

Die Auswirkungen von Säure- und Aluminiumbelastung auf submerse Makrophyten

Horst Tremp und Alexander Kohler

Synopsis

The effects of acid and aluminium on softwater macrophytes were studied under controlled laboratory conditions by estimating the rates of apparent photosynthesis and root growth. From pH 6.5 to pH 4.0 the investigated plants (*Potamogeton polygonifolius* POURR., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Ranunculus peltatus* SCHRANK, *Fontinalis antipyretica* HEDW., *Sphagnum cuspidatum* HOFFM.) show a decline of photosynthesis of about 50 % with the exception of *Myriophyllum alterniflorum*. This species shows irreversible chlorophyll damage. Specific effects of aluminium (1.35 mg/l-2.7 mg/l) on macrophytes are leaf deformations and damages caused by a break-down of the cell wall. At concentrations of 1.35 mg/l the root growth of *Ranunculus peltatus* is fully inhibited.

acidification, macrophytes, photosynthesis, aluminium toxicity, root growth, leaf morphology

1. Einleitung

Submerse Makrophyten wurden im Hinblick auf die Gewässerversauerung bislang nur wenig beachtet und kaum experimentell bearbeitet. Durch Freilandbeobachtungen ist bekannt, daß versauerte Systeme ein geringeres Arteninventar an Makrophyten aufweisen und säuretolerante Arten dominieren (GRAHN 1977, CATLING & al. 1985). Über die Wirkungsmechanismen der Versauerung auf submerse Makrophyten ist dagegen nur wenig bekannt (ROELOFS & al. 1984). In dieser 1989 durchgeführten experimentellen Studie wurden die Versuche von KOHLER & SCHOEN (1984) zur unterschiedlichen Versauerungsresistenz submerser Makrophyten fortgesetzt und durch den zusätzlichen Belastungsfaktor Aluminium erweitert. Die vorwiegend an Kulturpflanzen gewonnenen Erkenntnisse zur Aluminiumtoxizität sind dabei nur mit Einschränkungen auf Wasserpflanzen übertragbar. So sind die theoretisch denkbaren Aufnahmemöglichkeiten für Aluminium bei Submersen ungleich höher als bei Landpflanzen, da man die direkte Aluminiumaufnahme über das Blatt berücksichtigen muß. Aufgrund ähnlicher Überlegungen hält STEEMAN-NIELSEN bereits 1952 die toxische Wirkung der Aluminiumionen auf Wasserpflanzen für möglich, dagegen messen YAN & al.(1985) den Auswirkungen von Aluminium auf Makrophyten keine größere Bedeutung bei.

2. Material und Methoden

2.1 Kultivierungs- und Belastungsbedingungen

Die Versuchspflanzen stammen aus oligotrophen und dystrophen Fließ- und Stillgewässern des Pfälzer Waldes. Es wurden 10 cm lange aufwuchsfreie Apikalsprosse entnommen, diese an Glasringen befestigt und in 35 Liter fassende Plexiglasbecken eingebracht. Die Kultivierung erfolgte unter Kontrolle der Faktoren Wassertemperatur, Beleuchtungsdauer, Beleuchtungsintensität, Nährlösungs-, Kohlendioxidzufuhr und Wasserströmung. Variiert wurden der pH-Wert der Nährlösung (NOBEL 1980) und die Aluminiumkonzentration.

2.2 Vitalitätsbestimmungen

Der Einfluß der untersuchten Belastungsfaktoren wurde durch Nettophotosynthesebestimmungen (NAR) und Wurzellängenmessungen erfaßt, ergänzend wurden die morphologischen Veränderungen der Pflanzensprosse berücksichtigt. Die Nettophotosyntheseleistung der Pflanzen wurde über die elektrochemisch gemessene Sauerstoffproduktion bei 60 % Sauerstoffsättigung bestimmt und auf das Trockengewicht (TG) oder Frischgewicht (FG) bezogen. Die Wurzellängenbestimmung bei *Ranunculus peltatus* erfolgte an den während der Belastungszeit gebildeten Wurzeln des untersten Nodiums.

Mittelwertvergleiche zwischen den Versuchsvarianten wurden nach erfolgter Varianzanalyse mit dem multiple-range-Test nach DUNCAN durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Nettophotosyntheseleistung bei Säurebelastung

Aus Abb. 1 geht hervor, daß Säurebelastung (pH 4,0) zu deutlich verminderten Photosyntheseraten führt, wobei zwei Reaktionstypen unterscheidbar sind.

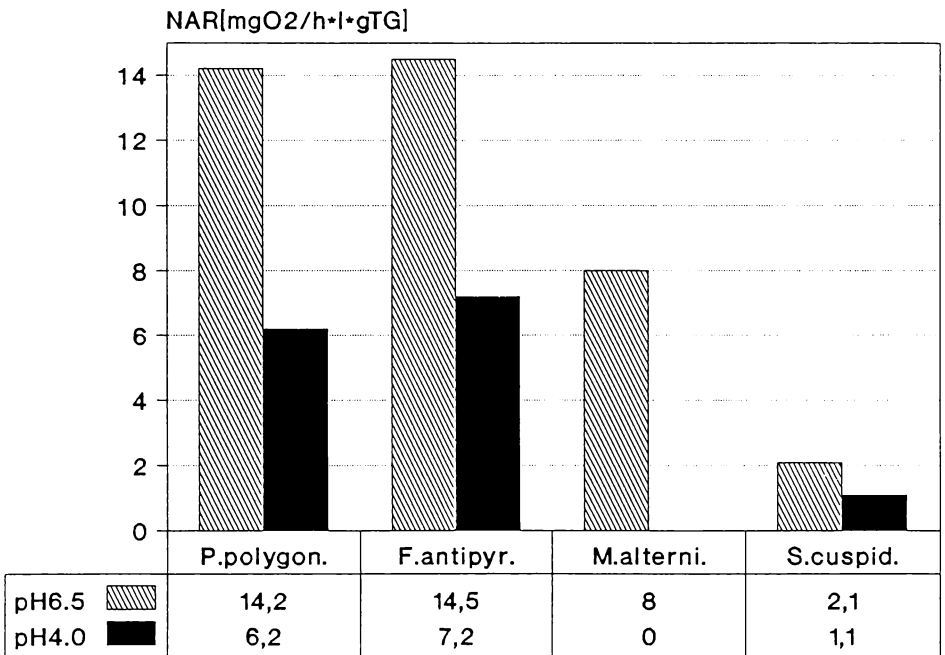


Abb. 1: Nettophotosyntheseraten säurebelasteter Makrophyten nach einer Belastungszeit von 3 Wochen (*Myriophyllum alterniflorum* - 2 Wochen). Alle Mittelwertsunterschiede sind hochsignifikant (0,1 %).

A) Bei den Arten *Fontinalis antipyretica*, *Potamogeton polygonifolius* und *Sphagnum cuspidatum* stabilisiert sich die Nettophotosyntheserate nach drei Wochen bei ca. 50 % der unbelasteten Referenzmessung (pH 6,5). Optisch sind dabei keine Säureschäden festzustellen. Die Regenerationsfähigkeit der Pflanzen bleibt erhalten.

B) Bei *Myriophyllum alterniflorum* tritt nach wenigen Tagen ein starker Chlorophylldefekt auf; die Photosyntheseaktivität erlischt.

3.2 Nettophotosyntheseleistung und morphologische Veränderungen bei kombinierter Aluminium- und Säurebelastung

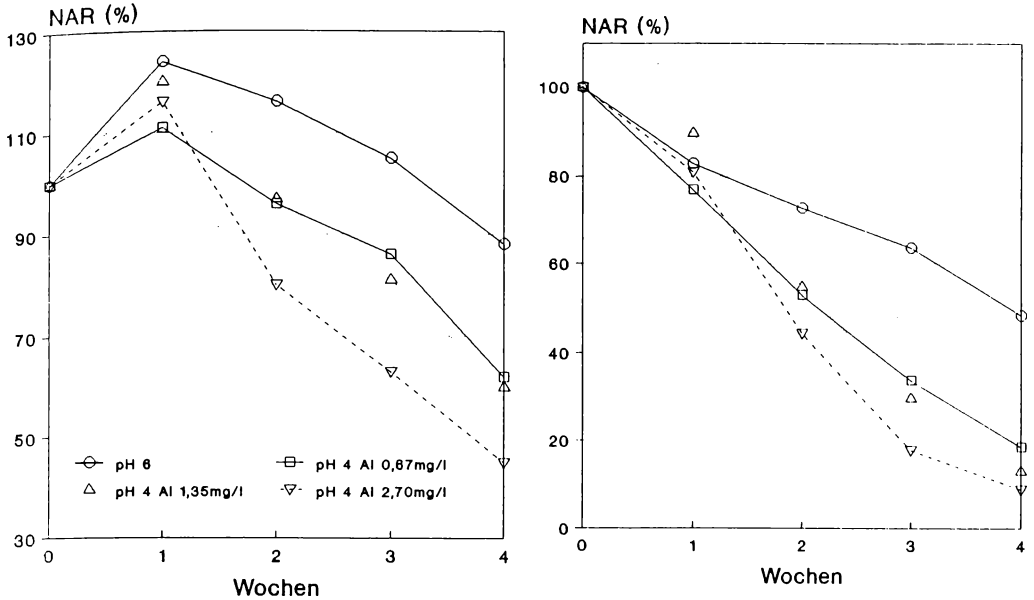


Abb. 2: Verlauf der Assimilationswerte ($\text{mg O}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{g FG}^{-1}$) in Prozent der Ausgangsleistung bei den Arten *Ranunculus peltatus* (rechte Abb.) und *Fontinalis antipyretica* (linke Abb.) über eine vierwöchige Belastungsperiode bei gestaffeltem Aluminiumangebot.

Der zusätzlich negative Einfluß von Aluminium auf den Vitalitätsparameter Nettophotosyntheserate geht aus Abb. 2 hervor.

Während bei diesem Versuch bei *Fontinalis antipyretica* keine spezifischen morphologischen Veränderungen durch die Säure- und Aluminiumbelastung zu beobachten waren, zeigten die neu zuwachsenden Haarblätter von *Ranunculus peltatus* auffällige Krümmungserscheinungen. Die Blattkrümmung geht mit einer Verringerung des Sproßwachstums einher, was im apikalen Sproßteil zu einer Art "Hexenbesen" führt.

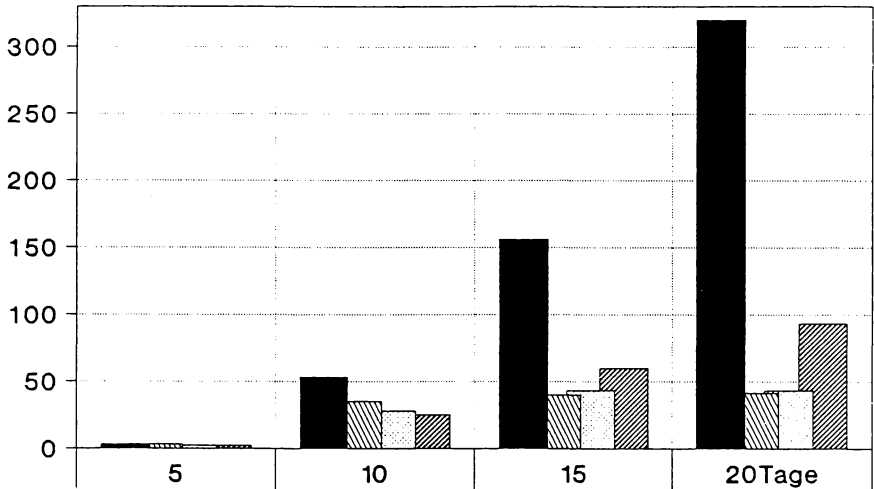
Eine Erklärungsmöglichkeit dafür ist, daß Aluminium über die Bindung an Zellwand-Carboxylgruppen einen Elastizitätsverlust der Zellwände bewirkt. Bei gesteigertem Zellwachstum der jüngeren Blätter hat dies einen Zellwand- und Gewebezefall zufolge, wie er bei *Potamogeton polygonifolius* bei vierwöchiger Aluminiumbelastung (2,7 mg/l) aufgetreten ist.

Reine Säurebelastung führt dabei zu keinem der geschilderten Schadsymptome. Unter vergleichbaren Belastungsbedingungen konnte TÖRNQVIST (1989) bei ultrastrukturellen Untersuchungen an Grünalgen nachweisen, daß bei aluminiumempfindlichen Arten die Zellwände zerstört waren bzw. die Zellwände nicht ausgebildet wurden.

3.3 Wurzelwachstum bei Aluminiumbelastung

Die akute Toxizität von Aluminium auf Wasserpflanzen kann man am deutlichsten an der Hemmung des Wurzelwachstums bei *Ranunculus peltatus* erkennen (Abb. 3).

Gesamtwurzellängen (mm)



A:mm	3	53	156	320
B:mm	3	35	40	41
C:mm	2	28	43	43
D:mm	2	25	60	93

- A: pH 5
 B: pH 5 Aluminium 1,35 mg/l
 C: pH 5 Aluminium 1,35 mg/l Molverhältnis Al/Ca 1:5
 D: pH 5 Aluminium 1,35 mg/l Molverhältnis Al/Ca 1:50

Abb. 3: Entwicklung der Wurzeln am untersten Nodium bei *Ranunculus peltatus* über einen Belastungszeitraum von zwanzig Tagen

Reine Aluminiumbelastung von 1,35 mg/l bei einem pH-Wert von 5 führt dabei innerhalb weniger Tage zu einer Einstellung des Wurzelwachstums und der Wurzelbildung.
 Eine erwartete protektive Calciumwirkung ließ sich bei diesem Versuch gegenüber der reinen Aluminiumvariante statistisch nicht absichern.

Aufgrund der Ergebnisse erscheint die ökologische Relevanz gesteigener Aluminiumkonzentrationen im Hinblick auf die Wasserpflanzenverbreitung in versauerten Gewässern überlegenswert.

Literatur

- CATLING, P. M., REEDMAN, B., STEWART, C., KEREKES, J. J. & L. P. LEFKOVITCH, 1986: Aquatic plants of acid lakes in Kejimikujik National Park, Nova Scotia; floristic composition and relation to water chemistry. *Can. J. Bot.* 64: 724-729.
- GRAHN, O., 1977: Macrophyte succession in swedish lakes caused by deposition of airborne acid substances. *Water, Air and Soil Pollut.* 7: 295-305.
- KOHLER, A. & R. SCHOEN, 1984: Versauerungsresistenz submerser Makrophyten - Erste Ergebnisse. Umweltbundesamt, Materialien 1/84, Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland. Erich Schmidt Verlag, Berlin: 353-364.
- NOBEL, W., 1980: Der Einfluß der Belastungstoffe Chlorid, Borat und Phosphat auf die Photosyntheseleistung submerser Weichwasser-Makrophyten. Diss. Univ. Hohenheim, Inst. für Landeskultur und Pflanzenökologie: 165 S.

- ROELOFS, J. G. M., SCHUURKES, J. A. A. R. & A. J. M. SMITS, 1984: Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters: Experimental studies. *Aquat. Bot.* 18: 389-411.
- STEEMAN-NIELSEN, E., 1952: The persistence of aquatic plants to extreme pH values. *Physiol. Plant.* 5: 211-217.
- TÖRNQVIST, L., 1989: Ultrastructural changes and altered localisation of acid phosphatases in *Monoraphidium* and *Stichococcus* cells (Chlorophyceae) influenced by aluminium. *Environmental and Experimental Botany* 29(4): 457-465.
- YAN, N. D., MILLER, G. E., WILE, I. & G. G. HITCHIN, 1985: Richness of aquatic macrophyte floras of soft water lakes of differing pH and trace metal content in Ontario, Canada. *Aquat. Bot.* 23: 27-40.

Adresse

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

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: [Die Auswirkungen von Säure- und Aluminiumbelastung auf submerse Makrophyten 569-573](#)