (Vogellehner 1963a); *Cratoneurum commutatum* (Vogellehner 1963a); *Brachytetium velutinum* (Koppe 1961); *Leptobryum pyriforme* (Boros 1964).

<sup>1)</sup> Gemessen 2 cm über dem Boden.

## 2.4. Charakterisierung der eingedrungenen Beatushöhlenmoose

Unterteilt man die von Lüdy (1924) und von uns in der Beatushöhle gesammelten Moose in calcophile (kalkliebende), gesteinsindifferente, hygrophile (feuchtigkeitsliebende) und scialophile (schattenliebende), erhält man folgende prozentualen Zahlen (17 Arten):

Tabelle 7

Charakterisierung der Beatushöhlenmoose

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Substrat: calcophile Moose | 6 Arten = 35 %  |
| gesteinsindifferente Moose | 11 Arten = 65 % |
| Klima: hygrophile Moose    | 10 Arten = 59 % |
| scialophile Moose          | 4 Arten = 23 %  |

Es ist auffallend, daß sich die Höhlenmoosflora aus Arten zusammensetzt, die zur Hauptsache gesteinsindifferent und hygrophil sind. Somit ist in erster Linie die hohe Luftfeuchtigkeit der Höhle der maßgebende Faktor, der die Zusammensetzung und Selektion der Höhlenmoosflora bestimmt.

Sehr übereinstimmende Resultate haben wir beim Vergleich anderer bis heute bekannten europäischen Höhlenmoosfloren erhalten.

## 3. Zusammenstellung der bis heute bekannten Lampen-Moosfloren europäischer Schauhöhlen

### 3.1. Qualitative Zusammensetzung der Lampen-Moosflora aus 19 Schauhöhlen Europas

Es wurden folgende 19 Höhlen berücksichtigt:

- |                                                                    |                                     |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Beatushöhle (Schweiz)                                           | (Lüdy 1924;<br>eigene Resultate)    |
| 2. Grotte de Han (Belgien)                                         | (Coûteaux 1956;<br>Duvigneaud 1939) |
| 3. Charlottenhöhle (Schwäbische Alb)                               | (Mahler 1960)                       |
| 4. Nebelhöhle und weitere 7 Höhlen der Mittleren Alb (Deutschland) | (Vogellehner 1963a)                 |
| 5. Recken- und Deckenhöhle (Westfalen)                             | (Koppe 1961)                        |
| 6. Punkva- und Jaskine-Slobody-Höhlen (Tschechoslowakei)           | (Boros 1964)                        |
| 7. Abaligeter-Höhle und weitere 3 Höhlen aus Ungarn                | (Boros 1964)                        |

Tabelle 8

Die Lampen-Moosflora von europäischen Höhlen  
(Die Numerierung entspricht der obigen Höhlenliste)

|                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>MUSCI</i>                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>BRYALES</i>                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>STEGOCARPI</i>                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Weisiaeae</b>                                                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Eucladium verticillatum</i> Br. Eur.                                           | + | + |   | + | + |   |   |
| <i>Weisia</i> (= <i>Hymenostylium</i> ) <i>microstomum</i> Müll.                  |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Weisia rutilans</i> Lindb.                                                     |   |   |   |   |   |   | + |
| <i>Hymenostylium curvirostre</i> Lindb.                                           | + |   |   |   |   |   |   |
| <i>Gymnostomum rupestre</i> Schleich.                                             |   |   |   | + |   |   | + |
| <b>Fissidentaceae</b>                                                             |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.                                                 | + | + |   |   | + | + |   |
| <i>Fissidens cristatus</i> Wils. (= <i>F. decipiens</i> DeNot)                    | + |   |   |   |   |   |   |
| <i>Fissidens bryoides</i> Hedw.                                                   |   | + |   | + |   |   | + |
| <i>Fissidens pusillus</i> Wils.                                                   |   |   |   |   | + |   |   |
| <i>Fissidens exilis</i> Hedw.                                                     |   |   |   |   |   |   | + |
| <b>Seligeriaceae</b>                                                              |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Seligeria doniana</i> C. Müll.                                                 |   |   |   |   | + |   |   |
| <b>Pottiaceae</b>                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Tortella tortuosa</i> Limpr.                                                   | + |   |   |   |   |   |   |
| <i>Pottia truncatula</i> Lindb.                                                   |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Trichostomum mutabile</i> Bruch.                                               |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Tortula muralis</i> Hedw.                                                      | + |   |   |   |   |   | + |
| <i>Barbula cylindrica</i> (Tayl.) Schimp.                                         |   |   |   |   |   |   | + |
| <i>Barbula glauca</i> (Ryan) Möll.                                                |   |   |   | + |   |   | + |
| <i>Barbula rigidula</i> (Hedw.) Mitt.                                             |   |   |   |   |   |   | + |
| <b>Encalyptaceae</b>                                                              |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Encalypta contorta</i> Lind. (= <i>E. streptocarpa</i> Hedw.)                  | + |   |   |   |   |   |   |
| <b>Bryaceae</b>                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Bryum</i> sp.                                                                  | + | + |   |   |   |   |   |
| <i>Bryum capillare</i> L.                                                         | + |   | + |   |   |   | + |
| <i>Bryoerythrophyllum recurvirostrum</i> Chen.                                    |   |   |   |   |   | + | + |
| <i>Leptobryum pyriforme</i> Schimp.                                               |   |   |   |   |   | + |   |
| <i>Mniobryum albicans</i> Limpr.                                                  | + | + |   |   |   | + |   |
| <i>Pohlia cruda</i> Lindb. (= <i>Webera cruda</i> Bruch)                          | + |   |   |   |   |   |   |
| <b>Mniaceae</b>                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Mnium punctatum</i> Hedw.                                                      |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Mnium affine</i> Bland.                                                        |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Mnium stellare</i> Reich                                                       |   | + | + |   |   |   |   |
| <i>Mnium subglobosum</i> Br. Eur. (= <i>M. pseudo-punctatum</i> Bruch. & Schimp.) |   | + |   |   |   |   |   |
| <b>Thamniaceae</b>                                                                |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Thamnum alopecurum</i> Br. Eur.                                                |   | + |   |   |   |   |   |

Tabelle 8 (Fortsetzung)

|                                                                                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>CLEISTOCARPI</b>                                                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Phascaceae</b>                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Phascum acaulon</i> L. (= <i>Ph. cuspidatum</i> Schreb.)                          |   |   | + |   |   |   |   |
| <b>PLEUROCARPI</b>                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Neckeraceae</b>                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Neckera complanata</i> Hüben.                                                     |   |   | + |   |   |   |   |
| <b>Leskeaceae</b>                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Anomodon longifolius</i> Bruch.                                                   |   |   |   | + |   |   |   |
| <b>Amblystegiaceae</b>                                                               |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Amblystegium juratzkanum</i> Schimp.                                              | + | + |   | + |   |   |   |
| <i>Amblystegium varium</i> Lindb.                                                    |   | + |   | + |   | + |   |
| <i>Amblystegium serpens</i> Br. Eur.                                                 |   |   |   | + |   |   | + |
| <i>Amblystegium sprucei</i> Br. Eur.                                                 |   |   |   | + |   |   |   |
| <i>Chrysohypnum</i> (= <i>Campylium</i> ) <i>sommerfeldti</i> Roth                   |   | + |   | + |   |   |   |
| <b>Brachyteciaceae</b>                                                               |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Brachytecium salebrosum</i> Br. Eur.                                              | + |   |   |   |   |   |   |
| <i>Brachytecium velutinum</i> Br. Eur.                                               |   |   | + | + |   |   |   |
| <i>Brachytecium rivulare</i> Br. Eur.                                                |   |   | + |   |   |   |   |
| <i>Brachytecium rutabulum</i> Br. Eur.                                               |   |   | + |   |   |   |   |
| <i>Rhyncostegium murale</i> Br. Eur.                                                 | + | + |   | + |   |   |   |
| <i>Rhyncostegiella algeriana</i> Broth. (= <i>Rhyncostegium tenellum</i> Br. Eur.)   |   |   |   | + |   |   |   |
| <i>Eurynchium schwartzii</i> Hobkirsch (= <i>E. proelongum</i> Auct.)                | + | + |   |   | + |   |   |
| <i>Eurynchium stockesi</i> Br. Eur.                                                  |   | + |   |   |   |   |   |
| <i>Eurynchium rusciforme</i> Milde (= <i>Rhyncostegium rusciforme</i> [Neck.] B. S.) | + |   |   |   |   |   |   |
| <b>Plagiotheciaceae</b>                                                              |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Plagiothecium (Taxiphyllum) depressum</i> Dix.                                    | + | + |   | + |   |   | + |
| <b>Hypnaceae</b>                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Ctenidium molluscum</i> Mitten.                                                   |   |   | + |   |   |   |   |
| <b>HEPATICAE</b>                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>JUNGERMANNIALES</b>                                                               |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Haplolaeneae</b>                                                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Pellia fabroniana</i> Raddi (= <i>P. calycina</i> N. v. B.)                       |   |   |   |   |   |   | + |
| <i>Pellia epiphylla</i> Lindb.                                                       | + |   |   |   |   |   |   |
| <i>Pellia</i> sp.                                                                    |   | + |   |   |   |   |   |
| <b>Epigonianteae</b>                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Lophozia</i> sp.                                                                  |   | + |   |   |   |   |   |
| <b>Metzgeriaceae</b>                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Metzgeria</i> sp.                                                                 |   | + |   |   |   |   |   |

## 3.2. Ökologie der Höhlenmoose

Folgende Tab. 9 beruht auf Angaben von Burck (1947) und von Lorch (1913). Man berücksichtigt Substrat und klimatologische Faktoren.

Tabelle 9  
Ökologie der Höhlenmoose

|                                    | Substrat   |                      | Klimatische Faktoren |             |
|------------------------------------|------------|----------------------|----------------------|-------------|
|                                    | calco-phil | gesteins-indifferent | hygro-phil           | scialo-phil |
| <i>Phascum acaulon</i>             |            | +                    | +                    |             |
| <i>Eucladium verticillatum</i>     | +          |                      | +                    |             |
| <i>Weisia microstoma</i>           |            | +                    |                      |             |
| <i>Weisia rutilans</i>             |            | +                    |                      |             |
| <i>Hymenostylium curcistrostre</i> | +          |                      |                      |             |
| <i>Gymnostomum rupestre</i>        | +          |                      |                      |             |
| <i>Fissidens taxifolius</i>        | +          |                      | +                    | +           |
| <i>Fissidens cristatus</i>         | +          |                      |                      |             |
| <i>Fissidens bryoides</i>          |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Fissidens pusillus</i>          |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Fissidens exilis</i>            | +          |                      | +                    |             |
| <i>Seligeria doniana</i>           | +          |                      | +                    |             |
| <i>Tortella tortuosa</i>           |            | +                    |                      |             |
| <i>Potti trunctatula</i>           |            | +                    | +                    |             |
| <i>Trichostomum mutabile</i>       |            | +                    | +                    |             |
| <i>Barbula cylindrica</i>          | +          |                      |                      |             |
| <i>Barbula rigidula</i>            | +          |                      |                      |             |
| <i>Tortula muralis</i>             |            | +                    |                      |             |
| <i>Encalypta contorta</i>          | +          |                      |                      |             |
| <i>Bryum capillare</i>             |            | +                    | +                    |             |
| <i>Mniobryum albicans</i>          |            | +                    | +                    |             |
| <i>Leptobryum pyriforme</i>        |            |                      | +                    | +           |
| <i>Pohlia cruda</i>                |            | +                    | +                    |             |
| <i>Mnium punctatum</i>             |            | +                    | +                    |             |
| <i>Mnium affine</i>                |            | +                    | +                    |             |
| <i>Mnium stellare</i>              |            | +                    | +                    |             |
| <i>Mnium subglobosum</i>           |            | +                    | +                    |             |
| <i>Thamnum alopecurum</i>          |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Neckera complanata</i>          |            | +                    |                      |             |
| <i>Anomodon longifolium</i>        |            | +                    |                      | +           |
| <i>Cratoneurum commutatum</i>      | +          |                      | +                    |             |
| <i>Cratoneurum filicinum</i>       | +          |                      | +                    |             |
| <i>Chrysohypnum sommerfeldti</i>   | +          |                      |                      |             |
| <i>Amblystegium juratzkanum</i>    |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Amblystegium varium</i>         |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Amblystegium serpens</i>        |            | +                    |                      |             |
| <i>Amblystegium sprucei</i>        | +          |                      |                      | +           |
| <i>Brachytecium salebrosum</i>     |            | +                    |                      |             |
| <i>Brachytecium velutinum</i>      |            | +                    |                      |             |
| <i>Brachytecium rivulare</i>       |            | +                    | +                    |             |
| <i>Brachytecium rutabulum</i>      |            | +                    |                      |             |
| <i>Eurynchium schwartzi</i>        |            | +                    |                      |             |
| <i>Eurynchium stockesi</i>         |            | +                    |                      | +           |

Tabelle 9 (Fortsetzung)

|                                  | Substrat   |                      | Klimatische Faktoren |             |
|----------------------------------|------------|----------------------|----------------------|-------------|
|                                  | calco-phil | gesteins-indifferent | hygro-phil           | scialo-phil |
| <i>Eurynchium rusciforme</i>     |            | +                    | +                    |             |
| <i>Rhyncostegium murale</i>      |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Rhyncostegiella algiriana</i> | +          |                      |                      |             |
| <i>Plagiothecium depressum</i>   |            | +                    | +                    | +           |
| <i>Ctenidium molluscum</i>       | +          |                      | +                    |             |

Der prozentuale Anteil der vier ökologischen Gruppen (48 Arten) ist:

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Calcophile Arten           | 16 Arten = 33 % |
| Gesteinsindifferente Arten | 31 Arten = 62 % |
| Hygrophile Arten           | 27 Arten = 56 % |
| Scialophile Arten          | 13 Arten = 27 % |

Wie dies für die Moosflora der Beatushöhle festgestellt wurde, besteht der größte Anteil der Höhlen-Lampen-Moosflora aus gesteins-indifferenten und hygrophilen Arten; calcophile und scialophile Moose sind bedeutend schwächer vertreten.

### 3.3. Die typischen Vertreter der Höhlen-Lampen-Moosflora

Neben vereinzelten Funden kommen gewisse Moosarten mit einer solchen Häufigkeit und Konstanz vor, daß man sie als typische Vertreter des Lampen-Biotops bezeichnen kann. Es handelt sich um folgende 10 Arten, die mindestens aus 3 der 7 Höhlen bzw. Höhlengruppen erwähnt wurden (vgl. Tab. 8).

Tabelle 10

Die typischen Höhlenmoose des Lampen-Biotops

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| <i>Eucladium verticillatum</i> | <i>Eurynchium schwarzzi</i>     |
| <i>Fissidens taxifolius</i>    | <i>Rhyncostegium murale</i>     |
| <i>Fissidens bryoides</i>      | <i>Plagiothecium depressum</i>  |
| <i>Mniobryum albicans</i>      | <i>Amblystegium juratzkanum</i> |
| <i>Mnium capillare</i>         | <i>Amblystegium varium</i>      |

Die ökologische Verteilung dieser typischen Höhlenmoose ist folgende:

Tabelle 11

Ökologische Verteilung der typischen Höhlenmoose  
des Lampen-Biotops

---

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| Calcophile Arten           | 2 Arten = 20 % |
| Gesteinsindifferente Arten | 8 Arten = 80 % |
| Hygrophile Arten           | 9 Arten = 90 % |
| Scialophile Arten          | 6 Arten = 60 % |

---

Somit lassen sich die typischen Höhlenmoose des Lampen-Biotops als hygrophile und gesteinsindifferente Arten charakterisieren.

### ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über die Lampen-Moosflora der Beatushöhle berichtet (Tab. 3). Ein statistischer Vergleich mit Lampen-Moosflora aus 18 anderen europäischen Höhlen zeigt, daß die Zusammensetzung und die Selektion der Lampen-Moosflora überwiegend durch Hygrophilie und Gesteinsindifferenz bedingt sind (Tab. 9). 10 Arten können als typische Vertreter der Lampen-Moosflora bezeichnet werden.

### RÉSUMÉ

On analyse la florule bryologique des lampes de la grotte St. Bât (Tab. 3). Une comparaison statistique des florules des lampes d'autres 18 grottes européennes montre que la composition et la sélection de ces florules sont déterminées principalement par l'hygrophilie et l'indifférence au substrat (Tab. 9). 10 espèces peuvent être définies comme représentants typiques de la florule bryologique des lampes de grotte aménagées (Tab. 10).

### Nachtrag

Weitere Angaben über die Lampen-Moosflora finden sich in: K. VERSENY: Die Pflanzenwelt der Höhlen bei Lillafüred, Int. J. Spel. (1965) 1 (4), 553-560.

Es wurden aus den Förras- und István-Höhlen folgende Moosarten gesammelt:

*Eucladium verticillatum* Br. Eur. und seine var. *angustifolia*,  
*Gymnostomum rupestre* Schleich. und seine fa. *ramosissima*,  
*Fissidens taxifolius* Hedw. und *minutulus* Sull.,  
*Tortula muralis* Hedw. und seine var. *aestiva* Brid.,  
*Barbula fallax* Hedw. und *unguiculata* Hedw.,  
*Bryum caespitium* L.,  
*Bryoerythrophyllum recurvirostrum* Chen.,

*Pohlia* sp.,  
*Funaria hygrometrica* Sibth.,  
*Amblystegium riparium* Br. Eur. und *serpens* Br. Eur.,  
*Brachytecium velutinum* Br. Eur.,  
*Rhyncostegium murale* Br. Eur.,  
*Eurynchium schwartzii* Hobkirk,  
*Pellia fabroniana* Raddi.

## LITERATUR

- BOROS, A. (1964) – Über die Moose, die unter dem Einfluß der elektrischen Beleuchtung in das Innere der Höhlen in Ungarn und in der Tschechoslowakei eindringen. *Internat. J. Spel.* 1 (1-2): 45-46.
- BURCK, O. (1947) – Die Laubmoose Mitteleuropas. Abhdlg. Senckenberg. Nat.forsch. Ges. (477): 5-198.
- COÛTEAUX, M. (1956) – Le milieu de la flore et de la végétation des grottes de Han. *Rass. spel. ital.* 8 (3-4): 155-182.
- DUVIGNEAUD, P. – Les populations végétales des grottes de Han. *Ass. franç. pour l'avancement des sciences*, 63<sup>e</sup> session, 939-944. Liège.
- KOPPE, F. (1961) – Niedere Kryptogamen und Moose in sauerländischen Höhlen. *Jhft. Karst- und Höhlenkunde* (2): 245-259.
- LOREN, W. (1913) – Die Laubmoose. In: G. Lindau: *Kryptogamenflora für Anfänger*, Bd. 5. Berlin.
- (1914) – Die Torf- und Lebermoose. In: G. Lindau: *Kryptogamenflora für Anfänger*, Bd. 6. Berlin.
- LUDY, W. (1924) – Pflanzenleben der Beatushöhlen am Thunersee. *Mittlg. Naturforsch. Ges. Bern* XLIII.
- MAHLER, K. (1960) – Über die Pflanzenwelt unserer Albhöhlen. *Jhft. Karst- und Höhlenkunde* (1): 129-136.
- MORTON, F. (1927) – Ökologie der assimilierenden Höhlenpflanzen. *Fortschritte der nat.-wiss. Forschung* 12 (3): 155-234.
- MORTON, F., und GAMS, H. (1925) – Höhlenpflanzen, Bd. 5 der *Speleologischen Monographien*. Wien.
- STAMMLER, M. (1904) – Der heilige Beatus, seine Höhle und sein Grab. Bern.
- VOGELLEHNER, D. (1963a) – Zur Pflanzenwelt um die Lampen in einigen Schauhöhlen der Schwäbischen Alb. *Jhft. Karst- und Höhlenkunde* (4): 229-244.
- (1963b) – Elektrisch beleuchtete Schauhöhlen, ein neuer pflanzlicher Lebensraum. *Mittlg. Vbd. dtsh. Höhlen- und Karstforscher* 9 (2): 38-39.