

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973.

## EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG ÜBER DAS VERHALTEN SUBMERSER MAKROPHYTEN BEI $\text{NH}_4^+$ -BELASTUNG

U. GLÄNZER

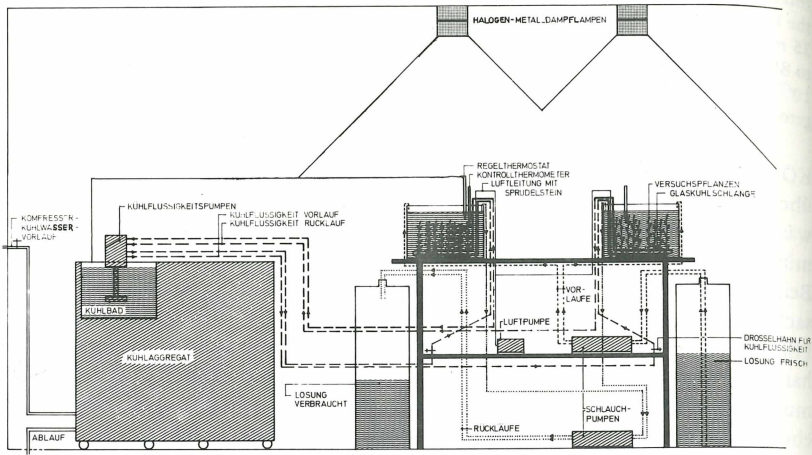
### *Abstract*

Plants of submerged stream communities, taken from their habitat, were cultivated under experimental conditions with exact control of following factors: 1. Mineral content of the aqueous culture solution; 2. Air content of the solution; 3. Temperature of the solution; 4. Intensity, duration and spectral composition of light; 5. Duration of the experiments. From the results, only the response of two species to three different  $\text{NH}_4^+$  concentrations (5, 15 and 25 mg/litres) are reported here. *Potamogeton coloratus* showed increasing lethal damages (up to 88%) with exposure to higher  $\text{NH}_4^+$  concentrations. In *Ranunculus fluitans*, however, only 10% of the leaves were damaged, so it is much more resistant to  $\text{NH}_4^+$  pollution than *Potamogeton coloratus*.

KOHLER (KOHLER, ZELTNER & BUSSE 1972) berichtete 1971 in Konstanz über Wasserpflanzen und Bakterien als Indikatoren der Verschmutzung in Fließgewässern und zeigte auf, welche weiteren Arbeiten in Angriff genommen werden müssten, um den Zeigerwert der submersen Makrophyten besser zu interpretieren. Bei der Vegetationskartierung (KOHLER, VOLLRATH & BEISL 1971) der Moosach, einem Ca - hydrogencarbonatreichem Nebenfluss der Isar, wurden auffällige Pflanzenverbreitungen und Vergesellschaftungen festgestellt und ein Zusammenhang mit dem unterschiedlichen Belastungsgrad verschiedener Flussabschnitte vermutet. Finnische Autoren wie UOTILA (1971) und SUOMINEN (1968) haben ebenso wie deutsche, LANG (1967, 1973) und FINGERLIN (1972), Abhängigkeiten der Makrophytenverbreitung von der Abwasserbelastung in Seen festgestellt. Diese Vermutung konnte dann auch durch weitere Untersuchungen, vor allem durch eine Serie von chemischen Analysen des Moosachwassers untermauert werden. Beim Vergleich des Wasserchemismus mit der Artenverbreitung wurden deutliche Zusammenhänge festgestellt, sodass der Fluss an Hand dieser Untersuchungen in vier floristisch-ökologische Zonen unterteilt werden konnte (KOHLER 1972). KOHLER, WÖNNEBERGER & ZELTNER (1973) untersuchten chemische und pflanzliche Verschmutzungsindikatoren im Fließgewässersystem der Moosach. Es zeigte sich, dass unter den gewonnenen Daten nur dem Ammoniak-Stickstoff und dem o-Phosphat ein eindeutiger indikatorischer Wert beizumessen ist (vergl. auch BRINKMEIER 1973). Die übrigen chemischen Indikatoren ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch und Chlorzahl) ergaben wenige oder keine klaren Aussagen über den Belastungszustand des untersuchten Fließgewässers. Auf Grundlage der Makrophytenkartierung wurde die Verbreitung von Wasserpflanzen mit chemischen Wassereigenschaften anhand von ökologischen Reihen in Beziehung gesetzt. Die Ammonium- und Phosphatreihen ordneten sich gut in die floristisch-ökologischen Flusszonen ein. Nach diesen Arbeitsergebnissen darf festgestellt werden, dass der Wasserchemismus ein wesentlicher Faktor in einer Faktorensomme ist, der die Verbreitung Submerser in Fließgewässern beeinflusst. Aus diesem Grunde wurden schon 1971 am Institut für Landschaftsökologie der TU-München einige Versuche mit Makrophyten durchgeführt und diese Ergebnisse auch veröffentlicht (KOHLER 1972). Es

zeigte sich, dass eine kleine Versuchsanordnung interessante Ergebnisse mit *Potamogeton coloratus* brachte und eine Fortführung der Versuche unter genau kontrollierbaren Bedingungen weiter Aufschluss über den Indikatorwert von Makrophyten geben konnte. Mitte 1972 wurde im Rahmen des DFG-Projektes "FLIESSWASSER" eine Versuchsanlage entwickelt und installiert, bei der folgende Faktoren genau kontrollierbar sind: 1. Zusammensetzung und Konzentration der Lösungen in denen die Pflanzensprosse getestet werden; 2. Luftsättigung der Lösungen; 3. Lösungstemperatur; 4. Lichtdauer, Lichtintensität und Lichtzusammensetzung; 5. Versuchsdauer.

VERSUCHSANORDNUNG ZUR ERMITTLUNG DER EMPFINDLICHKEIT VON HYDROPHYTEN GEGEN FAKTOREN DER WASSERVERSCHMÜTZUNG



Die Simulation des Fließwassermilieus in einem offenen System war nur bedingt möglich. Sie wurde erreicht durch die permanente Nachlieferung der Lösungen und die Durchmischung derselben mit Hilfe von Luftpumpen, die eine Stagnation und damit eine thermische Schichtung der Lösungen in den Aquarien verhinderte. Die Lösungen werden mit Weihenstephaner Leitungswasser angesetzt und  $\text{NH}_4^+$  in Form von  $\text{NH}_4\text{Cl}$  oder  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  je nach der gewünschten Konzentration hinzugegeben.

Wasseranalyse des Weihenstephaner Trinkwassers

pH	7.4	$\text{SO}_4^{2-}$	88	mg/l
Leitfähigkeit u S18	722	$\text{Cl}^-$	31	mg/l
$^{\circ}\text{dGH}$	24.9	$\text{NH}_4^+$	0.03	mg/l
$^{\circ}\text{dKH}$	17.4	$\text{PO}_4^{---}$	Spur	
$^{\circ}\text{nKM}$	7.5	$\text{NO}_3^-$	30	mg/l
$\text{Ca}^{2+}$	128.6 mg/l	$\text{SiO}_2$	5	mg/l
$\text{Mg}^{2+}$	28.9 mg/l	$\text{HCO}_3^-$	380	mg/l
$\text{Na}^+$	12.6 mg/l	Perm. Verbr.	9	mg/l
$\text{K}^+$	1.7 mg/l	Chlorzahl	4	mg/l

Vorerst wurde eine ganze Anzahl von Makrophytenarten mit Konzentrationen von 0 mg, 5 mg, 15 mg und 25 mg  $\text{NH}_4/1$  getestet. Diese Konzentrationen übersteigen

zum Teil die, die in der Moosach gefunden wurden, aber ähnliche Konzentrationsüberhöhungen sind in der Arzneimittelpfprüfung üblich, um die toxische Wirkung und die Sicherheitsbreite von Arzneimitteln festzustellen (SUMOENS 1970, DIMIGEN & REETZ 1970).

Die Luftsättigung der Lösungen geschieht durch Luftpumpen, die über Kieselgursteine Luft in die Aquarien versprudeln und damit gleichzeitig die Lösungen in Bewegung halten.

Ein Kühlaggregat der Firma Lauda (KRYOMAT K70) gewährleistet die nötige Temperierung der gesamten Versuchsanlage. Durch den Einbau des Temperaturfühlers, eines Platinwiderstandsthermometers, in eines der Aquarien direkt, wird die Temperatur der Becken sehr genau steuerbar. Thermometer in jedem einzelnen Aquarium machen die Temperatur permanent kontrollierbar. Die Versuchsanlage wurde bis jetzt mit einer Temperatur von ca 12° C gefahren, dies entspricht der durchschnittlichen Temperatur in der oligotrophen Flusszone A der Moosach.

Die Versuche werden täglich 14 Stunden beleuchtet, sodass ein Langtag simuliert wird. Die Lichtintensität beträgt auf der Oberfläche der Lösungen etwa 12.000 – 15.000 Lux. Die Anlage wird mit 6 HQI-TL 400 W-Lampen der Firma Osram beleuchtet, die in FS-Leistungsstrahler (TYPE 351/404 STKO) eingesetzt sind. Über die Zusammensetzung des Lichtes liegen Spektralanalysen von Osram vor, wobei aber der Anteil des ultravioletten Lichtes nicht endgültig geklärt werden kann, da fertigungsbedingte Streuungen auftreten.

Die Versuchsdauer beträgt 21 Tage, dieser Zeitraum wurde in Vorversuchen als ausreichend ermittelt, denn nach etwa 14–18 Tagen zeigten fast alle untersuchten Submerse deutliche Reaktionen.

In einem Versuch werden drei Makrophytenarten in drei Lösungskonzentrationen untersucht, wobei jede Art-Konzentrations-Kombination wiederholt wird, dadurch ist eine statistische Auswertbarkeit der Versuche gesichert. Das gilt nicht für die als Kontrolle bezeichneten O mg-Versuche, denn sie sind nur in insgesamt zwei Aquarien untergebracht.

Die Versuche werden mit etwa 10–15 cm langen Sprossabschnitten durchgeführt, wobei auf jedes Becken 8 Sprosse entfallen. Die Sprosse werden in Polyvinylchloridplatten befestigt und in 10 l Vollglasaquarien gehalten. Die Sprosslänge, die Blattzahl und die Anzahl der Blütenknospen wird vor Versuchsbeginn festgestellt und in vorbereitete Listen eingetragen, dazu die entsprechende Nummer des Beckens, der Name der Pflanzenart und einige andere technische Daten. Bei Versuchsende wird der Anteil der verfärbten und geschädigten Blattflächen der gesamte Sprosse geschätzt, desweiteren die Blätter gezählt, die Seitentriebe, die Blüten, auch die Länge der Sprosse wird festgestellt. Aus dem Unterschied der Blattanzahl vor und nach dem Versuch ist der Zuwachs an Blättern zu errechnen.

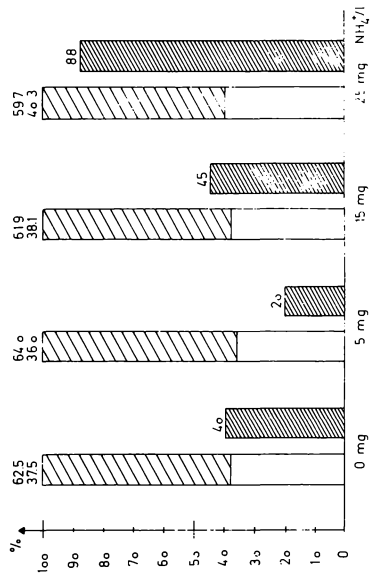
Die graphische Darstellung Nr. 2 zeigt die vorläufige Auswertung des 3. Versuches mit den Arten *Potamogeton coloratus* und *Ranunculus fluitans*. *Potamogeton coloratus* ist die kennzeichnende Art der unbelasteten oligotrophen, floristisch-ökologischen Flusszone A (KÖHLER 1972), *Ranunculus fluitans* ein typischer Vertreter der belasteten Zonen C und D.

Während der Zuwachs an Blättern bei *Potamogeton coloratus* in allen NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Konzentrationen fast gleichbleibend ist, ist doch ein Ansteigen der Schäden mit der Konzentration von NH<sub>4</sub><sup>+</sup> eindeutig feststellbar. Der relativ hohe Schaden beim Omg-

EXPERIMENT IM AQUARIUM

VERSUCH NR. 3  
 PFLANZENART: POTAMOGETON: COLORATUS  
 ZEITRAUM: 15.02 - 09.03.1973  
 TESTSUBSTANZ:  $\text{NH}_4^+\text{Cl}$   
 VERBINDUNG:  $\text{NH}_4^+\text{Cl}$

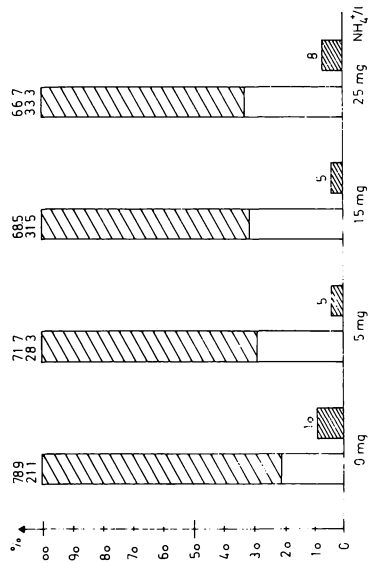
□ EINGESETZT  
 ▨ ZUGEWACHSEN  
 ▩ GESCHÄDIGT



EXPERIMENT IM AQUARIUM

VERSUCH NR. 3  
 PFLANZENART: RANUNCULUS FLUITANS  
 ZEITRAUM: 15.02 - 09.03.1973  
 TESTSUBSTANZ:  $\text{NH}_4^+\text{Cl}$   
 VERBINDUNG:  $\text{NH}_4^+\text{Cl}$

□ EINGESETZT  
 ▨ ZUGEWACHSEN  
 ▩ GESCHÄDIGT



Versuch ist wahrscheinlich auf Nährstoffmangel zurückzuführen, das gleiche mag auch für *Ranunculus fluitans* gelten. Auch *Ranunculus fluitans* hat in allen Konzentrationen in etwa den gleichen Zuwachs von Blättern, aber die Schäden sind nicht sehr unterschiedlich.

Anhand dieses Versuches ist sichtbar gemacht, dass *Ranunculus fluitans* gegen

$\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen im Bereich von 5–25 mg/l unter Bedingungen der beschriebenen Versuchsanlage weit geringere Schäden erleidet als *Potamogeton coloratus*. Liegen noch weitere ähnlich gelagerte Versuchsergebnisse vor, kann man sagen, dass das dominierende Vorkommen von *Ranunculus fluitans* in belasteten Fließgewässern unter anderem abhängig ist von der besseren Verträglichkeit von  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen als z.B. *Potamogeton coloratus*.

Mikroskopische Untersuchungen an Blattquerschnitten der fleckigen Blätter von *Potamogeton coloratus*-Sprossen, die in erhöhten  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen gehalten wurden, zeigen, dass sich die Chloroplasten dunkel, meist braun verfärben, während normale Chloroplasten tief dunkelgrün zu sehen sind.

Es wird in Auspflanzversuchen im Fluss auch noch weiterhin untersucht, ob Submerse, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in eutrophen Flussbereichen haben, in oligotrophen überleben können. Diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen und ausgewertet, aber die Prüfung der Protokolle lässt die Vermutung zu, dass *Ranunculus fluitans* z.B. in oligotrophen Fließgewässern über längere Zeiträume nicht überleben kann, das gleiche gilt für *Potamogeton coloratus* in eutrophen Flussbereichen.

## LITERATUR

- BRINKMEIER, R. (1973): Verbreitung von submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. Dipl. Arbeit am Inst. für Landschaftsökologie der TU München in Weihenstephan.
- DIMIGEN, J. & I. REETZ (1970): Versuche zur Schmerzausschaltung beim Schwein mit dem Neuroleptikum AZAPERON und dem Hypnotikum METOMINAT. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 77: 470–473.
- FINGERLIN, G. (1972): Limnologische Untersuchungen an der Unteren Güll (Bodensee): Morphologie, Hydrographie, Sedimente und Litoralvegetation. Dipl. Arbeit am Limnologischen Inst. der UNI Freiburg, Konstanz-Egg.
- KOHLER, A., H. VOLLRATH & ELISABETH BEISL (1971): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäß-Makrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Arch. Hydrobiol.* 69: 33–365.
- KOHLER, A. (1972): Zur Ökologie submerser Gefäß-Makrophyten in Fließgewässern. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 84: 713–720.
- KOHLER, A., G. ZELTNER & M. BUSSE (1972): Wasserpflanzen und Bakterien als Verschmutzungsanzeiger von Fließgewässern. *Umschau* 72: 158–159.
- KOHLER, A., RENATE WONNEBERGER & G. ZELTNER (1973): Die Bedeutung chemischer und pflanzlicher "Verschmutzungsindikatoren" im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Arch. Hydrobiol.* 72: 4, 533–549.
- LANG, G. (1973): Die Vegetation des westlichen Bodenseegebietes. JENA.
- LANG, G. (1967): Die Ufervegetation des westlichen Bodensees. *Arch. Hydrobiol.* 32: 437–547.
- SUOMINEN, J. (1968): Changes in the aquatic macroflora of the polluted Lake Rautavesi, SW Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 5: 65–81.
- SUMOENS, J. (1970): Vorbeugen und Heilung von Aggressivität und Stress bei Schweinen durch das Neuroleptikum AZAPERONE. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 77: 144–148.
- UOTILA, P. (1971): Distribution and ecological features of hydrophytes in the polluted Lake Vanajavesi, S Finland. *Ann. Bot. Fennici* 8: 257–295.

Anschrift des Verfassers:

ULRICH GLÄNZER, Institut für Landschaftsökologie der Technischen Universität München, 8050 Weihenstephan.