

Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensee-Untersees innerhalb der vergangenen 20 Jahre als Spiegelbild der trophischen Entwicklung

Klaus Schmieder

Synopsis

This study documents the changes in aquatic vegetation of Untersee, a part of Lake Constance, over the investigation time of about 20 years, including a period of fast eutrophication in the seventies (caused by the use of phosphatic detergents) and a subsequent period of decreasing trophy, due to the international efforts of the riparian states in eliminating phosphate from waste water.

The spreading development of most aquatic macrophytes shows a high relation to the trophic changes in the Untersee.

Zannichellia palustris, a very rare species before the seventies, increased to one of the most dominant species in the Untersee until the end of the seventies, where the highest trophic level was reached, but decreased subsequently with decreasing phosphate concentrations.

A lot of other species show a regressive development in the course of fast eutrophication. Most of them, like *Potamogeton perfoliatus* and *Najas intermedia*, could regenerate after phosphate concentrations had decreased, but others, like *Chara aspera*, *Chara tomentosa* and *Groenlandia densa* disappeared completely and could not be proved again.

But there are also species with no visible relation to the trophic development of the Untersee as *Nitellopsis obtusa*, *Elodea nuttallii* and *Potamogeton pusillus*, which spreaded strongly during the whole investigation period. Upon these results, the suitability of these species for trophy indication must be doubted.

aquatic macrophytes, long term changes, bioindication, lake restoration, Lake Constance

1. Einleitung

In den letzten Jahren gewannen die submersen Makrophyten als Indikatororganismen für die biologische Gewässerbeurteilung zunehmend an Bedeutung. Die sensible Reaktion auf Veränderungen der Standortbedingungen, ihre verhältnismäßig einfache Bestimmung und ihr stetiges Auftreten in Süßgewässern machten sie zu einem wertvollen Hilfsmittel der Gewässerbeobachtung. Mit ihrer Hilfe können auch zeitlich und räumlich eng begrenzte Ereignisse erfaßt werden, die einer hydrochemischen Analyse praktisch nicht zugänglich sind (MELZER 1988, KOHLER & al. 1974).

Am Bodensee wurde in diesem Zusammenhang von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) schon 1967 eine Kartierung der gesamten submersen Vegetation durchgeführt, ihre Ergebnisse sind im Bericht Nr. 12 der IGKB zusammengefaßt (LANG 1973). In den darauffolgenden zehn Jahren wurden anhand ausgewählter Testflächen die Veränderungen der Ufervegetation verfolgt (SCHRÖDER 1981), worauf dann 1978 wiederum eine Kartierung der gesamten Uferzone des Bodensees erfolgte, deren Ergebnisse LANG (1981) im Vergleich zu 1967 darstellt.

1986 wurden die Untersuchungen durch das Institut für Seenforschung und Fischereiwesen in Langenargen wieder aufgenommen. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Kartierung sind im vorliegenden Bericht im Vergleich zu den früheren Untersuchungen dargestellt. Die Veränderungen der submersen Vegetation werden im Kontext der Entwicklung der wasserchemischen Parameter

diskutiert, welche während des Untersuchungszeitraumes den größten Veränderungen unterworfen waren. Die für diese Auswertung benötigten Daten wurden vom Institut für Seenforschung und Fischereiwesen in Langenargen freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

2. Methodik

2.1 Eingrenzung

Die 1986 durchgeführte Kartierung der Litoralvegetation beschränkte sich vornehmlich auf die submersen Makrophyten. Um auf Artniveau arbeiten zu können und den Zeitaufwand möglichst gering zu halten, wurde sowohl auf die Einbeziehung der fädigen Großalgen als auch der emersenen Ufervegetation inklusive der Strandrasen verzichtet, zumal neuere Untersuchungen zur Entwicklung der Schilfbestände (STARK & DIENST 1989) sowie der Strandrasenvegetation des Bodensees bekannt sind (THOMAS & al. 1987). Eine Beteiligung aller Anrainerländer, wie dies bei den früheren Untersuchungen der Fall war, konnte nicht erreicht werden, so daß die Kartierung sich auf die Litoralbereiche Baden-Württembergs beschränkte, wobei im vorliegenden Bericht die Ergebnisse für den Untersee dargestellt sind.

2.2 Kartierung/Feldarbeit

Eine Reihenmeßbildbefliegung, wie sie in den Jahren 1967 und 1978 als Grundlage für die Vegetationserhebungen durchgeführt wurde, konnte aus finanziellen Gründen nicht durchgeführt werden. Eine Konstanz der Methodik, wie sie für vergleichende Untersuchungen zu fordern ist, konnte also nicht eingehalten werden. Als einfache, den früheren Untersuchungen am nächsten kommende Methode erwies sich eine Rasterkartierung vom Boot aus. Entlang von Transekten im Abstand von 100 m Uferlinie wurden vom Ufer aus in Richtung Seemitte alle 50 m Stichproben der submersen Vegetation mittels eines Krauthakens entnommen, bestimmt und in zwei Häufigkeitsklassen (bestandsbildend, wenig vertreten) notiert. Die Notierung erfolgte auf transparente Deckfolien, die auf Luftbilder aus der Reihenmeßbildbefliegung von 1978 aufgelegt wurden, wobei mit Hilfe der Luftbilder die Orientierung auf See sowie eine relativ genaue Lokalisierung der Stichprobenorte ermöglicht wurde.

2.3 Auswertung

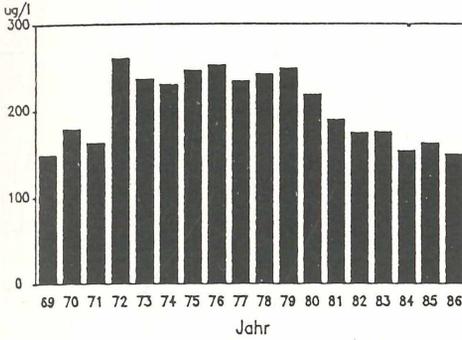
Um einen Vergleich der aktuellen Kartierungsergebnisse mit den vorangegangenen von 1967 und 1978 zu ermöglichen, mußten die Rohdaten dieser Untersuchungen erneut ausgewertet werden, da eine Auswertung der Kartierung von 1986 nach der dort verwendeten Methode aufgrund der verschiedenen Kartierungsmethoden nicht möglich war.

Ähnlich der Frequenzbestimmung der Methode von 1978 (vgl. LANG 1981) wurde auch bei der vorliegenden Auswertung ein Gitternetzfeinraster über die Luftbilder gelegt, dessen Rasterquadrate in der Natur Quadraten von 125 m x 125 m entsprechen. Die Transparentfolien mit den Häufigkeitsangaben für die einzelnen Arten wurden auf das Raster gelegt und für jede Art maßstabsgetreu in eine Karte des Untersees (Maßstab 1:50.000) übertragen, wobei die beiden verwendeten Häufigkeitsklassen "bestandsbildend" und "wenig vertreten" jeweils durch Rasterpunktdurchmesser von 2 mm bzw. 1 mm symbolisiert sind. Nach dieser Methode waren die 1967, 1978 und 1986 erhaltenen Rohdaten gleichermaßen auswertbar, so daß ein Vergleich der Ergebnisse möglich wurde. Die so entstandenen Verbreitungskarten der einzelnen Arten besitzen eine Auflösung von 125 m x 125 m und ergeben einen sehr guten Überblick über die räumliche Verbreitung der einzelnen Arten im Untersee sowie deren Entwicklung im Laufe des erfaßten Zeitraums von nahezu 20 Jahren.

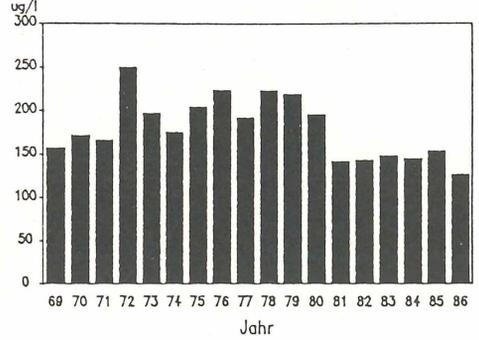
3. Ergebnisse

3.1 Zeitliche Entwicklung wichtiger wasserchemischer Parameter in den Seeteilen des Untersees

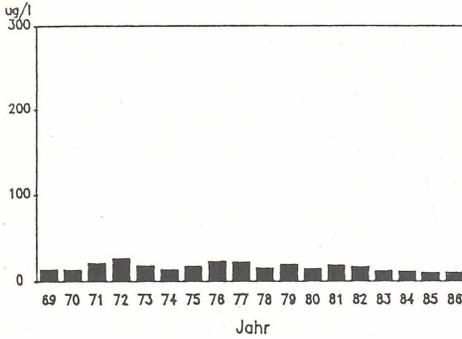
Gesamt-PO₄-Konzentration im Gnadensee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986



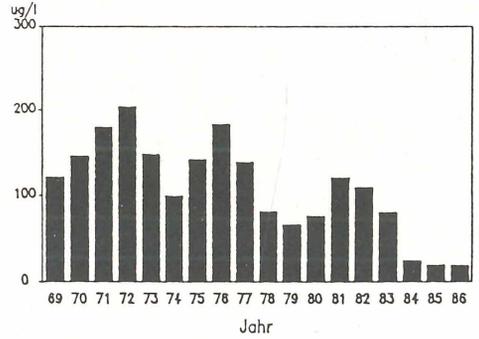
Gesamt-PO₄-Konzentration im Zellersee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986



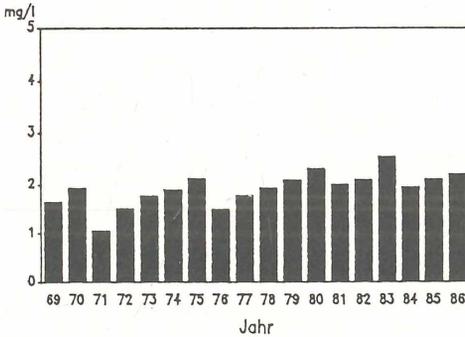
NH₄-Konzentration im Gnadensee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986



NH₄-Konzentration im Zellersee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986



Nitrat-Konzentration im Gnadensee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986



Nitrat-Konzentration im Zellersee
Jahresmittel in 0-10 m Tiefe von 1969 - 1986

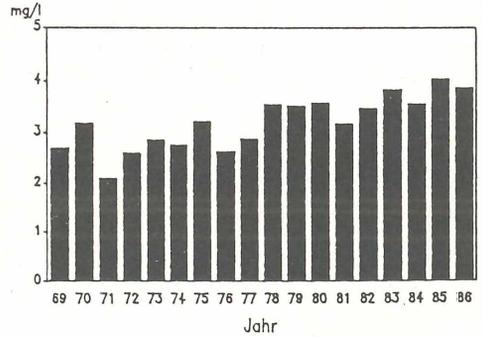


Abb. 1: Gesamt-Phosphat-, Ammonium- und Nitratkonzentration der beiden Seeteile Gnadensee und Zellersee von 1969-1986

3.2 Liste der von 1967-1986 gefundenen Arten

Bryophyta:

Fontinalis antipyretica [HEDW.]

Characeae:

Chara aspera [(DETHARD) WILLD.]

Chara contraria [KÜTZING]

Chara denudata [A. BRAUN]

Chara fragilis [DESVAUX]

Chara tomentosa [L.]

Nitellopsis obtusa [(DESVAUX) J. GROOVES]

Monocotyledonae:

Alisma gramineum [LEJ.]

Groenlandia densa [(L.) FOURREAU]

Najas intermedia [WOLFG.]

Potamogeton crispus [L.]

Potamogeton friesii [RUPR.]

Potamogeton gramineus [L.]

Potamogeton helveticus [(G. FISCHER) W. KOCH in W. KOCH & G. KUMMER]

Potamogeton lucens [L.]

Potamogeton pectinatus [L.]

Potamogeton perfoliatus [L.]

Potamogeton pusillus [L.]

Potamogeton zizii [KOCH ex ROTH]

Zannichellia palustris [L.]

Dicotyledonae:

Ceratophyllum demersum [L.]

Elodea canadensis [MICHX.]

Elodea nuttallii [(PLANCHON) ST. JOHN]

Myriophyllum spicatum [L.]

Nuphar lutea [(L.) J.E. SMITH in SIBTHORP & J.E. SMITH]

Nymphaea alba [L.]

Polygonum amphibium [L.]

Ranunculus circinatus [SIBTHORP]

Ranunculus trichophyllum [CHAIX in VILLARS]

Utricularia australis [R. BROWN]

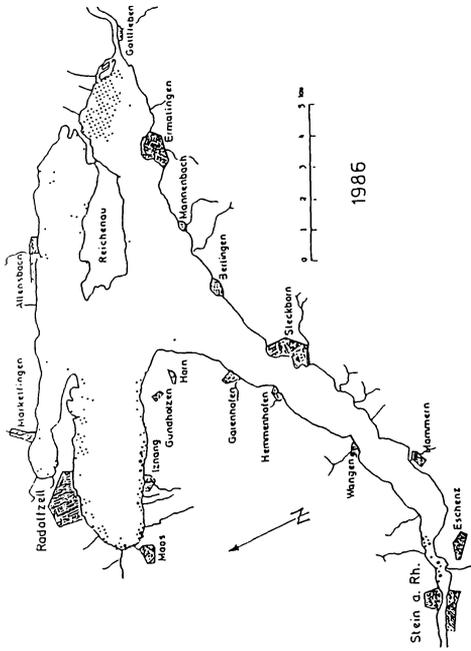
3.3 Typische Beispiele der Verbreitungsentwicklung einzelner Arten im Zusammenhang mit den trophischen Veränderungen während des Untersuchungszeitraumes

3.3.1 Arten mit gleichförmiger Verbreitungsentwicklung zur trophischen Entwicklung

Zannichellia palustris (Abb. 2) ist eine der wenigen Arten, die sich in der rasanten Eutrophierungsperiode bis hin zu Massenentwicklungen entfalten konnte, aber nach Absinken der Phosphatkonzentrationen wieder stark zurückging. Auch die Verbreitungsentwicklung von *Potamogeton pectinatus* vollzog sich während des Untersuchungszeitraumes in ähnlicher Form, aber weniger ausgeprägt.

3.3.2 Arten mit gegenläufiger Verbreitungsentwicklung zur trophischen Entwicklung

Die Verbreitungsentwicklung von *Najas intermedia* (Abb. 3) steht als typisches Beispiel für solche Arten, die während der rasanten Eutrophierungsperiode der 70er Jahre in ihren Beständen stark zurückgingen, sich aber nach Absinken der Phosphat-Konzentrationen wieder erholen konnten. Weitere Arten mit ähnlicher Verbreitungsentwicklung sind *Potamogeton perfoliatus*, *P. lucens*, *P. crispus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus circinatus*, *Ceratophyllum demersum* und *Elodea canadensis*.



Zannichellia palustris

- bestandsbildende Art
- wenig verteilte Art
- Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht erfasst
- Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht erfasst
- Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht erfasst

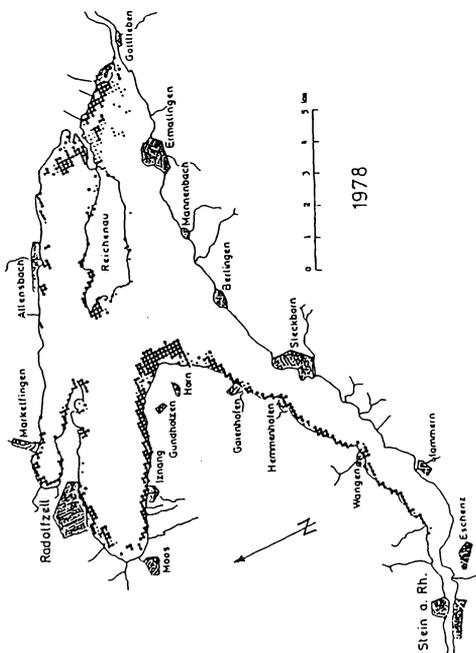
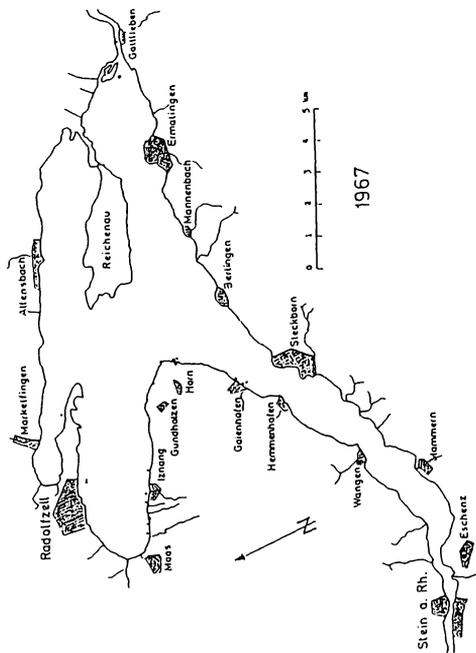
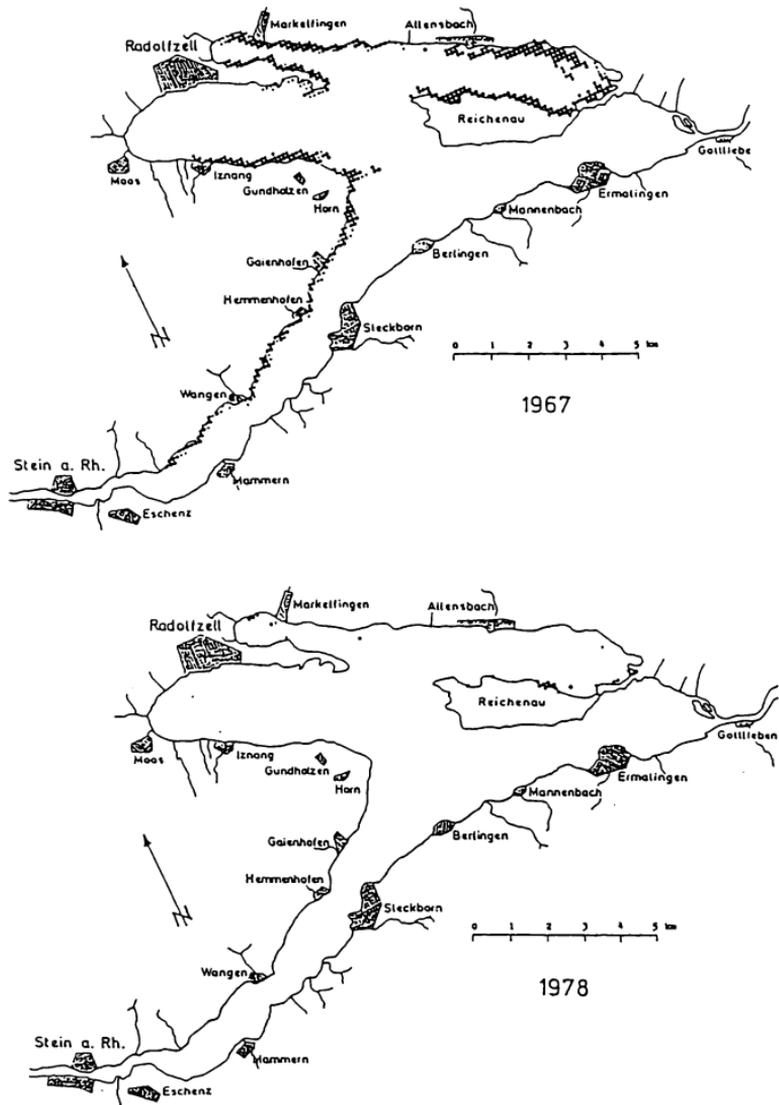
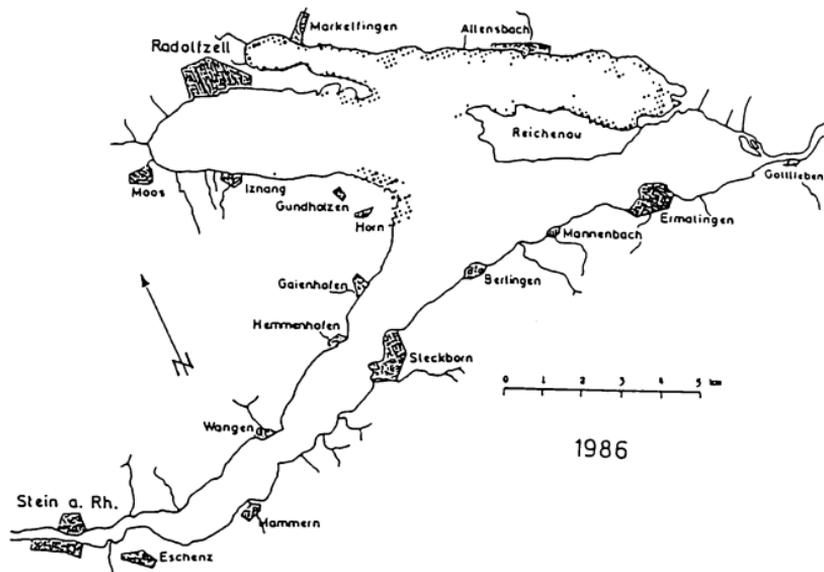


Abb. 2: Verbreitung von *Zannichellia palustris* in den Kartierungsjahren 1967, 1978 und 1986

Abb. 3: Verbreitung von *Najas intermedia* in den Kartierungsjahren 1967, 1978 und 1986





Najas intermedia

- bestandsbildende Art
- wenig verteilte Art
- Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht gefunden
- ⊕ Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht erfaßt
- ⊕ ⊕ Art wurde im betreffenden Kartierungsjahr nicht gesondert erfaßt

3.3.3 Arten, die sich während des Untersuchungszeitraumes stetig ausbreiteten

Neben *Nitellopsis obtusa* zeigen auch *Potamogeton pusillus*, *P. friesii* und *Elodea nuttallii* einen solchen Entwicklungsverlauf.

3.3.4 Arten, die im Laufe des Untersuchungszeitraumes im Untersee verschwunden sind

Das Verschwinden fast aller Arten vollzog sich während der rasanten Eutrophierungsperiode zwischen 1967 und 1978. Bis 1990 nicht wieder aufgetreten sind *Chara tomentosa*, *Ch. aspera*, *Potamogeton zizii* und *Groenlandia densa*. *P. gramineus* konnte 1988 in einem kleinen Vorkommen im östlichen Gnadensee wiedergefunden werden.

4. Diskussion

Die Entwicklung der submersen Vegetation des Bodensee-Untersees zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit der Entwicklung der Trophie, welche ihrerseits eng mit der Entwicklung der Phosphat-Konzentration sowie der Konzentration der Stickstoffkomponenten Nitrat und Ammonium verknüpft ist. Unabhängig von den jährlichen Schwankungen der Vegetationsverhältnisse, von denen auch LANG (1973) berichtet, zeichnet sich eine deutliche Verschiebung der Artzusammensetzung sowie der Flächenanteile einzelner Arten an der Gesamtvegetation während der Eutrophierungsperiode der 70er Jahre ab (vgl. LANG 1981, SCHRÖDER 1981). Diese Periode ist gekennzeichnet durch die Förderung eutraphenter Arten, wie *Z. palustris* und *P. pectinatus* (vgl. MELZER 1988), und dem Rückgang der meisten übrigen Arten, von denen einige am Höhepunkt der Trophie Ende der 70er Jahre vollständig verschwunden waren (*P. gramineus*, *P. zizii*, *G. densa*, *M. spicatum*, *Ch. aspera*, *Ch. tomentosa*). Inwieweit dieser Rückgang vieler Arten direkt auf die Veränderungen der wasserchemischen Verhältnisse zurückzuführen ist oder ob Sekundäreffekte, wie Beschattung durch erhöhte Phytoplankton-Produktion, die entscheidende Rolle spielen, läßt sich nur für wenige Arten entscheiden. Beispielsweise übersteigen die Ammonium-Konzentrationen im Zellersee über längere Zeit deutlich die empirisch ermittelte Toleranzgrenze bei *P. lucens* (PIETSCH 1982). Für die meisten der Mitte der 60er Jahre im Untersee noch verbreiteten Arten hatten die durch die IGKB koordinierten und Anfang der 80er Jahre greifenden Reinhaltemaßnahmen zur Folge, daß sich die während der Eutrophierungsperiode stark zurückgegangenen bzw. verschwundenen Bestände wieder erholen bzw. wiederansiedeln konnten, so daß die Vegetationsverhältnisse von 1986 wieder eine deutliche Annäherung an die Verhältnisse von 1967 zeigen. Die Verbreitungsentwicklung einiger Arten läßt sich jedoch nicht mit der Entwicklung der trophischen Verhältnisse während des Untersuchungszeitraumes in Zusammenhang bringen. So kann das am Untersee beobachtete Ausbreitungsverhalten von *Nitellopsis obtusa*, das in ähnlicher Form auch an anderen Gewässern beschrieben wurde (KRAUSE 1985), hierdurch nicht erklärt werden. Auch das Ausbreitungsverhalten des Anfang der 80er Jahre in den Untersee eingewanderten Neophyten *Elodea nuttallii* läßt sich erwartungsgemäß nicht mit der Entwicklung der wasserchemischen Verhältnisse in Zusammenhang bringen. Eine Verwendung dieser Arten als Trophie-Indikatoren ist zumindest für das Untersuchungsgebiet des Bodensee-Untersees zweifelhaft.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung dokumentiert eine gelungene Seensanierung. Sie zeigt, daß geeignete Maßnahmen im Einzugsgebiet die Eutrophierungs-Entwicklung eines Sees nicht nur stoppen, sondern in gewissem Maße auch umkehren können. Sie belegt die Regenerationsfähigkeit von Arten, deren Standortansprüche im Bodensee-Untersee zeitweise nicht mehr gegeben waren und liefert wertvolle Hinweise zur Verwendbarkeit einzelner Arten für die Trophie-Indikation.

Literatur

- LANG, G., 1973: Die Makrophytenvegetation in der Uferzone des Bodensees unter besonderer Berücksichtigung des Zeigerwertes für den Gütezustand. IGKB Ber. 12: 67 S.
- LANG, G., 1981: Die submersen Makrophyten des Bodensees - 1978 im Vergleich mit 1967. IGKB Ber. 26: 64 S.
- MELZER, A., 1988: Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. Hohenheimer Arbeiten: Gefährdung und Schutz von Gewässern: 105-116.
- KOHLER, A., BRINKMEIER, A. & H. VOLLRATH, 1974: Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. Ber. Bayer. Bot. Ges. 45: 5-36.
- KRAUSE, W., 1985: Über die Standortansprüche und das Ausbreitungsverhalten der Sternarmleuchteralge *Nitellopsis obtusa* (DESV.) J. GROOVES. *Carolinea* 42: 31-42.
- PIETSCH, W., 1982: Makrophytische Indikatoren für die ökochemische Beschaffenheit der Gewässer. In: *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung*, Band II. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 67-88.
- SCHRÖDER, R., 1981: Die Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensees in ausgewählten Testflächen in den Jahren 1967-1978. IGKB Ber. 27: 116 S.
- STARK, H. & M. DIENST, 1989: Dynamics of lakeside reed belts at Lake Constance (Untersee) from 1984 to 1987. *Aquat. Bot.* 35: 63-70.
- THOMAS, P., DIENST, M., PEINTINGER, M. & R. BUCHWALD, 1987: Die Strandrasen des Bodensees. *Veröff. Nat. Landschaftpl. Ba.-Wü.* 62: 325-346.

Adresse

Klaus Schmieder
Institut 320
Universität Hohenheim
Postfach 70 05 62

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): Schmieder Klaus Friedrich

Artikel/Article: [Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensee-Untersees innerhalb der vergangenen 20 Jahre als Spiegelbild der trophischen Entwicklung 537-544](#)