

Passives Monitoring mit Wassermoosen zur Überwachung der Versauerungsdynamik in pufferschwachen Fließgewässern Erste Ergebnisse

Horst Tremp und Alexander Kohler

Synopsis

We started a bioindication program with submerged bryophytes to evaluate the acidification and aluminium dynamics biologically in low buffered brooks of the Black Forest. The metal contents in leaves of *Scapania undulata* (L.) DUM. were estimated using modified staining techniques for aluminium (Haematoxylin, Aluminon) and iron (Kaliumhexacyanoferrat-2).

The liverwort *Scapania undulata* which occurs in most acidified and as well in circumneutral sites, was used as a passive monitor organism. Aluminium concentration in apical tips of *Scapania undulata* show an inverse relationship of those in water. We demonstrated that in those parts of the brooks which had higher pH values (pH > 5) the concentrations of aluminium in the liverworts were elevated, due to the lower competition with the hydrogen ions.

Mapping of the submersed bryophytes indicated that the lack of *Rhynchostegium riparioides* (HEDW.) CARD. in the most acidified sites allows to distinguish between permanent acidified and only periodically or not acidified brooks.

bryophytes, monitoring, acidification, running waters, aluminium, staining techniques

1. Einführung

Submerse Bryophyten zeichnen sich durch eine Reihe von Eigenschaften aus, die ihren Einsatz als biologische Indikatoren in Fließgewässern rechtfertigen. In Anlehnung an MOUVET (1985) seien dabei vor allem ihre einfache Handhabung sowie die relativ einfache Artbestimmung genannt, darüber hinaus stehen sie ganzjährig für Bioindikationszwecke zur Verfügung. Einige Arten, wie auch das in dieser Studie verwendete beblätterte Lebermoos *Scapania undulata* haben eine weite Verbreitungsamplitude, sowohl naturräumlich (MARSTALLER 1987) als auch im Hinblick auf physikalische und chemische Standortsfaktoren (LOTTAUSCH 1984).

Bislang sind submers wachsende Moose als Zeigerorganismen im aquatischen Bereich unterrepräsentiert, während sie im aktiven und passiven Einsatz als Monitororganismen (Schwermetallakkumulation) überzeugende Ergebnisse geliefert haben (BENSON-EVANS & al. 1976, WHITTON & al. 1982). Durch das Fehlen der Cuticula erfolgt bei Wassermoosen eine unmittelbare Nähr- und Schadstoffaufnahme, wodurch sie zwischen den günstigen physiologischen Eigenschaften der Algen und der einfachen Handhabung der Gefäßmakrophyten vermitteln (FRAHM 1976).

In Baden-Württemberg sind Quellbereiche und Bachoberläufe der Mittelgebirgslagen im Bereich des mittleren Buntsandsteins (Nordschwarzwald, Odenwald) am stärksten von der Gewässerversauerung betroffen. Diese in montanen bis hochmontanen Lagen gelegenen Fließgewässer sind kryptogamenreich und praktisch frei von Gefäßmakrophyten. Neben den Diatomeen und sporadisch auftretenden fädigen Grünalgen kommt den submersen und amphibischen Bryophyten als Primärproduzenten eine wichtige Rolle zu, der die Versauerungsforschung bislang nicht gerecht wurde.

Arbeitsschwerpunkte der vorliegenden Studie sind Untersuchungen zur Eignung des beblätterten Lebermooses *Scapania undulata* als Akkumulationsindikator für Aluminium sowie der halbquantitativen Abschätzung der Aluminium- und Eisengehalte durch spezifische topochemische Färbemethoden; - Scapania als Monitororganismus. Begleitend wird die Wassermoosvegetation

hinsichtlich der durchschnittlichen pH-Verhältnisse der Bachläufe untersucht; - Wassermoose als Zeigerorganismen.

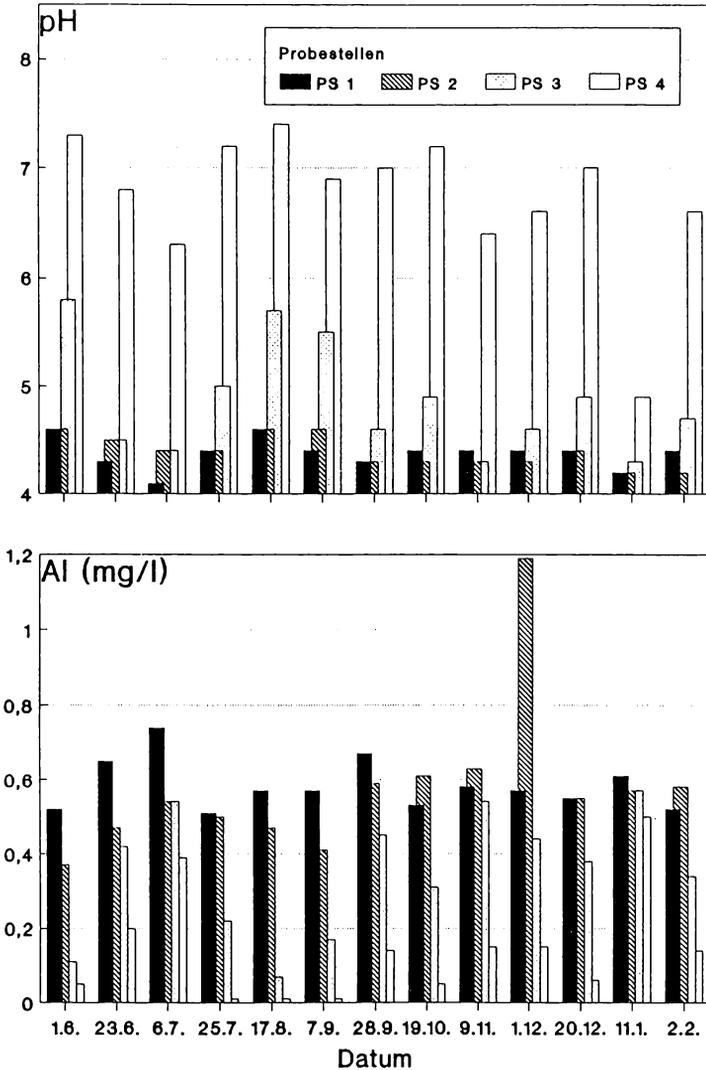


Abb. 1: Vorderer Seebach 1990/1991. Gesamtaluminium und pH-Werte von Quellbereich (PS1) bis Bachunterlauf (PS4)

2. Material und Methoden

An vier bis fünf Untersuchungsstellen entlang der Bäche werden in dreiwöchigen Abständen wasserchemische Untersuchungen durchgeführt und dabei die unmittelbar interessierenden Parameter erfasst. Vor Ort werden pH-Wert, Temperatur und Leitfähigkeit gemessen. Nach Druckfiltration und Ansäuerung mit HNO_3 werden die Gesamtkonzentrationen an Aluminium und Eisen durch Graphitrohr-AAS bestimmt.

Für die Moosanalytik werden ausschließlich 2 cm lange Sproßspitzen von *Scapania undulata* verwendet, da sie weitgehend frei von Aufwuchs und Verunreinigungen sind. Nach Reinigung in

deionisiertem Wasser werden die Apikalsprosse bei 105°C getrocknet und in Königswasser bei 100°C eine Stunde naß aufgeschlossen. Die Al/Fe-Bestimmung erfolgt durch Flammen-AAS. Erste Untersuchungen über die Puffer- bzw. Austauschkapazität der Moose erfolgten durch Titration mit 0,01 und 0,1 molarer HCl, wobei die Sproßspitzen (ca. 5 g Frischgewicht) in 800 ml Aqua dest. titriert wurden. Der topochemische Nachweis von Aluminium wurde mit Haematoxylin (HAVAS 1985) bzw. Aluminon (ROMEIS 1989) durchgeführt, zellwandgebundenes Eisen (Fe^{3+}) wurde mit Kaliumhexacyanoferrat-2 nachgewiesen (ROMEIS 1989).

3. Ergebnisse

3.1 pH-Werte und Aluminiumbelastung am Beispiel "Vorderer Seebach"

Bei allen untersuchten Bächen zeigt sich die typische Abnahme der Hydroniumionen- und Gesamtaluminiumkonzentration von den permanent versauerten Quellbereichen bis in die besser gepufferten Bachunterläufe, die bei Niedrigwasserabfluß im circumneutralen Bereich liegen (Abb. 1).

3.2 Aluminiumakkumulation von *Scapania undulata* entlang des Bachverlaufs

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, verhalten sich die Aluminiumgehalte in *Scapania undulata* nicht analog den Konzentrationen im Bachwasser. Offenbar wird die Aluminiumaufnahme der Moose stark durch die Hydroniumionenkonzentration modifiziert, was sich durch Ionenaustauschreaktionen an den Austauscherplätzen der Moosblättchen erklären läßt. Selbst ein dreiwertiges Kation wird durch die hohe Hydroniumionenkonzentrationen von den Austauscherplätzen (Polyuronsäurereste, BROWN 1984) verdrängt.

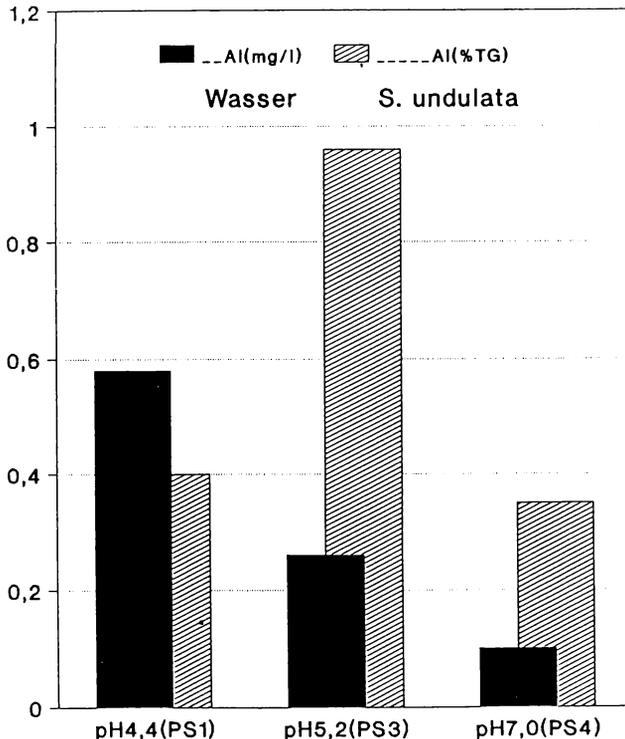


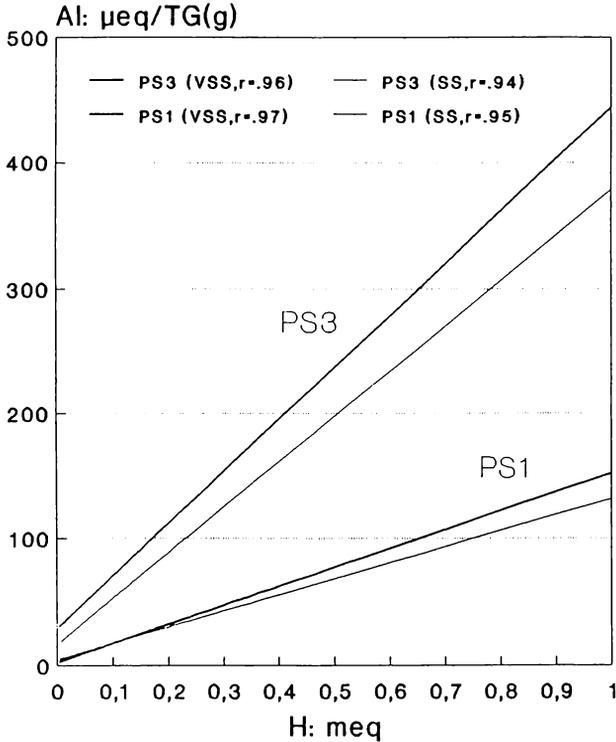
Abb. 2: Gesamtaluminium in Sproßspitzen von *Scapania undulata*. Neben den aktuellen pH-Werten (Probenahme) sind die mittleren Aluminiumgehalte im Wasser (mg/l) angegeben. Die Aluminiumgehalte von *S. undulata* werden in % Trocken-gewicht ausgedrückt.

Bei zunehmenden pH-Werten kann Aluminium wieder stärker akkumuliert werden, was sich in einem deutlichen Anstieg der Aluminiumgehalte äußert. Welchen Anteil dabei die passive Ausfällung von Aluminiumoxihydraten neben dem Ionenaustausch hat, wurde noch nicht untersucht. Im circumneutralen Bereich finden sich praktisch keine ionischen Aluminiumformen mehr, was die Aluminiumabnahme in den Moosen erklärt.

Dieser letzte Befund widerspricht teilweise den Ergebnissen von CAINES & al. (1985), die eine durchweg negative Korrelation der Aluminiumgehalte in Moosen und Wasser nachgewiesen haben.

Ganz entsprechend wird bei der Titration von *Scapania undulata* mit Salzsäure aus Moosen der besser gepufferten Bachbereiche (PS3 und PS4) mehr Aluminium freigesetzt.

Aus Abb. 3 ist zu erkennen, daß nach einem Säureschub (Schneeschemelze) die Belegung der Moose mit "austauschbarem Aluminium" abgenommen hat.



TG: Trockengewicht
 PS1: *Scapania* aus Quellbereich
 PS3: *Scapania* aus Mittellauf
 VSS + SS:
 Probenahme vor und während
 Schneeschemelze (Säureschub)

Abb. 3:
 Freisetzung von Aluminium aus *Scapania undulata* durch schrittweise Titration von pH 5,6 bis pH 3,0 in 0,2 pH-Einheiten. Mit den Meßwerten (n = 14) wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

3.3 Topochemischer Aluminium- und Eisennachweis

Bereits 1969 stellte KRUPITZ Aluminium in Zellen von Lycopodiaceen färbetechnisch durch Licht- und Fluoreszenzmikroskopie dar.

HAVAS (1985) wendete Haematoxylin als Aluminiumreagenz in Zellwänden von *Leptodictyum riparium* erfolgreich an.

Die Farbeintensitäten der lichtmikroskopischen Nachweismethoden in Moosblättchen lassen sich zwanglos in einer drei- bis vierstufigen Skala bonitieren, was eine halbquantitative Aussage über die akkumulierten Aluminium- und Eisengehalte ermöglicht (Tab. 1). Da die Aluminium- und Eisengehalte von der Sproßspitze zu den älteren Pflanzenteilen zunehmen, ist auf eine standardisierte Entnahme der Blättchen (1 cm von Sproßspitze) zu achten.

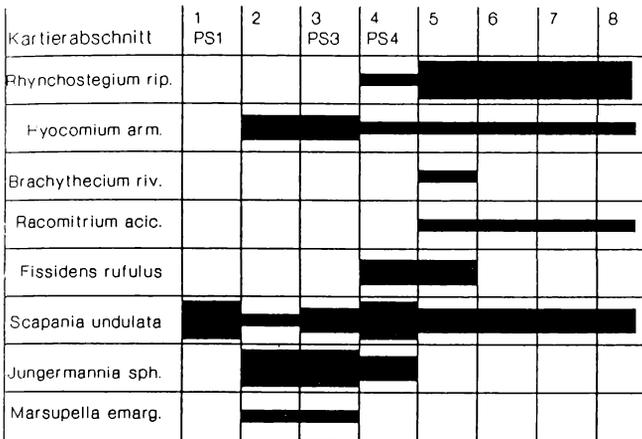
Bereits der Relativvergleich an verschiedenen Probestellen entnommener Moosblättchen erlaubt eine schnelle Abschätzung der Größenordnung der Akkumulationsraten.

Indirekt erhält man so Informationen zur Aluminium- und Eisendynamik entlang des Bachverlaufs, die eine sinnvolle Ergänzung zu wasserchemischen Analysendaten darstellen.

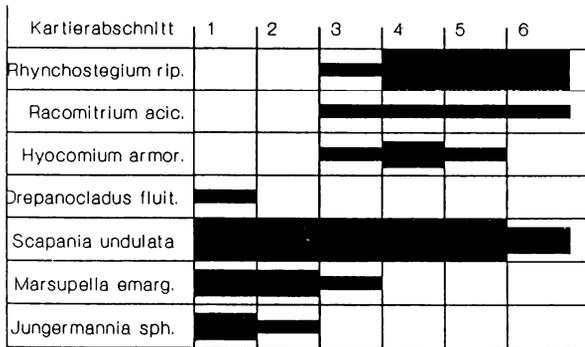
Tab. 1: Eignung topochemischer Nachweisverfahren für Aluminium und Eisen in Blättern von *Scapania undulata*

<u>Aluminium:</u>	Eignung
Haematoxylin, lichtmikroskopisch (HAVAS 1985)	+
Aluminon, lichtmikroskopisch (ROMEIS 1989)	++
Morin, fluoreszenzmikroskopisch (ROMEIS 1989)	-
<u>Eisen:</u>	
Kaliumhexacyanoferrat-2, lichtmikroskopisch (ROMEIS 1989)	++

Diese Färbeverfahren sind in kürzester Zeit auch bei großer Probenzahl schnell durchzuführen und verursachen einen nur geringen Kostenaufwand. Eine spezielle Geräteausstattung entfällt.



Ab Quellbereich (m): 150 800 1300 1600 2100 2500 3100



Ab Quellbereich (m): 250 500 1400 2000 2500



Abb. 4: Die submersen Moosvegetation der Bäche Vorderer Seebach (o.) und Wälzbach (u.). Während *S. undulata* den gesamten Bachlauf besiedelt, tritt *R. riparioides* erst ab dem besser gepufferten Mittellauf auf.

3.4 Wassermooszonierung entlang der Bäche

Ausgangspunkt und zugleich Voraussetzung für die bisherigen Untersuchungen war die Tatsache, daß sich im Bereich des Nordschwarzwaldes die submerse Moosflora entlang des Bachverlaufs mit Ausnahme von *Scapania undulata* deutlich zoniert. Dieses beblätterte Lebermoos ist sowohl in den permanent stark versauerten Quellbereichen anzutreffen als auch in den unteren Bachabschnitten, die nur bei erhöhten Abflußraten versauern, meist aber im circumneutralen Bereich liegen.

In Abb. 4 wird die submerse Moosvegetation zweier untersuchter Bäche gezeigt. Erfäßt wurden nur die bei Niedrigwasser untergetauchten oder überrieselten Moose. Zwei Sachverhalte erscheinen dabei bemerkenswert. Nur *Scapania undulata* ist entlang des gesamten Bachverlaufs submers häufig anzutreffen, daneben gibt es Moose, die erst ab schwach sauren bis neutralen Verhältnissen dominant auftreten.

Nach LOTTAAUSCH (1984) meidet *Rhynchostegium riparioides* Bäche, die im Jahresmittel unter pH 5 liegen. Seine punktuellen Untersuchungen an 67 Bächen des Nordschwarzwaldes decken sich mit den hier gezeigten Kartierungen entlang der gesamten Bachläufe.

Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, daß im Bereich des Naturraumes Nordschwarzwald das Vorkommen von *Rhynchostegium riparioides* die nicht oder nur kurzzeitig versauerten Bäche und Bachbereiche ausweist.

Zur genaueren Beantwortung dieser Frage werden derzeit Expositionsversuche mit verschiedenen submersen Moosarten durchgeführt.

4. Resümee

Mit den ersten Ergebnissen dieser vom Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg unterstützten Studie soll auf einige Möglichkeiten hingewiesen werden, wie auch submerse Bryophyten für Bioindikationsaufgaben bei der Gewässerüberwachung (hier Gewässerversauerung) herangezogen werden können. Dabei wird der Entwicklung von leicht auswertbaren und kostengünstigen Methoden Präferenz vor technisch aufwendigen Verfahren eingeräumt.

Literatur

- BENSON-EVANS, K. & P. F. WILLIAMS, 1976: Transplanting aquatic bryophytes to assess river pollution. *J. Bryol.* 9: 81-91.
- BROWN, D. H.; 1984: Uptake of mineral elements and their use in pollution monitoring. In: DYER, A. F. & J. G. DUCKETT (eds.): *The experimental biology of bryophytes*. Academic Press, London: 588 S.
- CAINES, L. A., WATT, A. W. & D. E. WELLS, 1985: The uptake and release of some trace metals by aquatic bryophytes in acidified water in Scotland. *Environmental Pollution (Series B)* 10: 1-18.
- FRAHM, J. P., 1976: Weitere Toxizitätsversuche an Wassermoosen. *Gewässer und Abwässer* 60/61: 113-123.
- HAVAS, M., 1985: A haematoxylin staining technique to locate sites of aluminium binding in aquatic plants and animals. *Water, Air, Soil Pollution* 30: 735-741.
- KRUPITZ, A., 1969: Topochemischer Aluminiumnachweis in den Zellen von Lycopodiaceen. *Protoplasma* 68: 49-64.
- LOTTAAUSCH, W., 1984: Standortkundliche Untersuchungen der Moosflora in naturnahen Gebirgsbächen Süddeutschlands. Diss. Univ. Hohenheim: 138 S.
- MARSTALLER, R., 1987: Die Moosgesellschaften der Klasse Platyhypnidio-Fontinalieta anti-pyreticae Philippi 1956. 10. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Phytocoenologica* 15 (1): 85-138.
- MOUVET, C., 1985: The use of aquatic bryophytes to monitor heavy metals pollution of freshwaters as illustrated by case studies. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2420-2425.
- ROMEIS, B., 1989: *Mikroskopische Technik*. 17. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München: 564-565.

WHITTON, B. A., SAY, P. J. & B. P. JUPP, 1982: Accumulation of zinc, cadmium and lead by the aquatic liverwort *Scapania*. *Environmental Pollution (Series B)* 3: 299-316.

Adresse

Dipl.-Agrarbiologe Horst Tresp
Prof. Dr. Alexander Kohler
Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie (320)
Universität Hohenheim

W - 7000 Stuttgart 70

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Tremp Horst, Kohler Alexander

Artikel/Article: [Passives Monitoring mit Wassermoosen zur Überwachung der Versauerungsdynamik in pufferschwachen Fließgewässern Erste Ergebnisse 529-535](#)