Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 80 (1983)

Artikel: Biosystematic investigations in the family of duckweeds ("Lemnaceae"). Volume 3 = Das Wachstum von Wasserlinsen ("Lemnaceae") in Abhängigkeit des Nährstoffangebots, insbesondere Phosphor und Stickstoff. Volume 3

Autor: Lüönd, Annamaria

Kapitel: 4: Diskussion

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308709

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Klimakammer und der Felduntersuchungen sind in früheren Kapiteln einzeln besprochen worden (Kap. 3.1.4. und 3.2.3.). Im folgenden wird versucht, anhand der erhaltenen Resultate einheitliche Schlüsse zu ziehen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass der Phosphor für das Vorkommen von Lemnaceen eine wesentliche Rolle spielt. Dies geht aus sämtlichen Darstellungen, resultierend aus den Rohdaten, hervor. Gewässer mit Werten, die unterhalb einer gewissen Grenze liegen, werden nicht mehr oder nur noch teilweise von Lemnaceen besiedelt, wobei man sagen kann, dass dieser Grenzwert bei den einzelnen Arten verschieden ist (Tab. 20) und bei *L. minor* und *S. polyrrhiza* sogar dem Mittel der lemnaceenfreien Gewässern nahe kommt (0.005 mg P/l). In den Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass die Pflanzen in diesem Bereich (0.004-0.017 mg/l) minimales Wachstum aufweisen, d.h. dass diese mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Dauer das Wachstum einstellen würden. CHU (1943) hat vergleichsweise die limitierende Grenze für Algen unterhalb 0.009 mg P/l bestimmt.

Vergleicht man die minimalen Stickstoff- und Phosphorwerte resultierend aus den Laboruntersuchungen mit denen, die in der Natur gefunden wurden (Tab. 21), so sieht man, dass die Werte bei *L. minor* und *L. gibba* mehr oder weniger gut übereinstimmen, im Gegensatz zu jenen von *L. minuscula*

Tab. 21. Vergleich der minimalen Stickstoff- und Phosporwerte im Feld und im Labor

Minimal values of N and P observed in the field and in the laboratory

	L. minor		*L. minuscula*		*S. polyrrhiza*		*L. gibba*	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Natur	0.04	0.006	0.18	0.012	0.04	0.007	0.2	0.03
Kultur	0.02	0.003	0.02	0.003	0.1	0.02	0.1	0.02

und *S. polyrrhiza*. Bei *S. polyrrhiza* kann man die unterschiedlichen Werte auf die Bildung von Turionen unter schlechten Umweltbedingungen zurückführen. Bei *L. minuscula* liegt es wahrscheinlich daran, dass das genaue Minimalwachstum wegen der relativ weit auseinanderliegenden Konzentrationen (Faktor 5) nicht bestimmt werden konnte (LANDOLT mündl.).

Es scheint, als ob die Pflanzen zu Beginn der Vegetationsperiode einen gewissen Gehalt an Phosphor im Gewässer benötigen, damit sie sich vermehren können. Während der Vegetationsperiode konnte manchmal in von Lemnaceen dicht besiedelten Gewässern kein Phosphor mehr nachgewiesen werden. Wahrscheinlich nehmen die Pflanzen dann den nötigen Phosphor aus dem Material, das fortlaufend abstirbt und so wiederum Phosphor wie auch andere Nährstoffe abgibt. Ebenso gibt lebendes Zooplankton beträchtliche Mengen an Orthophosphat ab, wobei dieses sofort von Algen und Bakterien aufgenommen wird (PETERS und RIEGLER 1973). Bei hoher Dichte der Wasserlinsendecke konkurrieren sich die Pflanzen sowohl inter- wie auch intraspezifisch, durch Lichteinbusse, Nährstoffwegnahme, Abgabe von giftigen Stoffen usw. KEDDY (1976) hat gezeigt, dass *L. minor* in der Natur eine bis sechsmal grössere Vermehrungsrate hat als *L. trisulca* und dadurch wesentlich konkurrenzkräftiger ist als letztere. Ebenso hat er bewiesen, dass sich *L. minor* stärker behindert, als dass sie *L. trisulca* behindert, denn das Wachstum von *L. minor* nimmt nach Bildung einer geschlossenen Decke ab, im Gegensatz zu dem von *L. trisulca*, das mehr oder weniger konstant bleibt. Eine grosse Konkurrenz besteht zu denjenigen Pflanzen, die im Boden wurzeln, wie z.B. See- und Teichrosen, Binsen, Schilf und Rohrkolben. Diese decken zum grössten Teil ihren Nährstoffbedarf aus dem Boden und haben somit freischwimmenden Pflanzen gegenüber gewisse Vorteile. Die Nährstoffe sinken mit dem Plankton und abgestorbenen Pflanzenresten zu Boden, wo sie meist freigesetzt werden und so wiederum verfügbar werden, aber nur für diejenigen Pflanzen, deren Wurzeln in diese Bereiche vordringen. In flachen Gewässern kann der Wind das Wasser durchmischen und damit stehen die Nährstoffe für freischwimmende Pflanzen wieder zur Verfügung. Deshalb kommen Lemnaceen vorwiegend in kleinen flachgründigen Gewässern vor. Zu einem gewissen Teil wird aber auch Phosphor von vorhandenen Eisen- und Calciumionen gebunden und steht dann nicht mehr zur Verfügung. Wenn ein Gewässer einen relativ hohen Anteil an reduziertem Eisen aufweist, so entstehen

durch Oxydation des Eisens unter aeroben Bedingungen Eisenphosphate ($FePO_4$), und es wird dem Gewässer Phosphor entzogen (CHRISTEN 1959).

Es sind also nicht nur Pflanzen, die zu einer gewissen Phosphorarmut des Gewässers führen. Diese kann auch dadurch entstehen, dass die Nährstoffe in die Kreisläufe des Gewässerökosystems miteinbezogen und anderweitig verbraucht werden. Dasselbe gilt auch für die anderen, in dieser Arbeit untersuchten Nährstoffe, die in unserem Fall keine so entscheidende Rolle spielen wie der Phosphor, der in Gewässerökosystemen schnell als limitierender Faktor wirkt. So steht Stickstoff in bedeutend grösseren Mengen zur Verfügung (SCHWOERBEL 1977). Die übrigen hier untersuchten Nährstoffe (K, Ca, Mg, Na) sind für das Wachstum der Pflanzen wichtig, scheinen aber in den beobachteten Gewässern in genügender Menge vorhanden zu sein, resp. werden fortlaufend nachgeliefert. Es sind dies auch die Nährstoffe, die keinen so grossen Fluktuationen unterworfen sind wie Stickstoff und Phosphor. Sie sind in der vorliegenden Arbeit nicht von spezieller Bedeutung, obwohl die einzelnen Arten auch bezüglich des Kaliums, Calciums und Magnesiums gewisse Eigenheiten aufweisen. So konnte z.B. *L. gibba* beim Kalium unterhalb eines Mittelwertes von 2.59 mg K/l nicht mehr gefunden werden. *L. minor* andererseits kann in Gewässer mit einem Minimalwert von 0.88 mg K/l vordringen. Die übrigen drei untersuchten Arten sind in Gewässern mit Konzentrationen unterhalb 1.32-1.99 mg K/l nicht mehr anzutreffen (Tab. 20). Beim Calcium ist es vor allem *L. trisulca*, die relativ tiefe Konzentrationen meidet, gefolgt von *L. gibba*, *S. polyrrhiza*, *L. minuscula* und *L. minor*. Letztere dringt wiederum in Gewässer mit niederen Ca-Konzentrationen vor. Beim Magnesium zeigen *L. gibba* und *L. trisulca* gewisse Unterschiede zu den drei übrigen Arten. Sie sind in unseren Untersuchungen nicht in Gewässern mit tiefen Mg-Werten (4.6 mg Mg/l) zu finden. Das stimmt, was *L. gibba* betrifft, mit den Beobachtungen von LANDOLT und WILDI (1977) überein.

Das Verhalten gegenüber den angebotenen Nährstoffen P, N, K, Ca und Mg ist bei *S. polyrrhiza* und *L. minor* ausgesprochen ähnlich. Dies konnte für P und N auch bei den Wachstumsversuchen gezeigt werden, wo, abgesehen von der Höhe der Wachstumsraten und dem Minimalwachstum die beiden Arten ähnlich reagierten. *L. minor* und *L. minuscula* zeigen sowohl in den Feldversuchen wie in den Laboruntersuchungen, dass sie tiefe und hohe N- und P-Kon-

zentrationen relativ gut ertragen. Sie sind deshalb in unseren Breitengraden mehr oder weniger überall, wo es das Klima erlaubt, anzutreffen. Im Gegensatz dazu stellen die übrigen Arten im Feld andere Ansprüche an ein Gewässer. *S. polyrrhiza* z.B. meidet sommerkühle Gebiete, hat aber in bezug auf das Nährstoffangebot ein breites Spektrum (LANDOLT und WILDI 1977), was aus den vorliegenden Untersuchungen ebenfalls hervorgeht.

L. trisulca unterscheidet sich von den übrigen Arten in der submersen Lebensweise (LANDOLT 1957) und darin, dass sie warme Gebiete eher meidet. Deshalb konnte sie in unseren Untersuchungen in der Poebene nicht beobachtet werden. Sie ist in bezug auf die Nährstoffe K, Ca und Mg der *L. gibba* am ähnlichsten. Sie kann aber tiefere Stickstoff- und Phosphorwerte in den Gewässern ertragen. Diese Art wurde in der vorliegenden Arbeit im Labor nicht untersucht, da sie in der von uns verwendeten Nährlösung nur sehr langsam wächst.

Das Minimalwachstum von *L. gibba*, untersucht im Labor, ist in höheren Phosphorkonzentrationen zu finden als das von *L. minor* und *L. minuscula*, d.h. auch in der Klimakammer stellt *L. gibba* gewisse Ansprüche an einen bestimmten Phosphorgehalt. Aehnlich in dieser Beziehung ist *S. polyrrhiza*, die bei der gleichen Konzentrationsstufe (0.017 mg P/l) minimales Wachstum aufweist. Ein direkter Vergleich zu dieser Art kann nicht gemacht werden, da diese unter schlechten Bedingungen Turionen bildet und dann das Wachstum mehr oder weniger ganz einstellt. Im Feld aber ist *S. polyrrhiza* in tieferen P-Konzentrationen (0.007 mg/l) beobachtet worden, da sie zeitweise schlechte Bedingungen in Form von Turionen auf dem Grund des Gewässers überdauern kann.

Da wir in den Felduntersuchungen die Verbreitung von *L. gibba* nur randlich tangiert haben, ist es schwierig, definitive Aussagen über ihr Vorkommen zu machen. Wirft man aber einen Blick auf die anderweitig gemachten Untersuchungen (POTT 1981, WIEGLEB 1978), so sieht man, dass diese Art tatsächlich nährstoffreiche Gewässer bevorzugt, vor allem betrifft dies wie in der vorliegenden Arbeit den Phosphor und Stickstoff.

Wie wir anhand der Laboruntersuchungen feststellen konnten, können die vier Arten in relativ hohen P- und N-Konzentrationen gut gedeihen, sogar in Konzentrationen, die während unseren Beobachtungen im Feld nie fest-

gestellt werden konnten. Das bedeutet, dass es nach oben in bezug auf Stickstoff und Phosphor in den untersuchten Gewässern keine Grenzwerte gibt. Was die übrigen Nährstoffe anbelangt, konnten andere Autoren Lemnaceen in weit höher konzentrierten Gewässern beobachten, als dies bei uns der Fall war (LANDOLT und WILDI 1977).

Auf Grund der vorausgegangenen Feststellungen sieht man, dass sich Lemnaceen, in erster Linie *L. gibba*, als Indikatoren eutropher Gewässer eignen würden, was POTT (1981) ebenfalls gezeigt hat.

Wie schon erwähnt, sind es nicht nur die geringen Nährstoffkonzentrationen, die limitierend auf das Wachstum von Pflanzen, im speziellen von Lemnaceen, wirken. Es können auch andere ökologische Faktoren eine gewisse Rolle spielen. So z.B. das Klima (LANDOLT 1982), die Luft-, Wassertemperatur und Sonnenscheindauer (REJMÁNKOVÁ 1973), Beschattung, oberflächliche Wasserruhe, Wassertemperatur und Wasserchemie (PASSARGE 1978), Stärke und Richtung des Windes, starke Fliessgeschwindigkeit und Wellengang (HILBIG 1971). Des weiteren können auch biotische Faktoren wie Bakterien, Algen, Fische und Vögel, denen Lemnaceen als Nahrung dienen, das Vorkommen respektive das Aufkommen verhindern. Lemnaceen können ebenfalls durch Störung des ökologischen Gleichgewichtes aus einem seit längerer Zeit besiedelten Gewässer verschwinden. KLOSE (1963) hat entsprechende Beobachtungen an einem Teich gemacht, dessen Wasserlinsenbesatz für Fütterungszwecke verwendet wurde und durch dieses Vorgehen entsprechend dezimiert wurde. Dadurch entstand eine neue Nische für andere Lebewesen. Im vorliegenden Fall war das ökologische Gleichgewicht derart gestört, dass für längere Zeit keine Lemnaceen mehr beobachtet werden konnten. Ein Feuerwehrteich, der über mehrere Jahre mit *L. minor* vollständig bedeckt war, wurde einmal während einem Winter abgelassen und ausgebaggert; in der Folge konnten keine Lemnaceen mehr beobachtet werden (eigene Beobachtungen). Weitere Untersuchungen zeigten, dass Gewässer, die während der Vegetationsperiode immer total mit Lemnaceen bedeckt waren und im Winter sogar zufroren, auch in den darauffolgenden Jahren innert kürzester Zeit wieder eine dichte Decke ausbildeten. Im Gegensatz dazu konnten nie Gewässer mit geringer Lemnaceenbesiedlung beobachtet werden, die im darauffolgenden Jahr oder während der Vegetationsperiode eine höhere Deckung aufwiesen. Es scheint so, als ob die Lemnaceen durch die Bildung einer dichten Decke, die ein ganzes Gewässer bedeckt,

eine höhere Konkurrenzkraft entwickeln und dass solche Gewässer schon über lange Zeit von diesen Lemnaceen besiedelt sind. Dies würde bedeuten, dass es eine gewisse Zeit braucht, bis sich Lemnaceen in einem Gewässer so weit etablieren können, dass sie ganze Decken bilden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind Wasserpflanzen relativ grossen Fluktuationen, abhängig vom Wasserchemismus, Wind usw., unterworfen. Während der drei Untersuchungsjahre konnten zwar in den von uns beobachteten Gewässern keine speziellen Veränderungen festgestellt werden. Nicht oder nur schwach besiedelte Gewässer wurden nicht stärker besiedelt, ebenso konnte mit Ausnahme des erwähnten Feuerwehrteiches, der nicht zu den Untersuchungsgebieten zählte, auch keine Abnahme der Pflanzen in stark besiedelten Gewässern beobachtet werden. Es sind Fälle bekannt, wo sich Lemnaceen, vor allem wenn mehrere Arten in einem Tümpel vorkommen, über 100 Jahre halten konnten (LANDOLT mündlich, Belege aus Herbarmaterial).

Untersuchungen von HARVEY und FOX (1973) und CULLEY (1976) haben gezeigt, dass Lemnaceen sehr gut geeignet sind, Abwässer zu reinigen, weil sie innerhalb kurzer Zeit (10 Tage) den Gewässern relativ hohe N- und P-Gehalte entziehen können: bis zu 86.5 % totaler Stickstoff, bis zu 39 % Nitrat, und bis zu 67 % Phosphor. Untersuchungen innerhalb der Pflanzen ergaben einen Gehalt von 4.6 % Stickstoff und 0.8 % Phosphor (im getrockneten Material).

Die Lemnaceenproduktivität während eines Sommers (Vegetationsperiode) beträgt 30-40 t/ha; dies genügt, um 600-800 Hühner während dieser Zeit zu ernähren. Die gleichen Autoren (HARVEY und FOX 1973) zeigten auch, dass rund 64.5 % des organischen Materials verdaulich sind. Lemnaceen sind reich an Vitamin E, B_1, B_6 und Karotin (MUZAFFAROV et al. 1968).

Aus den vorliegenden Resultaten können für Fütterung und Abwasserreinigung folgende Hinweise gegeben werden:
Bezüglich der Wachstumsrate und dem minimalen Wachstum, abhängig von den Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen, würden sich *L. minor* und *L. minuscula* am besten zur Futtermittelverwendung eignen. Zur Abwasserreinigung könnte man am ehesten *L. gibba* heranziehen, die sowohl in der Natur als auch im Labor einen relativ hohen Nährstoffbedarf aufweist.

S. polyrrhiza eignet sich für Futterzwecke nicht besonders, da sie einen

relativ hohen Oxalatgehalt aufweist (LANDOLT, mündlich), ebenso ist sie in kühlen Gebieten nicht speziell für die Abwasserreinigung geeignet, da sie sich nur bei hohen Temperaturen schnell vermehrt. *L. trisulca* kommt wegen ihrer niedrigen Wachstumsrate nur als Beimischung für die Abwasserreinigung in Frage.

Bei uns in Mitteleuropa können diese Pflanzen nur während der Sommermonate als Abwasserreiniger und Futtermittel verwendet werden, da sie im Winter unter natürlichen Bedingungen das Wachstum extrem reduzieren oder sogar ganz einstellen.

Untersuchungen darüber, inwieweit sich eine solche Verwendung in unseren klimatischen Bereichen lohnt, wurden bisher wenige gemacht (Tschechoslowakei, KVÉT mündlich). Untersuchungen in Gebieten, die klimatisch besser geeignet sind, sind z.T. schon abgeschlossen, resp. die Techniken der Ernten, der Verfütterung usw. werden noch verbessert (CULLEY 1976, CULLEY und EPPS 1973, HILLMAN und CULLEY 1978).

Zusammenfassung

Untersuchungen in der Klimakammer: Unter konstanten Bedingungen wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen ($0.69 \cdot 10^{-3}$-1356.5 mg P/l und $4.48 \cdot 10^{-3}$-1750.0 mg N/l) auf das Wachstum von *S. polyrrhiza, L. minor, L. minuscula* und *L. gibba* untersucht. Dazu wurden folgende Messgrössen verwendet:

- Wachstumsrate
- Gliedgrösse
- Wurzellänge.

Wachstumsrate: Anhand der Wachstumsrate konnten die Unterschiede sowohl zwischen den Nährstoffkonzentrationen als auch zwischen den Arten am besten aufgezeigt werden. Im Bereich mittlerer bis höherer P- und N-Konzentrationen (P = 0.08-10.9 mg/l, N = 0.56-70.0 mg/l) wachsen alle vier Arten optimal. In minimalen Konzentrationen treten zwischen den Arten Unterschiede auf. Das Wachstum von *L. minuscula* und *L. minor* kann in Konzentrationen, in denen *L. gibba* und *S. polyrrhiza* nur noch reduziert wachsen, als nahezu optimal bezeichnet werden, das heisst *L. minuscula* und *L. minor* ertragen auf die Dauer relativ niedrige P- und N-Konzentrationen. In den höchsten untersuchten Konzentrationen (P = 1356.5 mg/l und N = 1750.0 mg/l) sterben alle Arten während der Anzuchtsphase.

Bezüglich der Gliedgrösse und der Wurzellänge sind keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Arten hervorgetreten. Sie weisen alle unter