Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrucken 1973.

BELASTUNG UND BELASTBARKEIT VON SUBMERSEN MAKROPHYTEN IN SÜDNIEDERSACHSISCHEN FLIESSGEWÄSSER

H.-J. GRUBE

Abstract

In aquariums the reactions of the aquatic plants *Sium erectum* HUDS., *Callitriche platycarpa* Kütz. and *Callitriche hamulata* KÜTZ. to ammonium, neat sullage and phosphate belonging to two respecting degrees of hardness and pH – data entirely different running waters of Südniedersachsen were tested. *Sium* proved to be most resistant compared with all three substances. *Callitriche platycarpa* from the hard water and *Callitriche platycarpa* and *-hamulata* from the soft water followed. Indeed, the attained values exceeded those which have been measured in running waters. Short-time shock stresses of the mentioned substances could not give any solution. For this reason one had to refer to ELLENBERG (1953), because the experiments were carried out by elimination of every inhibition from outside. So they could only give information about the ecological valence.

In unsere Vorfluter gelangen die verschiedenartigsten Abwässer und belasten sie. SIERP (1939) versteht unter "Abwasser" allgemein alles im Haushalt, in Wirtschaft und Gewerbebetrieben erzeugte Schmutzwasser. Dabei ist: Häusliches Abwasser das im Haushalt als Trink- und Brauchwasser benützte Wasser, in welchem Kot, Harn, Küchenabfälle, Rückstände von Badewässern, Abflüsse aus Viehställen und eventuell Müllbestandteile vorhanden sind. Städtische Abwässer enthalten das in der Kanalisation oder in offenen Strassengräben gesammelte Abwasser zusammen mit Regen- bzw. Schmelzwasser. In städtischen Abwässern ist ferner das Abwasser von Schlachthöfen, Krankenhäusern, Müllverarbeitungsanlagen und von Gewerbebetrieben vorhanden. Gewerbliche Abwässer haben je nach Art des Betriebes eine ganz verschiedene Zusammensetzung, die oft eine gesonderte Reinigung notwendig macht.

Schon sehr lange ist bekannt, dass sich Verunreinigungen mit den genannten Abwässern auf die tierische Lebewelt auswirken. Der erste Autor jedoch, der darauf hinwies, dass sie sich auch als schädlich für höhere Pflanzen erweisen, war GÉRADIN im Jahre 1873 (zitiert nach KOLKWITZ & MARSSON, 1902). Er schreibt: "Um diese Zeit waren durch die Abwässer von Zucker- und Stärkefabriken, von Färbereien, durch Wirtschaftsabwässer usw. in dem Flüsschen Croult bei Paris arge Kalamitäten entstanden. Es bildeten sich in dem vorher reinen Gewässer nach Einleitung der Verunreinigungen ganze Bänke von Fisch- und Molluskenleichen. Viele Schnecken kletterten in ihrer Bedrängnis an den Stengeln der Wasserpflanzen in die Luft, während die Frösche das Wasser verliessen. Die Kulturen der Brunnenkressezüchter starben durchweg ab, und dem Wasser entstiegen so intensive H_2S-Gerüche, dass das blanke Kupfergeschirr in den Küchen der am Ufer gelegenen Häuser anlief" Inzwischen sind weitere Untersuchungen angestellt worden, und auch der vorliegende Bericht soll einen Beitrag dazu liefern, festzustellen, bis zu welchem Eutrophierungsgrad submerse Makrophyten in den Fliessgewässern weiterleben können.

Das Südniedersächsische Gebiet, in dem diese Untersuchungen stattfanden, ist industriell noch relativ dünn besiedelt. Daher gelangen in die Vorfluter hauptsächlich häusliche und städtische Abwässer. Besonders muss jedoch die Landwirtschaft hervorgehoben werden, die in dieser Gegend noch einen erheblichen Erwerbszweig

darstellt. Angesichts dieser Tatsache wurden die Auswirkungen verschieden hoher Ammonium-, Rinderjauche- und Phosphatgaben auf einige Wasserpflanzen untersucht.

Als Untersuchungsgefässe dienten 10 l-Aquarien. Darin waren Plastikkühlschlangen, die in einem getrennten System an die Wasserleitung angeschlossen waren. So schwankte die Temperatur in den Aquarien nur noch zwischen 13 und 19° C, meist lag sie um 16° C. Der Boden war mit 500 ccm gut ausgewaschenem Sand bedeckt, der zur Befestigung der Pflanzen diente. Um den Charakter eines Fliessgewässers wenigstens etwas nachzuahmen, wurde kräftig Luft in die Becken gesprudelt. Das hatte ausser dem Strömungseffekt auch noch die Wirkung, dass O_2- und CO_2-Versorgung der Pflanzen optimal gestaltet waren.

Die Aquarien wurden mit jeweils 7 l Wasser gefüllt. Dieses stammte aus der Umgebung von Göttingen, und zwar hauptsächlich aus der Rasequelle und dem Oberlauf der Ilme, die vorher nur durch Waldgebiete läuft. Die Wasserpflanzen wurden aus demselben Bereich entnommen.

Diese beiden Gewässer wurden ausgewählt, weil sie ziemlich unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen und die Variationsbreite der Möglichkeiten in Südniedersachsen aufzeigen. Die Ilme entspringt aus dem Buntsandstein des Solling, während das Wasser der Rase durch die Muschelkalkschichten südlich von Göttingen tritt. Entsprechend sind die Härte- und pH-Verhältnisse (Tab. 1).

Tabelle 1.

Gewässer	GH	KH	pH
Rase	23	19	7,5
Ilme	1	1	6,3

Bei der Auswahl der Konzentrationen, in denen Ammonium, Rinderjauche und Phosphat den Pflanzen angeboten wurden, wurden sowohl Werte aus der Literatur verwendet (STEINMANN & SURBECK 1918, KOLKWITZ 1935, IVERSEN & OLSEN 1943, LIEBMANN 1951, WEIMANN 1958, HILD 1960, SCHWOERBEL & TILLMANNS 1964 und KOHLER, VOLLRATH & BEISEL 1971) als auch Analysendaten des Wasseruntersuchungsamtes in Hildesheim.

Die Aquarien wurden nun mit dem entsprechenden Wasser gefüllt und dann bepflanzt. Zuletzt wurden die zu untersuchenden Stoffe hinzugegeben. Bei den Versuchen wurde besonders darauf geachtet, dass die Pflanzen während des Transportes, der in mit Wasser gefüllten Plastikbeuteln stattfand, keinen Schaden nahmen. So vergingen maximal zwei Stunden zwischen dem Entfernen der Pflanzen aus ihrer natürlichen Umgebung und Neueinpflanzung in die Aquarien. Soweit möglich wurden die Pflanzen mit Wurzeln entnommen und auch wieder eingepflanzt. Ausserdem wurde darauf geachtet, dass die Pflanzenmasse in Relation zur Wassermasse gering war; denn schon SCHWOERBEL & TILLMANNS (1964) wiesen bei Untersuchungen an *Callitriche hamulata* nach, dass diese Pflanzen den Ammoniumstickstoff speichern können. Je höher die Ausgangskonzentration ist, oder je höher das Frischgewicht liegt, desto mehr kann gespeichert werden.

Zweck der vorliegenden Untersuchung aber war es, festzustellen, wie sich die Dauerbelastung mit einer bestimmten Anfangskonzentration auf die Pflanzen auswirkt. Dazu wurden je zwei Aquarien als Parallelproben behandelt, um eventuelle Zufälle ausschalten zu können. Erschienen die Ergebnisse nicht eindeutig, so wurden die Versuche wiederholt. Um einen Vergleich zu Proben ohne zusätzliche Nährstoffe

zu haben, wurden je zwei Aquarien mit dem gleichen Wasser und mit den gleichen Pflanzen aber ohne Zusatzstoffe belassen. Die Untersuchungen fanden in den Monaten März bis September 1973 statt.

Als Versuchspflanzen dienten *Sium erectum* HUDSON, *Callitriche platycarpa* KÜTZING und *Callitriche hamulata* KÜTZING. Am eingehendsten wurde die Einwirkung von Ammonium auf diese Pflanzen untersucht. Es wurde in der Form von Ammoniumchlorid zum Wasser gegeben, aber die angegebenen Mengen sind umgerechnet auf die Ammoniumkonzentration.

Tab. 2: Übersicht über die Schadwirkung von Ammonium: leichte Schäden – max. 25% Blattfläche tot; stärkere Schäden – max 50% Blattfläche tot; starke Schäden – max. 80% Blattfläche tot.

Ammoniumkonzentration/l

Pflanze, Ort	2mg	5mg	8mg	10mg	15mg	20mg	25mg	30mg	35mg
Sium erectum, Rase	gesteigertes Wachstum	gesteigertes Wachstum	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion	leichte Schäden	stärkere Schaden	starke Schäden	letal
Callitriche, Rase	keine Reaktion	leichte Schäden	stärkere Schäden	starke Schäden	letal				
Callitriche, Ilme	keine Reaktion	leichte Schäden	starke Schäden	letal					

Sium erectum zeigte folgende Auswirkungen (Tab. 2): Bei Konzentrationen bis 5 mg NH_4^+/l liess sich ein deutlich gesteigertes Wachstum gegenüber den Kontrollaquarien feststellen. Das zeigte sich einerseits in einer vermehrten Bildung von Blättern und andererseits in einem verstärkten Wachstum der schon vorhandenen Blätter. Schäden gab es keine. Gegenüber Konzentrationen bis 15 mg/l zeigte es sich indifferent, und erst ab 20 mg/l Ausgangskonzentration zeigten sich erste Reaktionen in Form von Schwarzwerden der Blätter und Absterben der älteren Blätter (Abb. 1). Die Pflanzen lebten jedoch weiter. Auch 25 mg/l führten noch nicht zum vollkommenen Absterben. Erst bei 30 mg/l erreichte *Sium erectum* die äusserste Grenze der Verträglichkeit. Nur die jüngsten Blätter blieben am Leben. Bei noch höheren Konzentrationen schliesslich, ab 35 mg/l starben die Pflanzen nach 10 Wochen ganz ab.

Das Schwarzwerden (Abb. 1) ist auf Chloroplasten- und Zellinhaltsverfärbungen im gesamten Parenchym zurückzuführen. Die Verfärbung beginnt an der Spitze der Fieder und setzt sich zur Basis hin fort. Die Fieder an der Basis des Blattes werden eher betroffen als die an der Spitze. Da durchweg die älteren Blätter bzw. Blatteile zuerst angegriffen werden, lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Blattresistenz und dem Alter vermuten. Bei ziemlich grossen Versuchspflanzen im Sommer ging das schliesslich so weit, dass die ältesten Blätter schon nach Umpflanzen in unbehandelte Aquarien abstarben.

Bei *Callitriche platycarpa* und *Callitriche hamulata* (Tab. 2) steigerte ein geringer Zusatz von Ammonium (max. 2 mg/l) die Produktion zwar nicht, wirkte aber auch nicht hemmend. Der Grenzwert der Verträglichkeit lag für *Callitriche platycarpa* und *Callitriche hamulata* aus der Ilme bei 8 mg NH_4^+/l und bei *Callitriche platycarpa* aus der Rase bei 10 mg NH_4^+/l. Unter "Grenzwert" wird dabei die äusserste Grenze

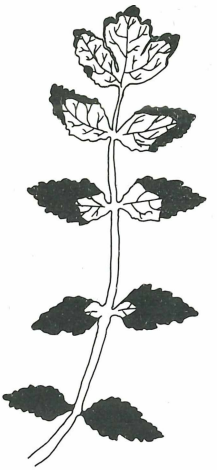

Abb. 1: Schäden an Sium erectum Hudson infolge von Ammoniumwirkung.

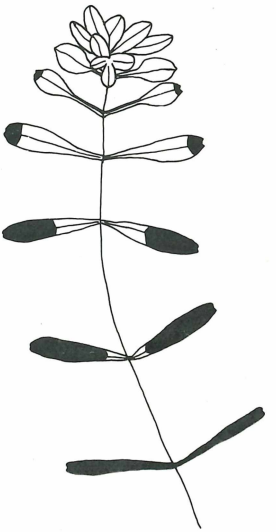

Abb. 2: Schäden an Callitriche platycarpa Kützing infolge von Ammoniumeinwirkung.

der Verträglichkeit verstanden.

Die Schädigung drückt sich bei *Callitriche hamulata* und *platycarpa* in einem Absterben der Blätter aus (Abb. 2). Wie schon bei *Sium* werden auch hier die älteren Blätter eher betroffen als die jüngeren. Die Schädigung setzt sich von den Blattspitzen zur Basis aber von der Sprossbasis zur Spitze hin fort.

Die Angaben von SCHWOERBEL & TILLMANNS (1964) bezüglich der Ammo-

niumverträglichkeit konnten also nicht bestätigt werden! Sie hatten bei 22 mg NH_4^+/l noch keine Schäden festgestellt. Um die Versuche allerdings direkt vergleichen zu können, wäre eine genaue Kenntnis ihrer Versuchsbedingungen unbedingt vonnöten. Es können sich nämlich auch Unterschiede in Temperatur- und pH-Faktor sowie in der relativen Pflanzenmenge ausgewirkt haben. Und bei diesem letzten Punkt wurde in eigenen Versuchen gerade bei *Callitriche hamulata* und *platycarpa* aus der Ilme festgestellt, dass er sich extrem stark bemerkbar macht. Während unter den üblichen Versuchsbedingungen der Grenzwert schon bei 8 mg NH_4^+/l erreicht war, liess sich in einem anderen Versuch mit 50 mg NH_4^+/l und ca 250 g Frischgewicht – gegenüber sonst ca 20 g Frischgewicht – in 7 l Wasser noch kein Existenzende der Pflanzen absehen.

Tab. 3: Übersicht über die Schadwirkung von Rinderjauche. leichte Schäden – max. 25% Blattfläche tot / starke Schäden – max. 80% Blattfläche tot.

Jauchekonzentration Pflanze, Ort	0,1%	0,5%	1%	2%
Sium erectum, Rase	keine Reaktion	leichte Schäden	starke Schäden	letal
Callitriche, Rase	leichte Schäden	starke Schäden	letal	
Callitriche, Ilme	starke Schäden	letal		

Dieselben Schädigungsmerkmale wie beim Ammonium zeigten die Pflanzen bei Zugabe von einjähriger Rinderjauche. Das spricht dafür, dass in der Jauche der Ammoniumanteil der wirksame ist. Wie schon beim Ammonium erwies sich auch hier *Sium* als resistenter als *Callitriche* (Tab. 3). *Callitriche platycarpa* und *hamulata* aus der Ilme vertrugen nur eine 0,1%ige Jauchelösung, *Callitriche platycarpa* aus der Rase bis zu 0,5% Jauche und *Sium erectum* überlebte maximal eine 1%ige Jauchelösung. Mit Überleben sind aber nur die jüngeren Blätter gemeint. Die älteren gehen – wie beim Ammonium – ein. Interessant ist aber, dass weder *Sium* noch *Callitriche* Konzentrationen überleben, die von STEINMANN & SURBECK (1918) als für Forellen toxisch angegeben werden, nämlich 2%. Die Pflanzen reagieren hier also eindeutig schärfer auf die Verschmutzung als die Fische!

Tab. 4: Übersicht über die Schadwirkung von Phosphat. leichte Schäden – max. 25% Blattfläche tot / starke Schäden – max. 80% Blattfläche tot.

Phosphatkonzentration/l Pflanze, Ort	30mg	50mg	70mg	250mg
Sium erectum, Rase	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion
Callitriche, Rase	leichte Schäden	starke Schäden	letal	

Als letzter untersuchter Stoff mag schliesslich noch Phosphat erwähnt werden. Es wurde als Calciumdihydrogenphosphat gegeben, aber die angegebenen Mengen beziehen sich nur auf den Phosphatanteil. Erstaunlicherweise war die Verträglichkeit der Pflanzen gegenüber Phosphat sehr gut (Tab. 4). Während bei *Sium erectum* der Grenzwert noch bei 250 mg PO_4^{3-}/l nicht erreicht war, zeigte sich *Callitriche platycarpa* aus der Rase empfindlicher. Sie konnte 50 mg PO_4^{3-}/l gerade noch ertragen,

d.h. diese Konzentration bildete den Grenzwert.

In welchem Verhältnis stehen nun die experimentell ertragenen Werte – Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Grenzwerte der Verträglichkeit – zu den Analysendaten der Flüsse, und bei welchen Schadstoffkonzentrationen kommen die Pflanzen noch in ihrer "natürlichen" Umgebung vor?

Tab. 5: Von den Pflanzen maximal tolerierte Konzentration.

Pflanze, Ort	mg NH_4^+/l	% Rinderjauche in Lsg.	mg PO_4^{3-}/l
Sium erectum, Rase	30	1,0	250
Callitriche, Rase	10	0,5	50
Callitriche, Ilme	8	0,1	

Callitriche hamulata stammte aus dem Oberlauf der Ilme bei Relliehausen. Die Ammoniumkonzentration des Flusses beträgt dort nur 0,13 mg/l ! Auch bei Dassel kommt sie noch vor; Ammoniumkonzentration hier: 0,25 mg/l. Weiter unterhalb jedoch, bei Hullersen, verschwindet sie, obwohl der Ammoniumgehalt auf 0,13 mg/l zurückgeht. Auch in den anderen Faktoren ändert sich fast nichts, so geht z.B. der pH-Wert von 7,5 auf 7,2 zurück. Gleichzeitig mit *Callitriche hamulata* verschwindet hier auch *Callitriche platycarpa. Callitriche platycarpa* kommt aber auch in der Leine vor. Und erstaunlicherweise besiedelt sie hier auch Flussabschnitte mit den höchsten gemessenen Ammoniumwerten von 2,0 mg/l bei Bovenden und Northeim (nördlich von Göttingen) und den höchsten gemessenen Phosphatwerten von 0,78 mg/l bei Nörten - Hardenberg, das zwischen den zuerst genannten Punkten liegt. Dagegen kommt sie aber an anderen Stellen des Flusses mit einer geringeren Belastung nicht vor. *Sium erectum* schliesslich, das sich im Experiment als besonders widerstandsfähig erwiesen hat, kommt auch nur selten vor. Es fehlt in Ilme und Leine, besiedelt aber ausser dem Rase- auch noch den Rhumequelltopf und hier auch noch weitere Flussabschnitte. In den Quelltöpfen jedoch kommen die untersuchten Stoffe nur in Spuren vor.

Wie können nun diese doch recht unterschiedlichen Ergebnisse in Einklang gebracht werden? Besteht eventuell die Möglichkeit, dass die genannten Stoffe schubweise in stärkeren Konzentrationen in die Flüsse gelangen, diese Schübe aber von den Analysen nicht erfasst worden sind?

Um diese Fragen zu klären, wurden die Pflanze kurzzeitig in höhere Konzentrationen eingebracht und anschliessend in geringere Konzentrationen überführt: So wurde *Sium* nach einer Verweilzeit von 3 bzw. 6 Stunden in einer Lösung von 50 mg NH_4^+/l – diese Konzentration war ja auf Dauer letal (vgl. Tab. 5) – in einer Ammoniumkonzentration von 5 mg/l weitergezogen. Während nach 6-stündigem Aufenthalt das Wachstum normal weiter verlief, zeigten die Pflanzen, die 3 Stunden in der hohen Ammoniumkonzentration verbracht hatten, sogar ein verstärktes Wachstum gegenüber den Pflanzen der Kontrollaquarien. Bei Jauche führte 1/2 Stunde Verweilzeit in einer 5%igen Lösung dazu, dass die älteren Blätter geschädigt wurden, und zwar sowohl bei *Sium erectum* als auch bei *Callitriche platycarpa* aus der Rase; aber alle Pflanzen überlebten diese "Stosszeiten"

Kurzzeitige Konzentrationsschwankungen, die sich im Versuchsrahmen halten, können also auch nicht die alleinige Ursache für das Fehlen mancher Wasserpflanzen sein. Allerdings muss hier darauf hingewiesen werden, dass keine Literaturangaben

über kurzfristige Stossbelastungen vorliegen, und man daher auch nicht sagen kann, ob die untersuchte Stosszeitdauer bzw. -konzentration ausreicht.

Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang der Hinweis, den LIEBMANN (1960) gegeben hat. Er lautet: "Die starke Strömung bietet einen ebenso wichtigen begrenzenden Faktor für das Leben im Wasser, wie ihn z.B. der hohe Gehalt vieler Abwässer an organisch fäulnisfähigen Substanzen darstellt." Ist es eventuell so, dass die Pflanzen durch den dauernden Strömungsstress, oder auch durch die besonders starke Strömung bei Hochwasser, schon so weit belastet werden, dass jetzt bereits wesentlich geringere Schadstoffmengen ausreichen, um ihre Lebensbedingungen zu zerstören?

Um eine Hinweis in dieser Richtung zu erhalten, wurden Pflanzen in Wasser aus Bereichen eingepflanzt, in denen sie von Natur aus nicht vorkamen. Der Strömungsfaktor konnte also in den Aquarien gegen 0 gehen. Nicht gleichgehalten werden konnten allerdings die Bedingungen, die durch die Pflanze selbst verändert wurden, z.B. durch ihre Speicherfähigkeit. Ebenso konnten stossweise Belastungen nicht erfasst werden. Aber auch unter diesen Einschränkungen ist das Ergebnis bemerkenswert: Sowohl nach Umpflanzen in Ilme- als auch in Leinewasser lebten *Sium erectum* und *Callitriche platycarpa* weiter. Während nach Umpflanzen in Ilmewasser leichte Mangelerscheinungen sichtbar wurden — es zeigten sich helle Punkte an den jüngeren Blättern, offenbar war die Chlorophyllbildung gestört — gedieh *Sium* in Leinewasser ähnlich gut wie in Rasewasser, und *Callitriche platycarpa* begann sogar zu blühen. Die Strömung muss daher unbedingt als ein stark begrenzender Wachstumfaktor angesehen werden.

Welchen Wert darf man dann unter diesen Bedingungen noch den Aquarienversuchen zumessen? Zur Beantwortung der Frage muss an ELLENBERG (1953) erinnert werden, der ja von vielen Landpflanzen gesagt hat, dass bei Ausschaltung des Wettbewerbes oder hier noch allgemeiner formuliert: ohne irgendwelche Behinderung von aussen, ihr ökologisches Spektrum bedeutend breiter ist, als ihrem Vorkommen unter natürlichen Bedingungen entspricht. Die Aquarienversuche haben, will man die Äusserung ELLENBERGs auch auf Wasserpflanzen übertragen, nur Aufschluss über die ökologischen Möglichkeiten der Pflanzen gegeben. Die Behinderung der Pflanzen durch die Strömung war ausgeschaltet oder doch zumindest extrem stark vermindert. Die angegebenen Milligrammengen dürfen daher, will man sie auf fliessende Gewässer übertragen, höchstens als relative Mengen aufgefasst werden. Aber nicht einmal dann darf man davon ausgehen, dass, da ja die Strömung für alle Pflanzen gleich ist, bei Ausfall der einen Pflanze ein bestimmter Maximalwert für die Schadstoffe erreicht ist; denn von den vorgestellten Pflanzen waren zwar *Callitriche hamulata* bzw. *Callitriche platycarpa* empfindlicher gegenüber einigen Schadstoffen als *Sium erectum*, die Auswirkungen möglicher anderer Faktoren aber, sowie die der Fliessgeschwindigkeit in diesem Zusammenhang sind noch nicht bekannt. Auch Kombinationen verschiedener Schadstoffe und Fliessgeschwindigkeiten müssen untersucht werden.

Die vorliegenden Ergebnisse dürfen daher nur als ein kleines Glied in der grossen Kette der anstehenden Probleme betrachtet werden, und es steht sicher noch ein langer Weg experimenteller Arbeit im Labor und auch in den Fliessgewässern selbst bevor, bis es eventuell einmal möglich ist, anhand der submersen Makrophyten eine genaue Charakteristik eines Fliessgewässers zu geben.

LITERATUR

ELLENBERG, H. (1953): Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber.Dtsch.Bot.Ges.* 65: 351–362.
HILD, H.J. (1960): Hydrobiologische Untersuchungen in einigen abwasserbelasteten niederrheinischen Gewässern. *Hydrobiologia* 16: 203–214.
IVERSEN, J. & OLSEN, S. (1943): Die Verbreitung der Wasserpflanzen in Relation zur Chemie des Wassers. *Bot.Tidsskr.* 46: 136–145.
KOHLER, A., VOLLRATH, H. & BEISL, E. (1971): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäss-Makrophyten im Fliesswassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Arch. Hydrobiol.* 69: 333–365.
KOLKWITZ, R. (1935): Pflanzenphysiologie. Verlag Fischer, Jena, 3. Auflage.
KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1902): Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitt.d.Kgl.Prüfungsanstalt f.Wasserversorg.und Abwässerbeseitigung zu Berlin* 1: 33–72.
LIEBMANN, H. (1951): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie I. München.
LIEBMANN, H. (1960): Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie 2. Auflage München.
SCHWOERBEL, J. & TILLMANNS, G.C. (1964): Untersuchungen über die Stoffwechseldynamik in Fliessgewässern. I. Die Rolle höherer Wasserpflanzen: *Callitriche hamulata* KÜTZ. *Arch.Hydrobiol./Suppl.* 28: 245–258.
SIERP, F. (1939): Trink- und Brauchwasser. – Handbuch Lebensmittelchemie, 8, Teil I.
STEINMANN, P. & SURBECK, G. (1918): Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fliessender Gewässer. Preisschr. Schweizer.Zool.Ges., Bern, 1–452.
WEIMANN, R. (1958): Verschmutzte Wasserläufe. Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:
H.-J. GRUBE, Geobotanisches Institut der Universität, 34 Göttingen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: 3_1974

Autor(en)/Author(s): Grube H.-J.

Artikel/Article: Belastung und Belastbarkeit von Submersen Makrophyten in südniedersachsischen Fliessgewässer 193-200