

Bioindikation mit Hilfe Höherer Wasserpflanzen Möglichkeiten und Grenzen

Wolfgang Schütz

Synopsis

From 1986 to 1989 the submerged vegetation of the running waters of the "Schwäbische Alb" and "Oberschwaben" were investigated. The qualitative and quantitative distribution of macrophytes depends in the first place on the occurrence of extreme discharges overlaying other factors influencing the distribution of macrophytes (trophical state). The effects of increasing eutrophication can be proved, too, by reconstructing the increase resp. decrease of suitable indicator-species [*Groenlandia densa* (L.) FOURR.] within a larger area. The effects of water-regulation measures with ensuing eutrophication can be demonstrated in the specific case of the submerged vegetation of the Danube river and the "südbadische Oberrheinaue".

macrophytes, slope, eutrophication, Danube river

1. Einführung

Versuche, bestimmte "Qualitäten" des Wassers mit Hilfe lebender Organismen zu charakterisieren, sind alt (KOLKWITZ & MARSSON 1902) und wurden seither immer weiter verfeinert und ausgebaut. So sind mittlerweile fast alle Organismengruppen, die ihren Lebenszyklus zumindest teilweise in einem Gewässer durchlaufen, auf ihre Verwendbarkeit als Indikatoren geprüft worden. Angestrebt wurde in erster Linie die Herausarbeitung von Zeigereigenschaften für die trophische oder toxische Belastung des Wassers, in neuerer Zeit auch für die landschaftsökologische Bewertung von Fließ- und Stillgewässern. Unter der Vielzahl von Organismengruppen, die in Gewässergüte-Bewertungen Eingang fanden, spielen Makrophyten nur am Rande eine Rolle, obwohl sie den Vorteil haben, daß sie leicht erkennbar, ortsfest und meistens schon im Gelände bestimmbar sind. Die Technik, nur bestimmte Stellen eines Gewässers zu untersuchen und dort Proben zu entnehmen, hat auch zu einer oft falschen Einordnung vieler Makrophyten im Saprobien-system geführt (z. B. bei LIEBMANN 1962). Erst mit der Einführung flächendeckender Kartierungen in den letzten 30 Jahren (z. B. CARBIENER & al. 1990, JANAUER 1981, KONOLD 1987, KRAUSE 1971, KOHLER & al. 1971, 1974, KUTSCHER 1984, LANG 1981, MELZER & al. 1986, WIEGLEB 1979) konnten die Indikatoreigenschaften von Makrophyten genauer untersucht werden. Möglichkeiten der Bioindikation bestehen hinsichtlich der Umweltfaktoren:

- Wasserführung
- Temperatur
- Gewässermorphologie/wasserbauliche Maßnahmen
- Trophiegrad/Eutrophierung
- Beschattung

Zwischen 1986 und 1989 wurde die makrophytische Vegetation der Fließgewässer der Schwäbischen Alb und Oberschwabens einschließlich der Donau kartiert (SCHÜTZ 1990), einige bereits zum zweiten Mal. Da eine große Zahl von Gewässern untersucht wurde, bietet sich eine Analyse der submersen Vegetation und deren Verbreitungsmuster unter verschiedenen Gesichtspunkten an. Dargestellt werden die Auswirkungen der Faktoren Wasserführung, Wasserbau und Eutrophierung, wobei das heutige Verbreitungsbild der Makrophytenvegetation oft nur aus der Kombi-

nation wasserbaulicher Maßnahmen und anschließender Eutrophierung interpretiert werden kann.

2. Untersuchungsgebiet

Das untersuchte Gebiet (Abb. 2) umfaßt über 10.000 km² und erstreckt sich zwischen dem Bodensee im Süden, dem Neckar im Norden und Westen und der baden-württembergischen Landesgrenze im Osten. Die Schwäbische Alb, ein verkarstetes Mittelgebirge und die württembergische Moränenlandschaft des Voralpengebiets, unter dem historischen Begriff "Oberschwaben" bekannt, haben ungefähr den gleichen Anteil am Untersuchungsgebiet. Durch die Verkarstung ist die Gewässerdichte auf der Alb geringer als die der Moränenlandschaft.

Untersucht wurden 26 größere Fließgewässer einschließlich der Donau und zahlreiche kleinere. Die meisten Flüsse sind der Donau tributär, nur wenige fließen zum Rhein ab, so die Radolfzeller Ach und die Schussen im Süden und die Neckarzuflüsse der Alb im Norden.

Trotz der unterschiedlichen geologischen Genese beider Gebiete weisen die Flüsse einige Gemeinsamkeiten und relativ geringe Unterschiede auf. Sie sind sämtlich reich an Calciumhydrogencarbonat mit Härtegraden zwischen 13-18 °dH (Karbonathärte), wobei die Härtegrade der Fließgewässer aus der Moränenlandschaft oft noch höher liegen. Fast alle Fließstrecken sind dem Rhitral zuzurechnen, einige Unterläufe zeigen Übergänge zum potamalen Typ.

3. Gefälle und Makrophytenverbreitung

Unter allen Abhängigkeiten, welche die Makrophyten in den Fließgewässern der Mittelgebirge zeigen, ist die deutlichste die Abhängigkeit von den herrschenden Strömungsverhältnissen. Obwohl die Gefällestufen und Strömungsverhältnisse innerhalb der oft über 40 km langen Fließgewässer sehr unterschiedlich sein können, zeigt sich überraschenderweise ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Artenzahl und dem durchschnittlichen Gefälle. Dies trifft besonders für die Fließgewässer der Schwäbischen Alb zu, die in der Regel ein ausgeglicheneres Gefälle aufweisen als die Flüsse Oberschwabens. Obwohl auch hier vielfältig überlagernde Faktoren (Verschmutzungsgrad, abweichende Umweltbedingungen, v. a. ausgeglichene Wasserführung in zahlreichen Mühlkanälen, anhaltende Einwanderung von Arten aus Seitengewässern, Ausbreitung neuer Arten) auftreten, ist die Zunahme der Artenzahl von West nach Ost bei gleichzeitig vermindertem Gefälle deutlich zu sehen.

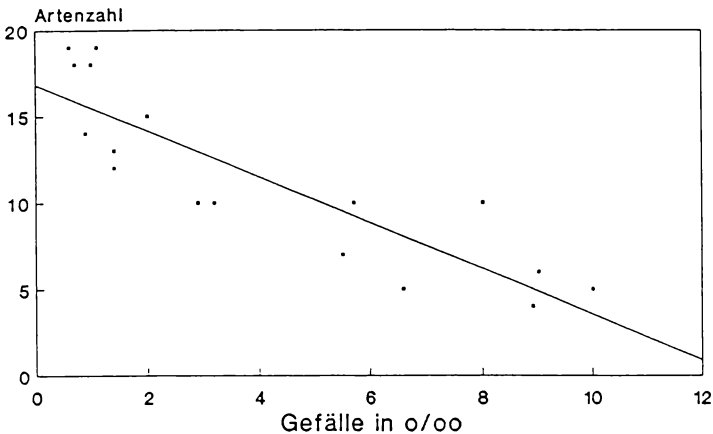


Abb. 1: Artenzahl und durchschnittliches Gefälle der Fließgewässer der Schwäbischen Alb. Berücksichtigt sind alle Arten höherer Wasserpflanzen, die regelmäßig submers vorkommen und das Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*)

Die Zunahme der Artenzahl in Fließgewässern mit geringem Gefälle wird verursacht durch das Hinzutreten folgender Arten (in der Reihenfolge ihres Erscheinens mit abnehmendem Gefälle): *Zannichellia palustris*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Sparganium emersum*, *Oenanthe aquatica*, *Nuphar lutea* und *Potamogeton berchtoldii*. Abgesehen von beinahe pflanzenleeren Flüssen mit besonders extremer Wasserführung (Eyach, Schlichem, Bära, Unterlauf der Fils) sind dagegen die strömungsunempfindlichen Arten *Ranunculus fluitans*, *R. trichophyllus* und *Berula erecta* fast überall anzutreffen. Auf die Wasserführung, besonders aber auf extreme Hoch- und Tiefwasserstände in einem Fließgewässer, weisen einerseits die Zusammensetzung der Arten und andererseits die Gesamtartenzahl hin.

4. Auswirkungen der Eutrophierung

Weniger deutlich ist im Gebiet der Zusammenhang zwischen dem Trophiegrad und der Makrophytenvegetation ausgeprägt.

Eine Indikation des Trophiegrades durch Wasserpflanzen wird aus folgenden Gründen oft stark erschwert:

- a) Andere Umweltfaktoren bestimmen die Verbreitung der Wasserpflanzen und überlagern evtl. vorhandene Unterschiede der trophischen Belastung. In erster Linie ist das die Wasserführung bzw. die herrschenden Fließgeschwindigkeiten (bezeichnenderweise sind die von CARBIENER & al. untersuchten Grundwasserbäche des Elsässer Rieds durch ein äußerst ausgeglichenes hydrologisches Regime charakterisiert).
- b) Eine ausgeprägte regionale Differenzierung der Gewässerflora. Wichtige Indikator-Arten, die in vielen Niedermoorfließgewässern des Elsässer Rieds und der Münchner Schotterebene die Ausweisung von floristisch-ökologischen Flußzonen erlauben, fehlen im Gebiet oder sind sehr selten (z. B. *Potamogeton coloratus*, *P. alpinus*, *Chara hispida*, *Chara vulgaris*). Auch Arten, die in der submersen Form hocheutrophe Standorte charakterisieren, sind zumindest auf der Schwäbischen Alb nur in wenigen Fließgewässern anzutreffen (*Butomus umbellatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Potamogeton pectinatus*).
- c) Ehemalige Verödungsstrecken werden oft nur zögernd wieder besiedelt.
- d) Eine zur floristischen Differenzierung nötige Mindest-Artenzahl ist in einigen Fließgewässern nicht gegeben. Die meisten vorkommenden Arten gedeihen zudem unter den verschiedensten Trophiebedingungen.

Die Ausweisung floristisch-ökologischer Flußzonen ist aus den oben genannten Gründen nur in einigen Fällen möglich, oft sind auch die Trophieunterschiede innerhalb eines Fließgewässersystems zu gering für eine floristische Differenzierung. Viele Fließgewässersysteme sind durchgehend hoch belastet (Schmiecha, Schussen, Ablach, Schwarzach), einige andere weisen durchgehend geringe Nährstoff-Belastungen (Zwiefalter Ach, Nau, Schmiech) auf. Auch in der Donau selbst lassen sich keine großen Belastungsunterschiede erkennen, von einigen kurzen Strecken nach der Einleitung großer Kläranlagen abgesehen.

Nur die Schelklinger Ach, ein Nebenfluß der Blau mit geringem Gefälle und ausgeglichener Abfluß, läßt sich in drei Zonen gliedern, die jeweils durch bestimmte Artengruppen charakterisiert sind.

Das heißt keinesfalls, daß die submerse Vegetation nicht auf die zunehmende Eutrophierung der Fließgewässer reagiert hat. Die Durchsicht der Herbarien und älterer floristischer Literatur zeigt den früheren Reichtum der Makrophytenflora auch in heute artenarmen Fließgewässersystemen (vgl. Abb. 3).

Aufgezeigt werden kann dieser Vorgang an der Ausbreitung eutraphenter oder dem Rückgang oligo- und mesotraphenter Arten innerhalb eines größeren Gebiets. Eine deutliche Ausbreitung verschmutzungsresistenter Arten kann aufgrund der spärlichen Kenntnis früherer Verbreitung nicht belegt werden, dagegen hat sich das verschmutzungsempfindliche dichtblättrige Laichkraut (*Groenlandia densa*) als geeigneter Indikator für die zunehmende Gewässereutrophie-

rung erwiesen (SCHÜTZ 1988). Diese Art bewohnt klare, nicht oder schwach eutrophierte Calciumhydrogencarbonatreiche Fließ- und Stillgewässer. In stärker verschmutzten Gewässern finden wir es kaum, und dann nur an Stellen mit deutlichem Grundwasserzutritt. *Groenlandia densa* war früher im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet, in den Flüssen und Bächen der Schwäbischen Alb sogar ausgesprochen häufig. Heute finden wir diese Art häufiger nur noch in den Karstquelltopfen der Schwäbischen Alb und in wenigen, schwach eutrophierten Forellenteichen und Karstbächen. Aus den Mittel- und Unterläufen der meisten Flüsse ist *Groenlandia* völlig verschwunden, nur in den gering belasteten Flüssen Schmiech, Nau und Zwiefalter Ach gibt es noch kleinere Populationen außerhalb der Oberläufe. In der Donau selbst ist *Groenlandia* heute auf zwei kurze Abschnitte beschränkt. In anderen Landschaften, besonders aber in der südbadischen Oberrheinaue, zeigte sich ein vergleichbarer Rückgang des dichtblättrigen Laichkrauts, einhergehend mit der allgemein zunehmenden Verschmutzung der Siedlungsgewässer seit Beginn der 60er Jahre.

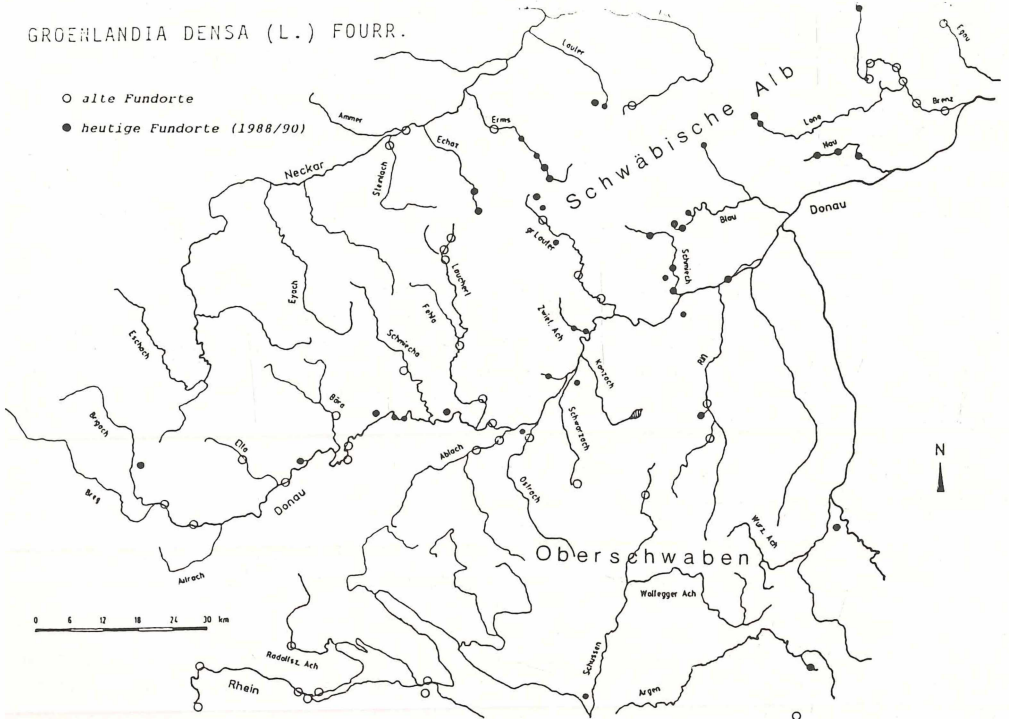


Abb. 2: Die heutige und frühere Verbreitung des dichtblättrigen Laichkrauts (*Groenlandia densa* (L.) FOURR.) im Untersuchungsgebiet. In der Karte sind nur die belegten älteren Fundorte eingetragen; die frühere Verbreitung war weit umfangreicher.

5. Kombinierte Auswirkungen von Wasserbau und Eutrophierung

Wasserbauliche Maßnahmen großen Stils haben mit Sicherheit schon vor der allgemeinen Eutrophierung zu Veränderungen der submersen Vegetation in vielen Flüssen geführt. Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten durch Begradigung mit nachfolgender Sohlerosion, Errichtung von Stautufen, Ausbaggerungen, die Nivellierung der Gewässersohle und der Uferlinie haben besonders in größeren Fließgewässern bereits früh zu einer erheblichen Verarmung des Artenbestandes beigetragen. Besonders im Neckar hängt das Verschwinden vieler Arten (Abb. 3) mit dem Ausbau zu einer Schiffsfahrtsstraße zusammen. Nun ist es aber die Regel, daß zu den flußbaulichen Maßnahmen heute die Auswirkungen einer zunehmenden Eutrophierung hinzukommen. Die Verbrei-

tungsmuster der heutigen submersen Flora (soweit sie noch vorhanden ist) sind nur aus dem Einfluß beider Faktoren zu erklären.

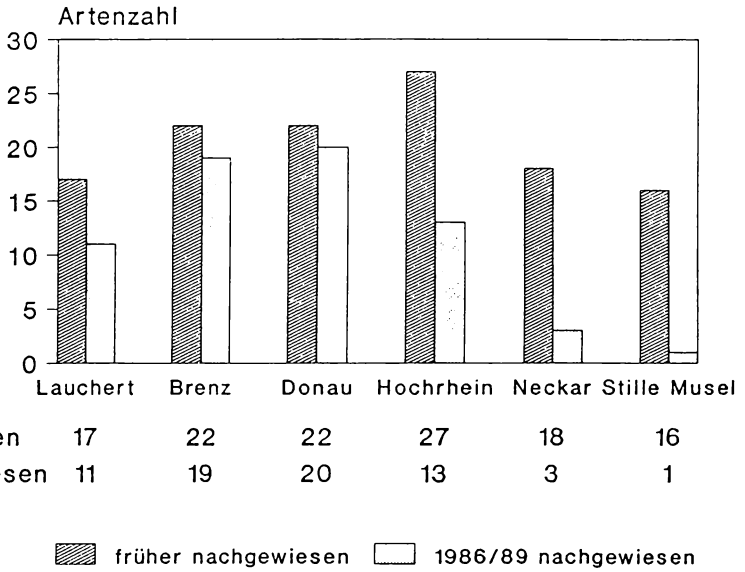


Abb. 3: Rückgang der Artenzahlen in einigen Fließgewässern Baden-Württembergs. Die Ursachen werden im Text erläutert (Neckar, Donau). Im Falle der Brenz spielt wahrscheinlich die Eutrophierung die größte Rolle. Ein Teil der Arten in der Lauchert ist nach Katastrophenhochwässern verschwunden, beim Hochrhein ist der Artenrückgang durch bestimmte Faktoren nicht schlüssig zu klären (HUBER 1976). Die reiche submersen Flora des kleinen Niedermoorflüßchens "Stille Musel" ist mit Sicherheit hochkonzentrierten Soleabwässern zuzuschreiben.

Donau

Ein besonders geeignetes Beispiel ist die obere Donau zwischen Donaueschingen und Ulm, in deren Verlauf sich die unterschiedlichsten Lebensbedingungen für Wasserpflanzen finden. So hat sich die Zusammensetzung der submersen Vegetation der Donau in den letzten 100 Jahren stark geändert. Verschollen sind zwar nur zwei Laichkräuter (*Potamogeton lucens*, *P. alpinus*), aber viele andere Arten sind stark zurückgegangen (*Potamogeton perfoliatus*, *P. natans*, *Groenlandia densa*, *Hippuris vulgaris*). Insbesondere die eutrophierungsempfindlichen Arten *Potamogeton perfoliatus* und *Groenlandia densa* waren früher in der Donau viel häufiger. Erhalten haben sich kleinere Bestände beider Arten in einem Teil der Durchbruchsstrecke der Donau durch den Weißen Jura und auf einer kurzen Strecke zwischen Ehingen und Ulm. Beide Fließstrecken sind vergleichsweise gering belastet. *Potamogeton perfoliatus* findet sich außerdem noch häufiger in den Stauhaltungen nach Ulm und (selten) zwischen Donaueschingen und Tuttlingen. Beide Arten fehlen heute völlig in der Molassefließstrecke zwischen Scheer und Rottenacker, zusammen mit weiteren, aber nicht verschmutzungsempfindlichen Arten (*Potamogeton natans*, *Nuphar lutea*). Dieser Flußabschnitt verläuft in der weichen, unteren Süßwassermolasse und wurde, ähnlich dem mäandrierenden Rhein zwischen Kehl und Mainz, zwischen 1840 und 1910 zu einem begradigten "Flußschlauch" mit befestigten Ufern umgestaltet. In der Folge setzte bald eine Erosion der Sohle ein, hervorgerufen durch die höheren Fließgeschwindigkeiten und die nunmehr fixierten Ufer. Die früher reiche submersen Vegetation (LÖFFLER 1923) wurde weitestgehend vernichtet und hat sich, wahrscheinlich in erster Linie wegen der instabilen Substratverhältnisse, bis heute nicht wieder eingestellt. Die Vegetationsverhältnisse ändern sich erst wieder zwischen Ehingen und Ulm, einer Fließstrecke, deren Gefälle durch zahlreiche Stau-

haltungen stark vermindert ist. Unterhalb der Wehre, aber auch in nicht zu tiefen Zonen oberhalb, wachsen oft gut entwickelte Wasserpflanzenbestände, in denen die erosionsempfindliche Teichrose (*Nuphar lutea*) häufig ist. In der unteren Süßwassermolasse sind also vor allem die durch wasserbauliche Maßnahmen herbeigeführten Zustände verantwortlich für das heutige Erscheinungsbild der submersen Vegetation.

Im Gegensatz zur Fließstrecke in der Molasse wurde die Donau in der Durchbruchsstrecke durch den weißen Jura nur wenig durch flußbauliche Maßnahmen verändert, sehen wir von einigen sehr alten Stauhaltungen ab. Trotzdem hat sich die Zusammensetzung der Vegetation auch hier stark geändert. Verschwunden bzw. zurückgegangen sind die mesotraphenten Arten *Groenlandia densa*, *Potamogeton perfoliatus*, *P. alpinus*, *P. lucens* und *Hippuris vulgaris*, aber auch eutraphente Arten wie *Ranunculus fluitans* scheinen gelegentlich lokal und vorübergehend zurückgegangen zu sein. Unterhalb großer Einleiter (Kläranlage Tuttlingen) kann der Rückgang der Makrophyten direkt auf die hohen Nähr- und Schadstoffgehalte zurückgeführt werden, in den anderen Bereichen machen dagegen oft sekundäre Wirkungen einer mäßigen Eutrophierung den höheren Wasserpflanzen zu schaffen. Hohe Plankton- und Schwebstoffdichten, aber vor allem die übermächtige Konkurrenz durch fädige Grünalgen bringen in warmen Sommern die submersen höheren Wasserpflanzen zum Absterben. Die donautypischen *Ranunculus-fluitans*-Dominanzbestände sind nur dort gut ausgebildet, wo die Donau auch bei Niedrigwasser eine mäßige Fließgeschwindigkeit aufweist und makrophytische Grünalgen keinen Massenwuchs bilden können.

Oberrhenaue

Als empfindliches Indikatorsystem hat sich auch die reiche, submerse Flora der Oberrhenebene erwiesen. Für die grundwasserbeeinflussten Bäche des Elsässer Rieds wurde von CARBIENER & al. (1990) eine "Eutrophierungs-Catena" beschrieben, die aus fünf Vegetationstypen besteht und deren Glieder empfindlich auf eine Veränderung der Trophie reagieren. Etwas abweichende Vegetationstypen hat KRAUSE (1971) aus der südbadischen Oberrhenaue beschrieben.

Zu Beginn der 60er Jahre wurden im Zuge des Rheinausbaus die vorher getrennten Altrheinsysteme der Oberrhenaue zusammengeschlossen und durch Einlaßbauwerke mit eutrophiertem Rheinwasser beschickt. Die ursprünglich vorhandenen Vegetationstypen gingen stark zurück oder verschwanden gebietsweise ganz. Durch die Zufuhr von Rheinwasser wurden viele ehemals oligotrophe Quellabläufe eutrophiert und verschlammt. Die typische Flora dieser Grundwasserbäche, an der die in Abb. 4 angeführten Arten maßgeblich beteiligt waren, verschwand an den nunmehr eutrophen Wuchsorten.

Ebenso gingen die Pflanzengesellschaften gelegentlich trockenfallender Flachstrecken (*Rivularietum, ruderale Agrostis* - Gesellschaft) stark zurück, da die Rinnen nun ganzjährig mit Rheinwasser gefüllt waren.

Die oligo- und mesotraphente Flora (*Chara hispida*, *Groenlandia densa*, *Hippuris vulgaris*, *Hildebrandia rivularis*) wurde bald durch die eutraphenten Arten *Potamogeton pectinatus*, *P. lucens* und *Ceratophyllum demersum* verdrängt. Neuerdings haben sich auch die Helophyten *Sagittaria sagittifolia* und *Butomus umbellatus* und der Neophyt *Elodea nutallii* in den Altrheinen stark ausgebreitet.

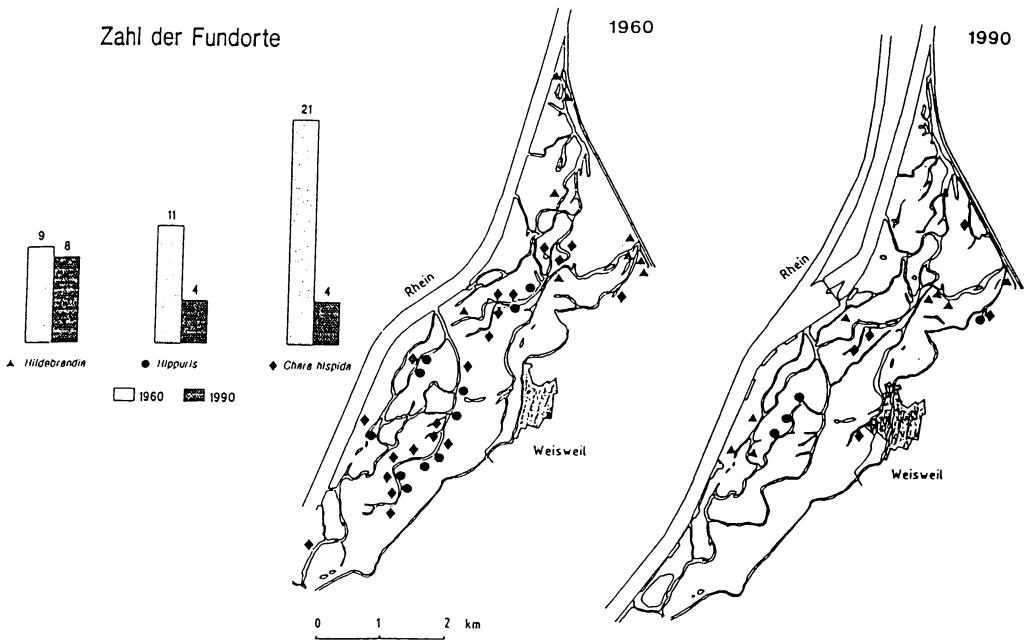


Abb. 4: Heutige und frühere Verbreitung einiger gefährdeter Wasserpflanzen in der Oberrheinaue bei Weisweil. 1960 nach KRAUSE; 1990 nach SCHÜTZ

Literatur

- CARBIENER, R., TREMOLIERES, M., MERCIER, J. L. & A. ORTSCHNEIT, 1990: Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio*: in press.
- HUBER, M., 1976: Die Verkräutung des Hochrheins unter besonderer Berücksichtigung von *Ranunculus fluitans* LAM. Bericht an das Eidgen. Amt f. Umweltschutz.
- JANAUER, G., 1981: Die Zonierung submerser Wasserpflanzen und ihre Beziehung zur Gewässerbelastung am Beispiel der Fische (Niederösterreich). *Verh. Zool. Bot. Ges. Österreich* 120: 73-98.
- KOHLER, A., BRINKMEIER, R. & H. VOLLRATH, 1974: Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 45: 5-36.
- KOHLER, A., VOLLRATH, H. & E. BEISL, 1971: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäß-Makrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Arch. Hydrobiol.* 69, 3: 333-365.
- KOLKOWITZ, R. & M. MARSSON, 1902: Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Fauna und Flora. *Mitteil. a. d. kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwasserbes.* 1.
- KONOLD, W., 1987: Oberschwäbische Weiher und Seen 2. *Vegetation, Limnologie, Naturschutz*. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe.
- KRAUSE, W., 1971: Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinaue. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 37, 4: 387-465.
- KUTSCHER, G., 1984: Verbreitung und Ökologie höherer Wasserpflanzen in Fließgewässern der Schwäbischen Alb. *Diss. TU München*.
- LANG, G., 1981: Die submersen Makrophyten des Bodensees, 1978 im Vergleich mit 1967. *IGKB-Ber.* 26.
- LIEBMANN, H., 1962: *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*. München, Jena.
- LÖFFLER, K., 1923: *Beschreibung des Oberamts Riedlingen*. Die Pflanzenwelt. Stuttgart.

- MELZER, A., HARLACHER, R. & E. VOGT, 1986: Verbreitung und Ökologie von makrophytischen Wasserpflanzen in fünfzig bayerischen Seen. Beih. 6 zu den Berichten der ANL: 5-144.
- SCHÜTZ, W., 1988: Zur Verbreitung und Ökologie des dichtblättrigen Laichkrautes (*Groenlandia densa* (L.) FOURREAU) in Baden-Württemberg (unter besonderer Berücksichtigung der Schwäbischen Alb). Hohenheimer Arbeiten. Gefährdung und Schutz von Gewässern: 173-176.
- SCHÜTZ, W., 1990: Vegetation und Flora der Fließgewässer der Schwäbischen Alb. Jh. Ges. Naturkde. Württemberg 145: 221-237.
- WIEGLEB, G., 1979: Vorläufige Übersicht über die Pflanzengesellschaften der niedersächsischen Fließgewässer. Naturschutz, Landschaftspfl. Nieders. 10: 85-114.

Adresse

Wolfgang Schütz
Bakumer Str. 80

W - 4520 Melle 1

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): Schütz Wolfgang

Artikel/Article: [Bioindikation mit Hilfe Höherer Wasserpflanzen
Möglichkeiten und Grenzen 521-528](#)