

# Die quantitative Verbreitung der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees

Von A. Melzer und M. Herrmann, München

## Zusammenfassung:

In den Jahren 1978 und 1979 wurden während der Tauchkartierung im gesamten Uferbereich des Starnberger Sees quantitativ und qualitativ folgende Verbreitungsverhältnisse festgestellt:

Es kommen heute 29 Arten vor, von denen 5 zu den Characeen (Phycophyta, Chlorophyceae), 3 zu den Bryophyta und 21 zu den Spermatophyta gehören. Neben 4 emersen Röhrichtarten wurde eine Schwimmblattpflanze gefunden, den Rest stellen submerse Pflanzen.

Zu den dominierenden Arten gehören verschiedene Vertreter der Armleuchteralgen, wie auch Gefäßpflanzen, so sind es unter den submersen Arten *Chara contraria*, *Ch. fragilis*, *Nitellopsis obtusa*, *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* und *P. pusillus*, unter den emersen die Röhrichtpflanze *Phragmites australis*.

Das Vorkommen der wichtigsten Arten wird an Hand von Verbreitungskarten quantitativ wiedergegeben, spezielle Standortansprüche erläutert, sowie der Indikatorwert der Hauptvertreter diskutiert. Ein Vergleich mit den Vegetationsverhältnissen, die vor ca. 80 Jahren festgestellt wurden, zeigt, daß sich in der Gruppe der Characeen ein fast vollständiger Artenwechsel vollzogen hat. Bei den Gefäßpflanzen sind es dagegen weniger qualitative als vielmehr quantitative Unterschiede.

## 1. Einleitung

Es bestand bisher ein gewisser Gegensatz zwischen der allgemeinen Bekanntheit und Beliebtheit der oberbayerischen Seen und der Intensität ihrer wissenschaftlichen Erforschung. Zwar reichen die ersten Untersuchungen bis zur Jahrhundertwende zurück (z. B. EBERT 1900, ULE 1901, AMMANN 1912, FELS 1914) und wurden auch in der Folge betrieben, umfassende und kontinuierlich durchgeführte Erhebungen erfolgten jedoch erst in einem relativ kurz zurückreichenden Zeitraum. So liegen heute u. a. limnologische Beschreibungen der Niedersonthofener Seen (FRÖBRICH & MANGELSDORF 1973), des Waginger-Tachingener Sees (NÄHER et al. 1974), des Schlier- und Tegernsees (HAMM 1976), der Osterseen und Eggstätt-Hemhofer Seen (MELZER 1976), des Ammersees (STEINBERG 1978) und des Alpsees (STREIL et al. 1979) vor. Gegenwärtig werden der Starnberger- und Walchensee (STEINBERG, pers. Mitt.) sowie der Königssee (SIEBECK, pers. Mitt.) untersucht, so daß in naher Zukunft ein abgerundetes Gütebild über den Zustand der wichtigsten bayerischen Voralpenseen vorliegen wird.

Stehende Gewässer können in ihrem Trophiegrad jedoch einem relativ raschen Wechsel unterworfen sein, ein Vorgang, den man bei einem Anstieg der Produktivität allgemein als Eutrophierung bezeichnet. Wie Abwasserbeseitigungsmaßnahmen an oberbayerischen Seen gezeigt haben, muß diese Entwicklung jedoch nicht immer in Richtung auf eine steigende Trophie zulaufen, sondern kann unter günstigen Umständen im Laufe weniger Jahre (z. B. Tegernsee, HAMM 1976) umgekehrt werden. Um Veränderungen im Nährstoffhaushalt von Gewässern belegen zu können, bedarf es kontinuierlich sowie langfristig durchgeführter und damit in vieler Hinsicht aufwendiger chemisch-physikalischer Untersuchungsreihen. Eine Möglichkeit, diesen Umstand zu umgehen, bietet die Anwendung biologischer Methoden zur Bestimmung der Gewässergüte. Der Vorteil dieser Methoden besteht darin, daß Indikatororganismen die zur

Wirkung kommenden Milieufaktoren integrierend anzeigen und damit Zufälligkeiten in der Gewässerbeurteilung viel eher auszuschließen sind als bei der chemischen Untersuchung, die ja immer nur eine mehr oder weniger häufig durchgeführte Stichprobe sein kann.

Die Anzahl biologischer Gütebestimmungsmethoden ist groß (vgl. z. B. SCHWOERBEL 1980), wobei die Gewässerbeurteilung zumeist auf einer Erfassung der tierischen Organismen beruht. In jüngerer Zeit wurden, ausgehend von Skandinavien (FORSBERG 1964, ELORANTA 1970, UOTILA 1971), jedoch auch zunehmend makrophytische Wasserpflanzen als Indikatororganismen herangezogen, so daß mittlerweile von einer Reihe bayerischer Fließgewässer (KÖHLER et al. 1971, 1973) und Seen (MELZER 1976, HAMM 1976, STREIL et al. 1979) Angaben über Verbreitung und Zeigerwert dieser aquatischen Organismengruppe vorliegen.

Mit der vorliegenden Arbeit soll die quantitative Verbreitung der Makrophyten des Starnberger Sees beschrieben werden. Mit Hilfe der vom bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft seit 1976 durchgeführten chemisch-physikalischen Untersuchungen ist darüber hinaus eine Gegenüberstellung mit der Verbreitung der submersen Makrophyten möglich, so daß die ökologischen Ansprüche und der Zeigerwert der wichtigsten Vertreter herausgearbeitet werden konnten.

## 2. Entstehung des Sees und Hydrographie

In dem Gebiet, das bei der letzten Eiszeit, der Würmeiszeit, von Gletschern bedeckt war, liegen heute noch eine Reihe kleinerer und größerer Seen, die der Wirkung des Eises ihre Entstehung verdanken. Zu ihnen zählt der etwa 30 km südlich vor München gelegene Starnberger See, der bis 1962 offiziell Würmsee hieß und der letzten eiszeitlichen Epoche seinen Namen gab. Im Postglazial umfaßte der Starnberger See ein weit größeres Areal als die heutigen Verhältnisse noch zu erkennen geben. So gehörten die südlich des Sees gelegenen Osterseen sowie andere, heute nicht mehr existierende Seeteile (wie z. B. Murnauer-, Loisach- und Wolfratshausenersee) zum Stammbecken. Im Laufe der weiteren Entwicklung liefen diese Teile des Seebeckens leer. Da außerdem die Zuflüsse aus den Alpen vom See abgelenkt wurden, war eine weitgehende hydrologische Isolierung vom Umland die Folge.

So kennzeichnet diese Situation ein nur sehr kleines Wassereinzugsgebiet, das nur das 5,5fache des Seearcals ausmacht und dessen äußerster Punkt nur 12 km vom Ufer entfernt liegt. Da der See keinen Hauptzufluß besitzt, unterliegt der Wasserstand keinen größeren Schwankungen, und zusätzlich bewirken die geringen Zuflußmengen, die wenigen kleineren Bächen entstammen, einen sich nur sehr langsam vollziehenden Wasseraustausch (theoretische Wassererneuerungszeit: ca. 19 Jahre, NÄHER 1963).

Die Längsachse des 20 km langen und maximal 5 km breiten Sees verläuft ziemlich genau in N-S-Richtung, wobei sein knapp 50 km langes Ufer eine Seefläche von 57 km<sup>2</sup> umfaßt. Lediglich der Karpfenwinkel in der Mitte des Westufers bildet eine größere Ausbuchtung in der sonst sehr gleichförmig verlaufenden Uferlinie. Wegen seiner großen Tiefe von 127 m besitzt der Starnberger See mit 3,1 km<sup>3</sup> das größte Volumen der oberbayerischen Voralpenseen.

## 3. Anmerkungen zum Trophiezustand

Wie die meisten Seen, die in hochzivilisierten Gebieten liegen, hat auch der Starnberger See in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Veränderung seines Trophiezustandes durch die Einleitung und Einschwemmung organischer bzw. anorganischer Abwässer und Nährstoffe erfahren.

Als Folge der erhöhten Produktivität des Sees verschlechterte sich in den 60er Jahren die durchschnittliche sommerliche Sichttiefe im Vergleich zu den um die Jahrhundertwende gemessenen Werten erheblich. Während AMMANN (1912) in den Sommerhalbjahren 1910–1912 noch konstant eine Sichttiefe von 5–6 m beobachtete, stellten WÄCHTER (1959) und NÄHER (1963) in den Jahren 1956–59 einen starken Rückgang mit einem Minimum von 1,5 m im August der Jahre 1956 und 1959 fest.

Der Rückgang der Sichttiefe im Pelagial des Starnberger Sees war auf eine drastische Zunahme der Phytoplankton-Biomasse zurückzuführen, die sich nicht nur in einer verminderten Wassertransparenz widerspiegelte, sondern auch tiefgreifende Veränderungen im Sauerstoffhaushalt mit sich führte. So konnten in den Jahren 1959 (NÄHER 1963) und 1971 (KÖLBING 1974) in der trophogenen Zone Übersättigungen von bis zu 40% nachgewiesen werden, während sich über dem Grund der Tiefenrinne eine erhebliche Sauerstoffverarmung einstellte.

Nachdem bis 1976 der Hauptteil der am See liegenden Gemeinden an eine Ringkanalisation angeschlossen und damit der größte Teil der kommunalen Abwässer dem See ferngehalten wurde, verbesserte sich die Wassergüte deutlich. In den Jahren 1976–79 (STEINBERG, pers. Mitt.) konnten lediglich noch epilimnische O<sub>2</sub>-Übersättigungen von 20% ermittelt werden und gleichzeitig war eine Zunahme der Wassertransparenz zu beobachten.

Durch die sehr effektive Abwasserbeseitigungsmaßnahme gingen die Gesamt-P-Gehalte des Wassers seit etwa 1970 (KÖLBING 1974) um ein Vielfaches zurück und haben sich heute auf einem Niveau von ca. 20–30 µg/l (STEINBERG, pers. Mitt.) eingependelt (Messungen während der Zirkulationsphasen), was u. a. zeigt, daß der Starnberger See mittlerweile wieder als mesotrophes Gewässer einzustufen ist.

#### 4. Kartierung der submersen makrophytischen Vegetation

In den Sommerhalbjahren 1978 und 1979 wurden im gesamten Uferbereich des Starnberger Sees alle makrophytischen Wasserpflanzen durch autonomes Tauchen kartiert und die quantitative Verbreitung der Arten geschätzt. Die Schätzung der Pflanzenmenge (Kombination von Abundanz und Deckungsgrad) wurde bereits 1942 von TÜXEN und PREISING zur Wasserpflanzenkartierung beschrieben, wobei eine fünfstufige Skala (sehr selten = 1, selten = 2, verbreitet = 3, häufig = 4, sehr häufig, massenhaft = 5) als Quantifizierungsmaß dient. Die für die gesamte Uferlinie erstellten Luftbilder konnten als hilfreiche Unterstützung zum gezielten Aufsuchen größerer, isoliert liegender Pflanzenbestände verwendet werden, waren jedoch als alleinige Kartierungsmethode nicht ausreichend.

### 5. Die Makrophytenvegetation

#### 5.1 Artenliste

Im folgenden wird ein Überblick über die während der Vegetationsperiode 1979 im See gefundenen Arten gegeben, wobei außer den Submersen und Schwimmblattpflanzen auch die Arten des Röhrichs mit berücksichtigt werden, die dem Seebereich zuzuordnen sind, d. h. die ganzjährig mit ihrem Wurzelbereich vom Wasser überflutet sind. Die aufgeführten Pflanzen sind in der jeweiligen Gruppe entsprechend ihrer Gesamthäufigkeit der Reihe nach geordnet (siehe Abb. 1).

#### Submerse Pflanzen

##### Phycophyta:

*Chara contraria* Kütz.

*Chara fragilis* Desv.

*Nitellopsis obtusa* (Desv.) J. Groves

*Chara aspera* Willd.

*Chara delicatula* Agardh

##### Bryophyta:

*Leptodictyum riparium* Schimper

*Fontinalis antipyretica* L.

*Ricciella fluitans* L.

### Spermatophyta:

*Potamogeton perfoliatus* L.  
*Potamogeton pectinatus* L.  
*Potamogeton pusillus* L. (= *P. panormitanus* Biv.)  
*Zannichellia palustris* L.  
*Myriophyllum spicatum* L.  
*Elodea canadensis* Michx.  
*Ranunculus circinatus* Sibth.  
*Potamogeton friesii* Rupr. (= *P. mucronatus* Schrader)  
*Nuphar lutea* (L.) Sm.  
*Potamogeton gramineus* L.  
*Potamogeton crispus* L.  
*Potamogeton lucens* L.  
*Ranunculus trichophyllus* Chaix.  
*Utricularia vulgaris* L.  
*Ranunculus fluitans* Lamark  
*Veronica beccabunga* L.

### Emerse Pflanzen

#### Spermatophyta:

*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Stendel  
*Scirpus lacustris* L.  
*Phalaris arundinacea* L.  
*Iris pseudacorus* L.

## 5.2 Angaben zur Verbreitung der einzelnen Arten:

### Submerse Arten

#### *Chara contraria*:

(Karte 1)

Unter den im Starnberger See auftretenden Characeen liegt *Chara contraria* mengenmäßig an erster Stelle. Die Art bildet, mit wechselnder Häufigkeit, um den See einen weitgehend geschlossenen Gürtel, abgesehen von kleineren Lücken, die ohne Bewuchs sein können.

Characeen sind allgemein recht wandlungsfähig (KRAUSE 1976), d. h. sie verändern ihr Äußeres zwischen Jugend und Alter und in Anpassung an die Umwelt bisweilen ganz erheblich.

Im Starnberger See ist es lediglich *Chara contraria*, die ihren Habitus unter den beschriebenen Einflüssen sehr vielfältig wandelt. Neben der typischen kräftigen Form, die eine Größe von 10 cm selten übersteigt, treten besonders in der südlichen Hälfte des Sees, sowohl am West- wie am Ostufer, teilweise in Massen die großen Exemplare der forma *hispidula* auf, die häufig dichte und weite Rasen bilden. Die forma *hispidula* wird 40 cm lang und ist von zumeist kräftig grüner Farbe. Sowohl die Internodien, wie auch die Stacheln und Stipeln sind bei dieser Form stark verlängert.

Überwiegend am meist kiesigen, windexponierten Ostufer ist in lockeren Abständen noch die niedrigwüchsige und zarte forma *dissoluta* zu finden, die nahezu unberindet ist und auf den ersten Blick an die ebenfalls rindenlosen *Nitella*-Arten erinnert.

An das Sediment stellt *Cb. contraria* keine besonderen Ansprüche, denn sie ist sowohl zwischen Geröll oder auf kiesigem Untergrund, als auch auf Sandboden und weichem Kalkschlamm anzutreffen. Auch ein bevorzugter Tiefenbereich kann nicht angegeben werden, denn oft reicht sie bis zur Vegetationsgrenze hinab, wobei sie jedoch mit der Tiefe eine Veränderung ihres Habitus zeigt. In den oberen 2 Metern, wo sie häufig zwischen locker stehendem Schilf gedeiht, siedelt die kräftige gedrungene Form, die den Wasserbewegungen an der Oberfläche

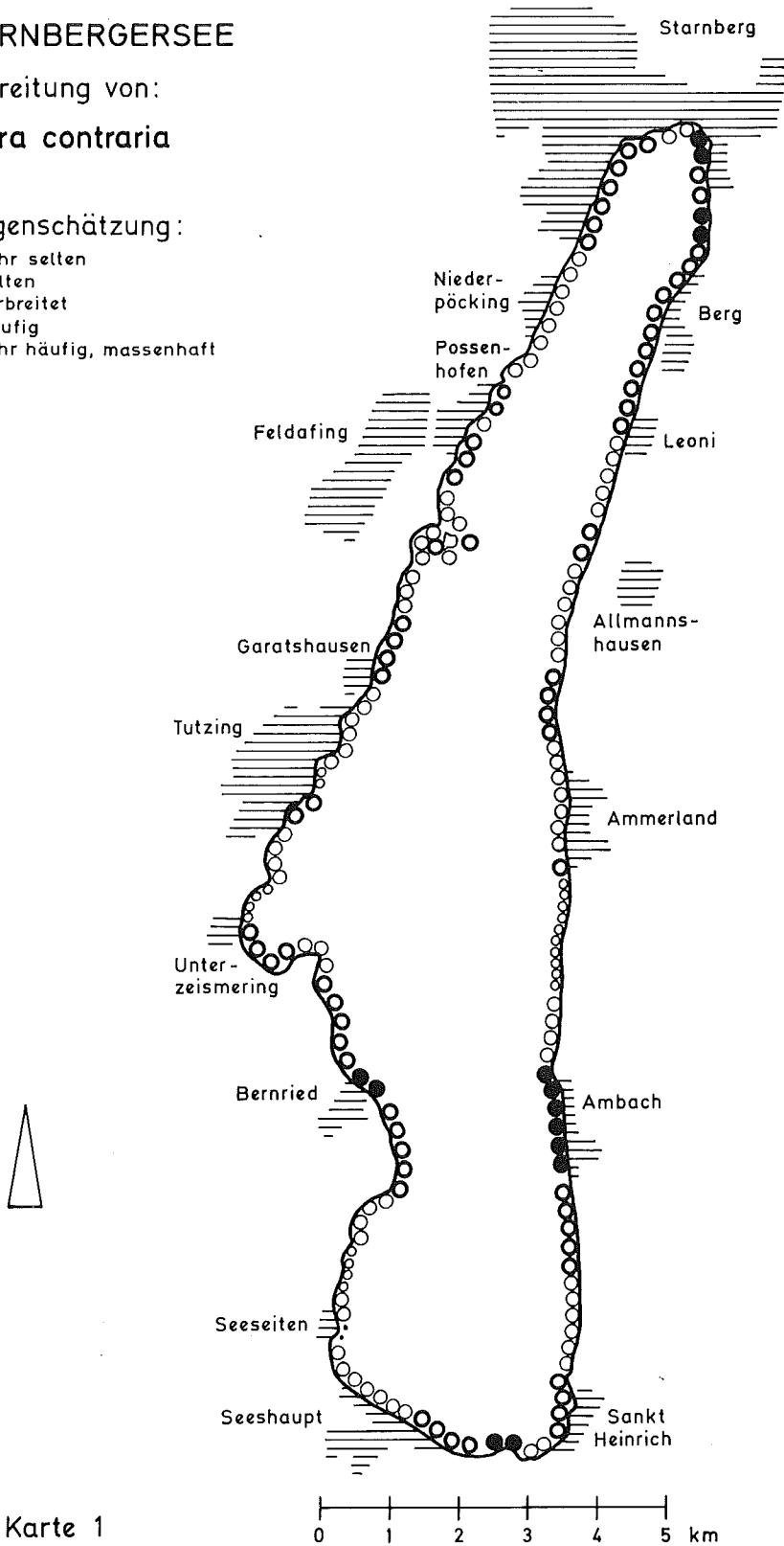
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Chara contraria*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Karte 1

am besten standhält. Die langen zerbrechlichen oder zarten Exemplare wachsen dagegen bevorzugt im tiefer gelegenen Bereich.

Entlang der gesamten Uferlinie zeigt *Ch. contraria* einen regelmäßigen Wechsel zwischen verbreitetem und häufigem Vorkommen. Massenhaft tritt sie nur in fünf Abschnitten auf, vor Ambach und Bernried und dem fast unbelasteten Osterseezulauf und am Nordende des Sees bei Percha, nicht dagegen am Westufer im Bereich des belasteten Starzenbach und Kalkgraben. Insgesamt zeigen sich im Bereich der Zuflüsse jedoch keine allzu deutlichen Abweichungen, die Rückschlüsse auf deren Belastungsgrad zuließen.

### **Chara fragilis:**

(Karte 2)

Mit der erwähnten *Ch. contraria* gehört *Ch. fragilis* zu den dominierenden Arten im Starnberger See, wenn sie auch mengenmäßig etwas zurücksteht. Die Verbreitungsschwerpunkte, d. h. ein häufiges, überdurchschnittliches Auftreten, liegen für beide Pflanzen oft in denselben Abschnitten.

*Ch. fragilis* ist eine mittelgroße, vielgestaltige Art, die mit ihrem überwiegend schlanken Wuchs, einer feingestreiften Rinde und den deutlich abgesetzten Endzellen ihrer Quirläste ein charakteristisches Aussehen besitzt. Im Starnberger See tritt sie vorwiegend in der großen forma *hedwigii* auf, die in meist kräftigen Exemplaren oft größere Büschel, teilweise aber auch weite Rasen bildet. Die kleinere Form der *Ch. fragilis*, die kaum höher als 15 cm wird, war dagegen verhältnismäßig selten anzutreffen. Ähnlich wie *Ch. contraria* stellt auch *Ch. fragilis* keine besonderen Ansprüche an das Sediment. Sie ist sowohl im flachen Uferbereich zu finden, über Schlamm, der sich zwischen den Steinen gefangen hat, als auch auf Sandboden und Kalkschlammuntergrund. Die größere forma *hedwigii* scheint jedoch Sand- und Schlammboden zu bevorzugen, denn stärkere Ansammlungen und Massenverbreitung sind nur hier zu beobachten.

Auch *Ch. fragilis* reicht bis zur Vegetationsgrenze hinab, wo sie z. T. noch dichte Rasen ausbildet. Vergesellschaftet ist sie häufig mit *Nitellopsis obtusa*, *Ch. contraria* und auch höheren Wasserpflanzen. In letztem Fall tritt *Ch. fragilis* jedoch nur in lockeren Beständen auf und nie rasenbildend.

Sie gedeiht in allen Abschnitten, wobei keine nennenswerten Häufigkeitsunterschiede auftreten, lediglich zwischen Berg und Percha konnte eine stärkere Häufung beobachtet werden. Im Bereich der Zuflüsse ist die Art höchstens als verbreitet, nie als häufig einzuschätzen.

### **Chara aspera:**

(Karte 3)

Nach MİGULA (1897) gehört *Ch. aspera* zu den zartesten und feingliedrigsten Charenformen. Die im Starnberger See gefundenen Exemplare, die selten größer als 15 cm waren, vermittelten jedoch zunächst nicht den Eindruck besonderer Zartheit, denn eine starke Kalkinkrustierung und ein dichter Überzug mit Aufwuchsalgen ließen sie zumeist als starr und kräftig erscheinen.

In Größe und Gesamteindruck erinnert die Pflanze sehr an *Ch. contraria*, mit der sie auch oft zusammen auftrat.

Im Starnberger See wurde *Ch. aspera* meist dicht am Ufer gefunden, mehr oder weniger locker zwischen Schilf oder Steinen verteilt. Bei Starnberg und Niederpöcking, vor Bernried, Ambach und Percha bildet sie auch dichte Polster und weite, verfilzte Pflanzendecken, ein für diese Characee an sich typisches Verbreitungsbild.

Wenn sie auch bevorzugt im flachen Uferbereich wuchs, so war sie zwischen St. Heinrich und Ambach auf Sandboden auch bis in ca. 2 m Tiefe anzutreffen. Mit der stärkeren Verbreitung am Westufer des Sees bestätigt *Ch. aspera* die Annahme von MİGULA (1897), daß sie sich bevorzugt in stilleren Buchten ansiedelt, wogegen KRAUSCH (1964) eine Vorliebe für wellen- und windexponierte Seeufer angibt.

Das Vorkommen von *Ch. aspera* macht im Vergleich zu den beiden bereits genannten Armleuchteralgen nur ca. ein Drittel der Menge aus. MELZER (1976) stellte in den benachbarten Osterseen für diese Art eine größere Empfindlichkeit gegenüber zunehmender Belastung fest,

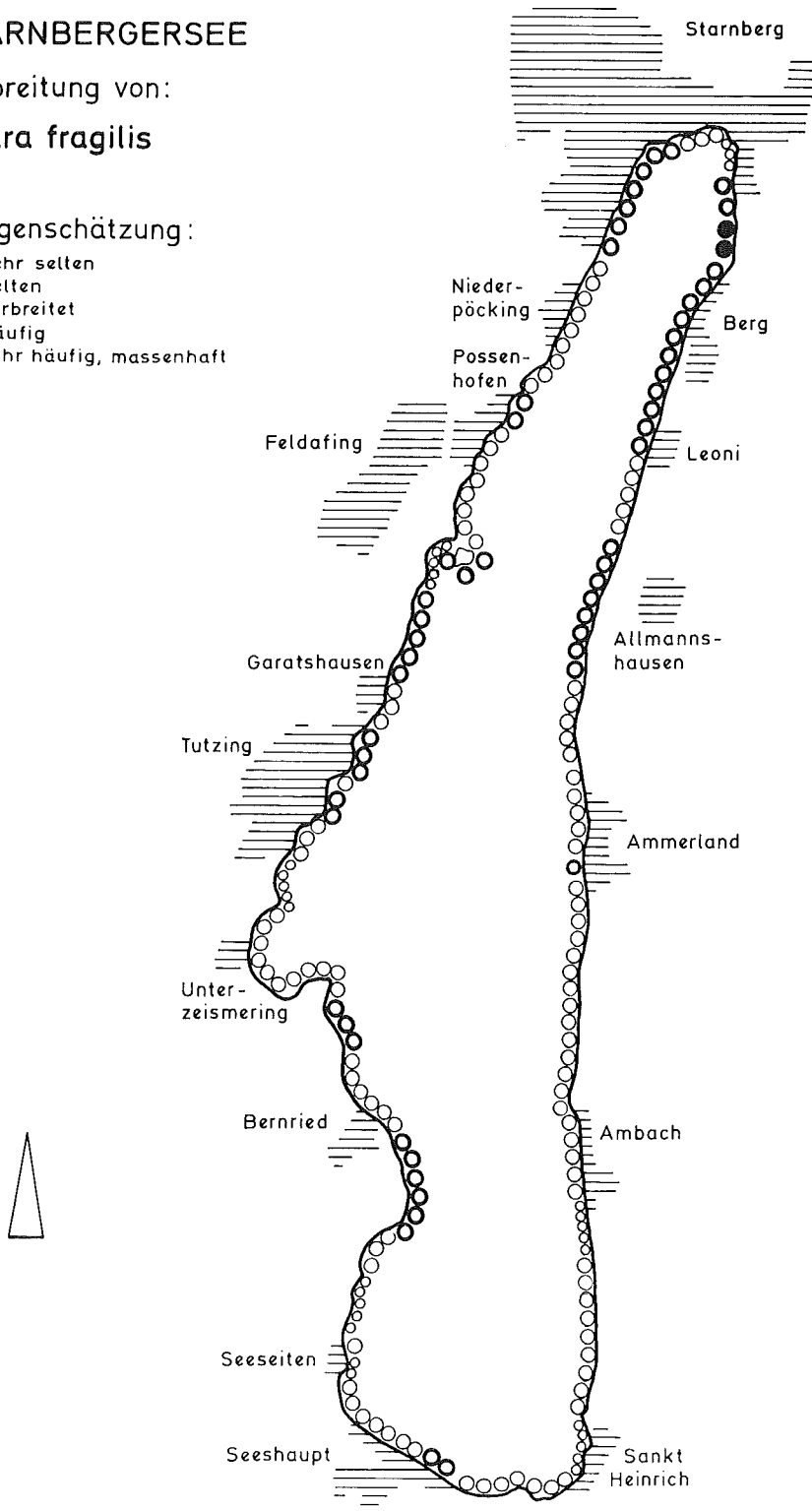
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

## Chara fragilis

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Karte 2

0 1 2 3 4 5 km

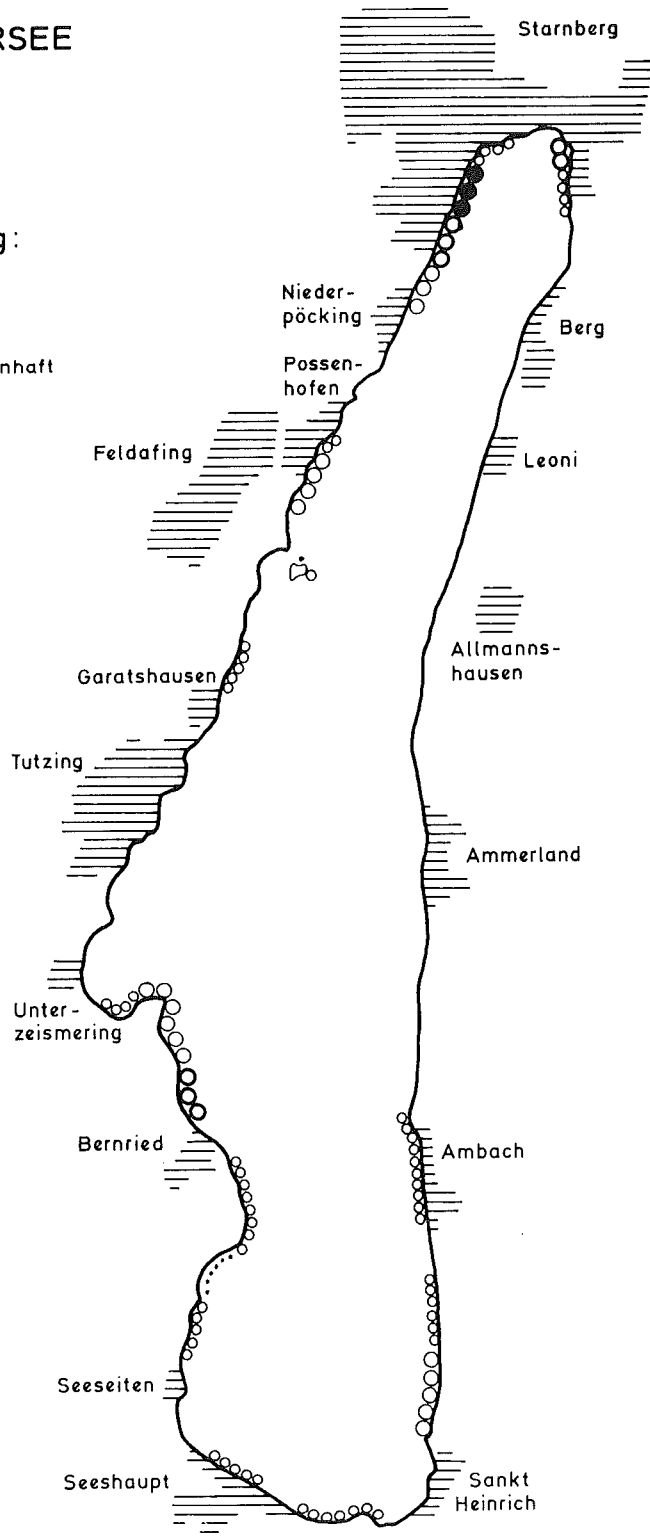
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Chara aspera*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft





was ihr relativ geringes Vorkommen im Starnberger See erklären würde. Dort stellt sie möglicherweise ein Relikt aus Zeiten geringerer Belastung dar, das die vom Trophiezustand als besonders kritisch zu wertenden 60er Jahre überstand und jetzt wieder in Ausbreitung begriffen ist.

### **Nitellopsis obtusa:**

(Karte 4)

Auch *Nitellopsis obtusa* ist eine der häufiger vertretenen Characeen im Starnberger See. Von den anderen Armleuchteralgen ist sie wegen ihrer Größe, den unberindeten Sprossen, den typischen Quirlästen, den langen Internodien und ihrem meist buschigen Auftreten ohne Schwierigkeiten zu unterscheiden. Im Spätsommer ist die olivgrüne Pflanze außerdem mit auffällig orangeroten Antheridien besetzt.

Zieht man die Pflanze vorsichtig aus dem Sediment heraus, so fallen sternchenförmige Knoten an den untersten Sproßteilen auf. Hierbei handelt es sich um Bildungen von schräg nach unten wachsenden Stärkeknöllchen die sich während der Vegetationsperiode mit Reservestoffen anfüllen und der vegetativen Vermehrung der Pflanze dienen.

Bis auf wenige Fälle, in denen Einzel Exemplare zu finden sind, kommt *Nitellopsis obtusa* im Starnberger See zu größeren Büscheln und Polstern zusammengefaßt oder rasenartig in großer Individuenzahl vor, meist in einiger Entfernung vom Ufer, wo die mechanische Wirkung der Wellen stark vermindert ist. Dort steigt sie dann bis in größere Tiefen hinab, wobei sie mit einem dichten Gürtel zumeist die Grenze der Vegetation bildet. Auf weite Strecken hin kann sie aber auch vollständig fehlen.

Das Verbreitungsbild im See zeigt eine Bevorzugung des Westufers. Die eindrucksvollste Ausbreitung liegt in der Starnberger Bucht vor, mit einem scheinbar endlosen, weit hinausreichenden Teppich, aus dem vereinzelt Exemplare des stengelumfassenden Laichkrautes (*Potamogeton perfoliatus*) herausragen. Auch im Karpfenwinkel tritt sie an einigen Stellen massenhaft auf und vor Bernried und zwischen St. Heinrich und Ambach bildet sie ab ca. 3 m Tiefe breite Pflanzengürtel aus. Nur an ganz wenigen Stellen, wie z. B. am Segelhafen vor Seeseiten gedeiht *Nitellopsis obtusa* auch direkt im Flachwasserbereich zwischen *Scirpus lacustris* und *Phragmites australis*.

In größeren Tiefen ist sie bisweilen mit *Ch. fragilis* als einziger Begleitpflanze anzutreffen, was auch etliche andere Autoren (DAMBSKA et al. 1971, zit. in KRAUSE 1980) für die Rheinaue und andere Gewässer angeben, wo das Nitellopsidetum obtusae ebenfalls als Einart-Dominanzgesellschaft vorliegt. Im seichteren Wasser geht der Deckungsgrad der dominierenden *Nitellopsis obtusa* erheblich zurück und andere Characeen und Blütenpflanzen kommen dazu.

### **Chara delicatula:**

(Karte 5)

Die Verbreitung dieser Armleuchteralge im Starnberger See ist verglichen mit den anderen Characeen gering, an einigen Stellen tritt sie jedoch sehr häufig auf.

Nach MIGULA (1897) ist diese Art bei fehlender Fruktifikation oft nicht leicht von *Ch. aspera* zu unterscheiden, was für die Exemplare im Starnberger See allerdings nicht zutrifft, da diese meist doppelt so groß, viel zarter und mit wenigen, relativ kurzen Stacheln besetzt sind. Sie gleicht viel eher der kleinen Form von *Ch. fragilis*, zu der sie auch MIGULA in nahe Verwandtschaft setzt; Unterschiede zeigen sich zu dieser in der heterostichen Berindung, der Bestachelung und der weitgehend zarteren Beschaffenheit dieser Art.

Ihren Verbreitungsschwerpunkt besitzt *Ch. delicatula* mit massenhaftem Auftreten in Nachbarschaft zu den erwähnten *Nitellopsis*-Haufen im Karpfenwinkel. Die Pflanze liebt durchwegs weichen Schlamm- und Sandboden und eine mittlere Tiefe von 3–5 m.

### **Bryophyta:**

Auch die Moospflanzen sind als weitere Abteilung der Kryptogamen mit drei Arten im Starnberger See vertreten, die jedoch alle von quantitativ untergeordneter Rolle sind. *Fontinalis anti-*

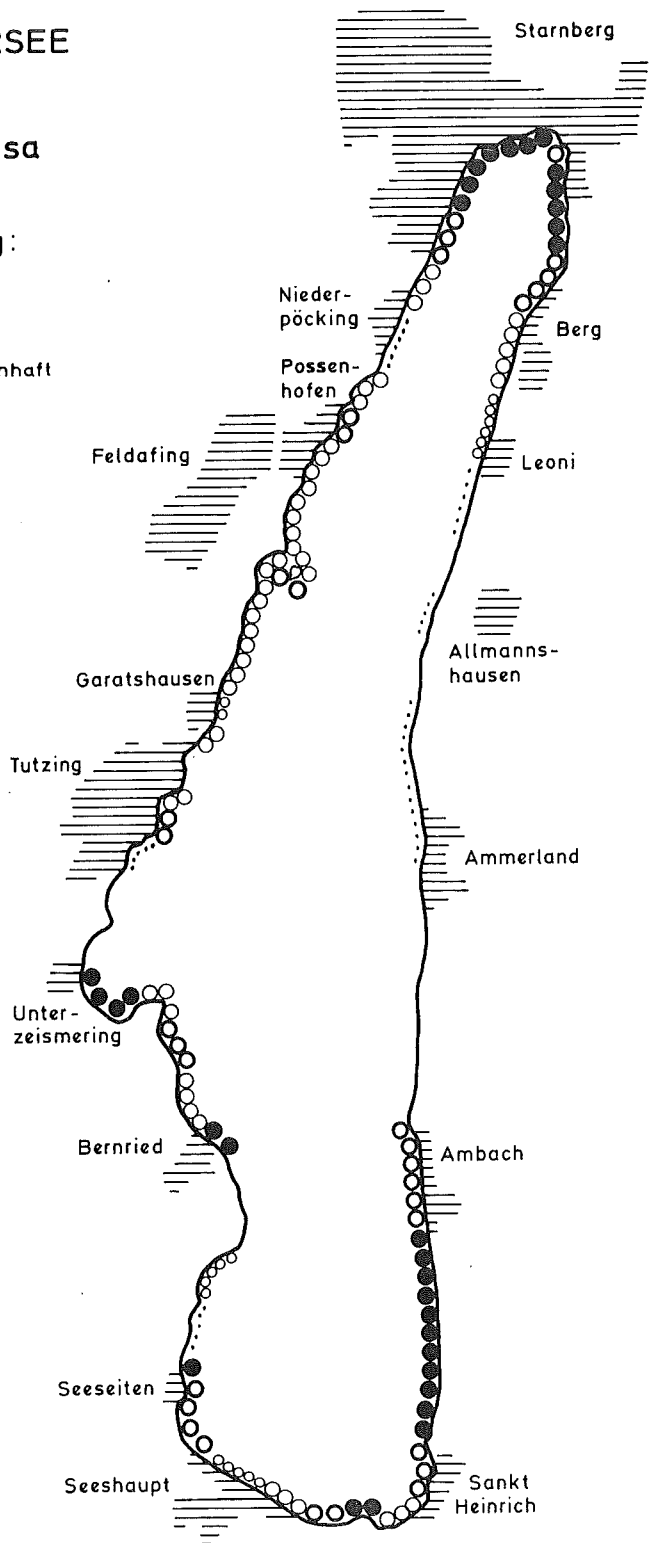
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Nitellopsis obtusa*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



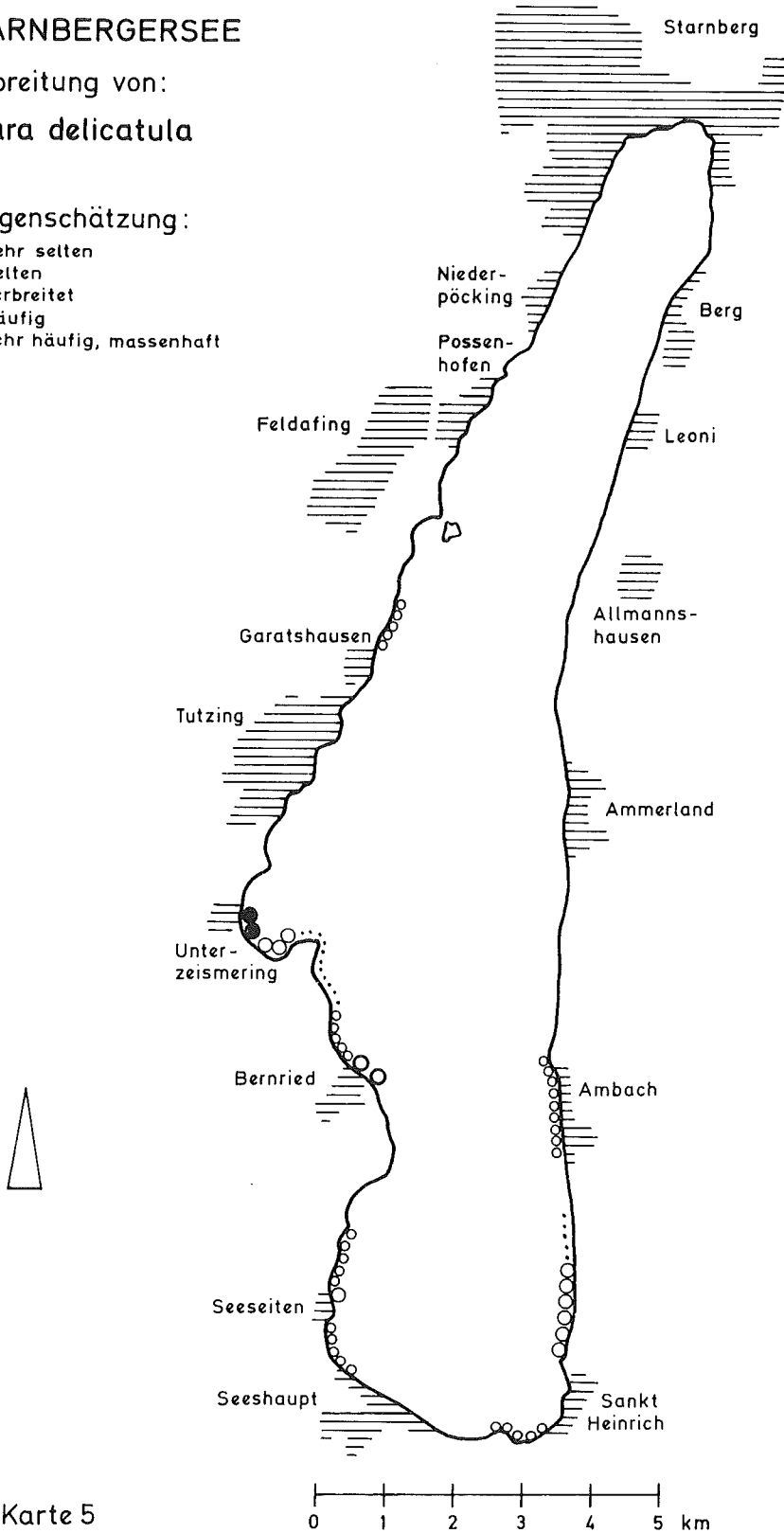
# STARBERGERSEE

Verbreitung von:

*Chara delicatula*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



*pyretica* tritt vorwiegend am Westufer auf, mit einem allgemein seltenen oder sehr seltenen Vorkommen, *Leptodictyum riparium* wächst mit ähnlich geringer Verbreitung bevorzugt am Ostufer, wo auch *Ricciella fluitans* mit 5 Einzelexemplaren gefunden wurde.

### **Potamogeton perfoliatus:**

(Karte 6)

Von den im Starnberger See vorkommenden Laichkrautarten ist *Potamogeton perfoliatus* die häufigste. Sie wurde in jedem Abschnitt angetroffen mit ganz eindeutigem standortspezifischem Verhalten, so daß man regelrecht gezielt nach ihr suchen konnte. Sie besiedelt nämlich bevorzugt den unteren Teil des für Gefäßmakrophyten relevanten Tiefenbereichs zwischen 3 und 7 m, wo sie dichte bis lückige Wälder bildet und häufig wie ein Gürtel die Vegetationszone abschließt. Wegen dieser Tiefenpräferenz sind selbst ausgedehnte Bestände vom Boot aus meistens nicht auszumachen. Die Formenvielfalt innerhalb dieser Art ist beträchtlich. In der wohl häufigsten Form, der forma *typicus* (TISELIUS 1895) oder forma *ovalifolius* (WALLROTH), ist der aufrechte, relativ lange Laubtrieb mit ovalen, tief herzförmig den Stengel umfassenden Blättern besetzt.

Bezüglich der Länge der Pflanze, der Blattform und des Blattansatzes existieren die verschiedensten Variationen und trotzdem gehören sie alle zur selben Art. LACHAVANNE und WATTENHOFER (1975) haben dieses Phänomen in ihrer Studie über den Genfer See ebenfalls erwähnt. Im Tiefenbereich von 1–2 m traten auch Exemplare der var. *ovalifolius* (WALLROTH) forma *pseudodensus*, bisweilen stark an *Potamogeton densus* erinnernd, der var. *richardsonii* mit länglichen zugespitzten Blättern, der var. *gracilis* forma *lanceolatus*, sowie der forma *densifolius* neben der typischen Form auf. Diese Formen waren nur in sehr geringer Menge vertreten.

Entsprechend ihrer Tiefenpräferenz wurde die Pflanze nur auf weichem sandigen oder schlammigen Untergrund gefunden.

Ohne Ausnahme ist sie im gesamten Uferbereich vertreten in wechselnder Häufigkeit zwischen verbreitet und massenhaft, die Ausnahme ist das Vorkommen nur einzelner Exemplare.

Obwohl die Art am Ostufer häufiger als am Westufer gedeiht, zeigt sich eine ausgesprochene Massenfaltung vorwiegend an sehr geschützten Orten, wie den Segelhäfen vor Starnberg (Undosa), Bernried und Seeshaupt. Zwischen St. Heinrich und Ambach bildet sie in geraumer Entfernung vom Ufer ein dichtes Pflanzenband kurz bevor die Uferhalde in größere Tiefen abfällt.

WIEGLEB (1976) bezeichnet das stengelumfassende Laichkraut als konkurrenzkräftige Art, die durch Eutrophierungseinflüsse aber nur wenig begünstigt wird (MELZER 1976). Beobachtungen am Bodensee (LANG 1973) und am Genfer See (LACHAVANNE & WATTENHOFER 1975) zeigen unter entsprechenden Bedingungen eine Ablösung durch *P. pectinatus*.

Bereits im September sind an *P. perfoliatus* die ersten Zerfallserscheinungen bemerkt worden, aber selbst im Spätherbst, wenn die Laubtriebe fast nur noch verrottete Blätter tragen, ist das „Gesicht“ der Pflanze unverkennbar.

### **Potamogeton pectinatus:**

(Karte 7)

Das Kammlaichkraut ist eine weitverbreitete Wasserpflanzenart, es findet sowohl in stehenden, wie auch in langsam fließenden Gewässern für sein Wachstum geeignete Bedingungen vor.

Die formenreiche Art, deren dreinervige Blätter allesamt untergetaucht sind, ist im Starnberger See sowohl in einer kleinen, maximal 10 cm hohen, büscheligen Form anzutreffen, als auch in bis 1 m hohen, reichlich verzweigten Exemplaren, die sehr häufig auf größeren Flächen nahezu undurchdringliche Bestände bilden. Nur diese Form, die var. *vulgaris*, wird zwischen Ende Juni und Anfang August mit Blüten und später fruchtend angetroffen. Wie das stengelumfassende Laichkraut zeigt auch das Kammlaichkraut eine eindeutige Tiefenpräferenz, es bildet seine mehr oder weniger dichten Bestände vornehmlich im Bereich bis zu 3 m aus, davon überwiegend in 1–2 m Tiefe. Der Untergrund scheint dabei von geringerer Bedeutung für das Vorkommen der Art zu sein, denn die Pflanze wächst sowohl auf Sand wie auch auf kiesigem Boden zwischen den Steinen.

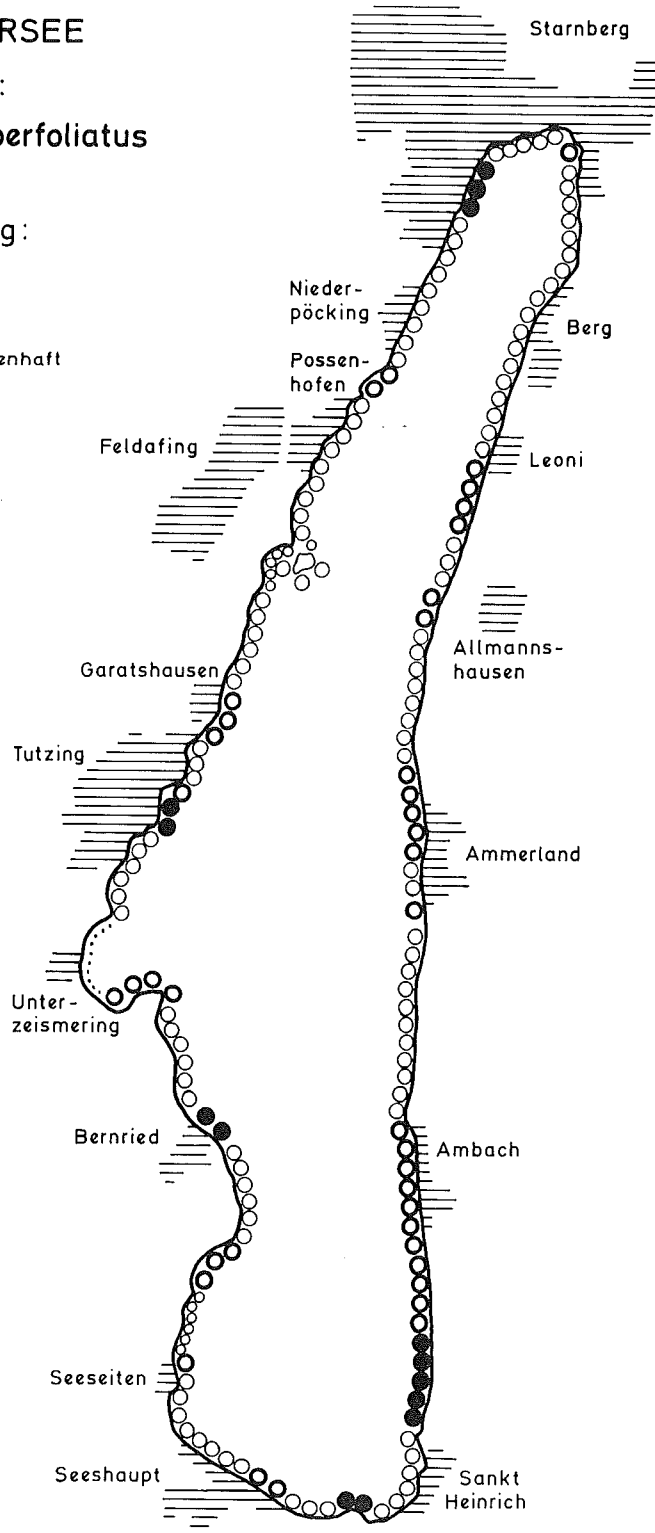
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

## Potamogeton perfoliatus

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Karte 6

0 1 2 3 4 5 km

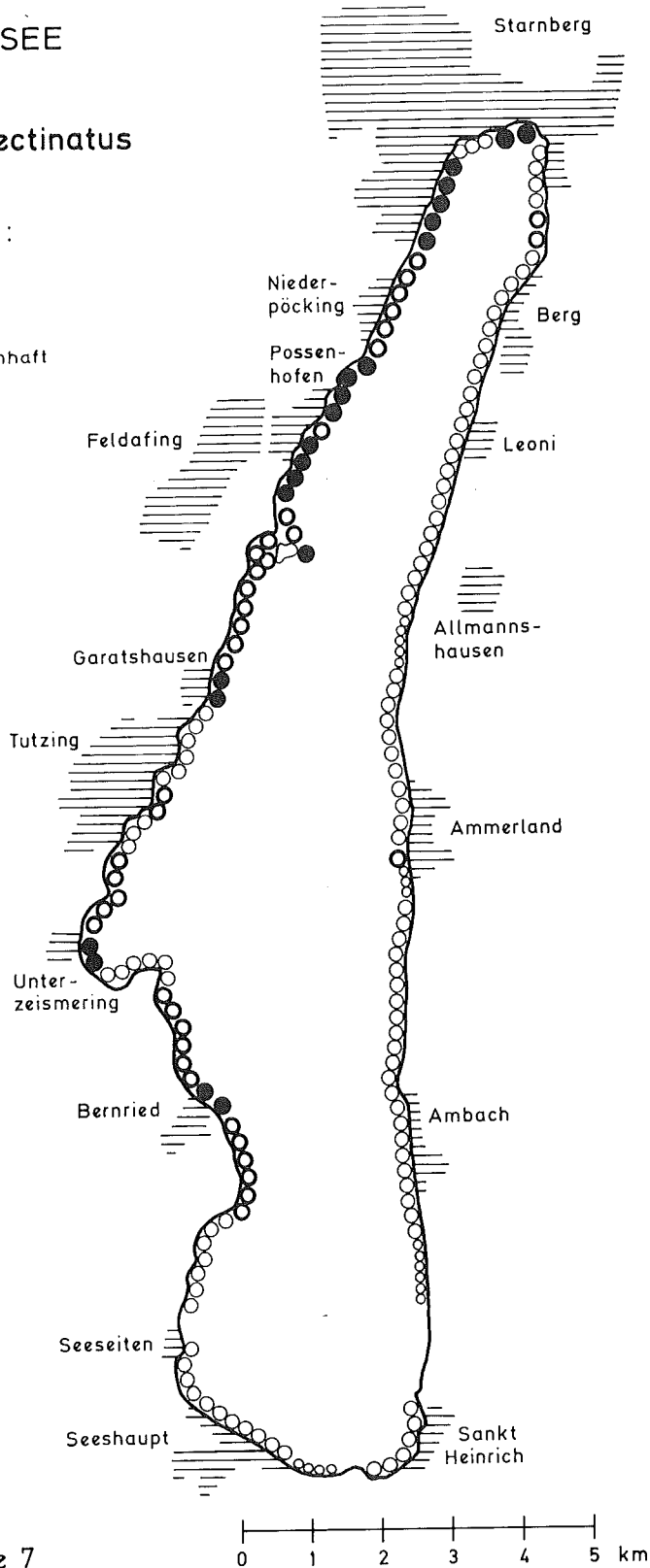
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

## Potamogeton pectinatus

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Bei erhöhter Nährstoffzufuhr wird *P. pectinatus* besonders stark gefördert und verdrängt häufig das empfindlichere *P. perfoliatus*. Im Starnberger See ist nun *P. pectinatus* bis auf sehr wenige Ausnahmen in allen Abschnitten vertreten und stellt mit entsprechenden Mengen eine der Hauptarten. Besonders dort, wo die Pflanze sehr dichte Bestände ausbildet, ist sie häufig mit fädigen Aufwuchsalgen verfilzt.

Die größte Menge dieser Art wächst im Bereich des stark belasteten Starzenbachzuflusses, vor Possenhofen und Feldafing. In der Seeshaupter Bucht jedoch, dort wo der Osterseezulauf einmündet, fehlt die Pflanze ganz. Sie verhält sich erwartungsgemäß als eutraphente Art. (Unter eutraphenten Arten versteht man solche, die durch erhöhte Nährstoffgehalte gefördert werden). Auffällig ist außerdem noch ihr massenhaftes Auftreten in der Starnberger Bucht im Bereich der Bootswerft und des Segelhafens, wo eine besonders hohe Nährstoffzufuhr über Bootsabwässer nicht auszuschließen ist.

### **Potamogeton pusillus:**

(Karte 8)

Auch diese Art ist als dritthäufigstes Laichkraut im Starnberger See fast im ganzen Uferbereich vertreten.

Das kleine Laichkraut, wie *P. pusillus* auch genannt wird, erreicht nie die Höhe von *P. pectinatus* und erweckt mit höchstens 30 cm Größe einen sehr zarten Eindruck. Es tritt aber ebenfalls bevorzugt in den oberen 3 m auf, häufig mit dem Kammlaichkraut vergesellschaftet, und wächst sowohl auf sandigem wie auch kiesigem Untergrund. Am Ostufer im Bereich stärkerer Wasserbewegung bildet die Pflanze neben *Myriophyllum spicatum* auf steinigem Untergrund oft den einzigen Bewuchs.

Über den Indikatorwert dieser Pflanze läßt sich wenig aussagen, da sie rund um den See sehr gleichmäßig verteilt vorkommt. Nur im Bereich des belasteten Starzenbachzuflusses sind größere Mengen zu registrieren, außerdem vor Bernried und Allmannshausen.

### **Zannichellia palustris:**

(Karte 9)

In enger Verwandtschaft zu den Laichkräutern als ebenfalls monokotyle Pflanze ist *Zannichellia palustris*, der Sumpf-Teichfaden, den schmalblättrigen Laichkrautarten äußerlich ähnlich.

Die stets untergetauchte Pflanze bildet meist dichte, buschige Rasen. Ihre dünne, fadenförmige Hauptachse ist in zahlreiche Internodien unterteilt, die wechselweise auf dem Untergrund wurzeln oder aufrechte Laubtriebe bilden. Auf diese Weise ist sie sehr fest mit dem Substrat verbunden und in der Lage, auch stärkeren Wasserbewegungen standzuhalten. Sie lebt sowohl in fließenden, als auch in stehenden Gewässern (GLÜCK 1936). Im Starnberger See war sie vorwiegend nahe am Ufer bis 2 m Tiefe anzutreffen, häufig zwischen locker stehendem Schilf. Ein gutes Erkennungsmerkmal sind die halbmondförmigen, in der Blattachsel sitzenden Früchte, die eine schnelle Unterscheidung von der niedrigen, buschigen Form des *P. pectinatus* erlauben.

In erster Linie wuchs im Starnberger See die forma *repens* mit maximaler Größe von 10 cm, in 3 Abschnitten am Ostufer war jedoch auch die viel höhere forma *maior* vertreten, welche stark bewegtes Wasser bevorzugt (GLÜCK 1936).

*Zannichellia palustris* ist an beiden Ufern nahezu gleich häufig vertreten, mit einem Vorkommen zwischen „selten“ und „verbreitet“. Von der Menge her gehört sie nicht mehr zu den Hauptarten, jedoch kann sie immer noch zu den häufiger vertretenen Pflanzen gezählt werden (siehe Abb. 1).

Im Genfer See, wo die Art in denselben beiden Formen vorkommt, hat ihre Verbreitung in den letzten 10 Jahren erheblich zugenommen (LACHAVANNE & WATTENHOFER 1975), die gleiche Entwicklung fand am Bodensee statt, wo sie LANG (1973) als extrem eutraphente Art bezeichnet.

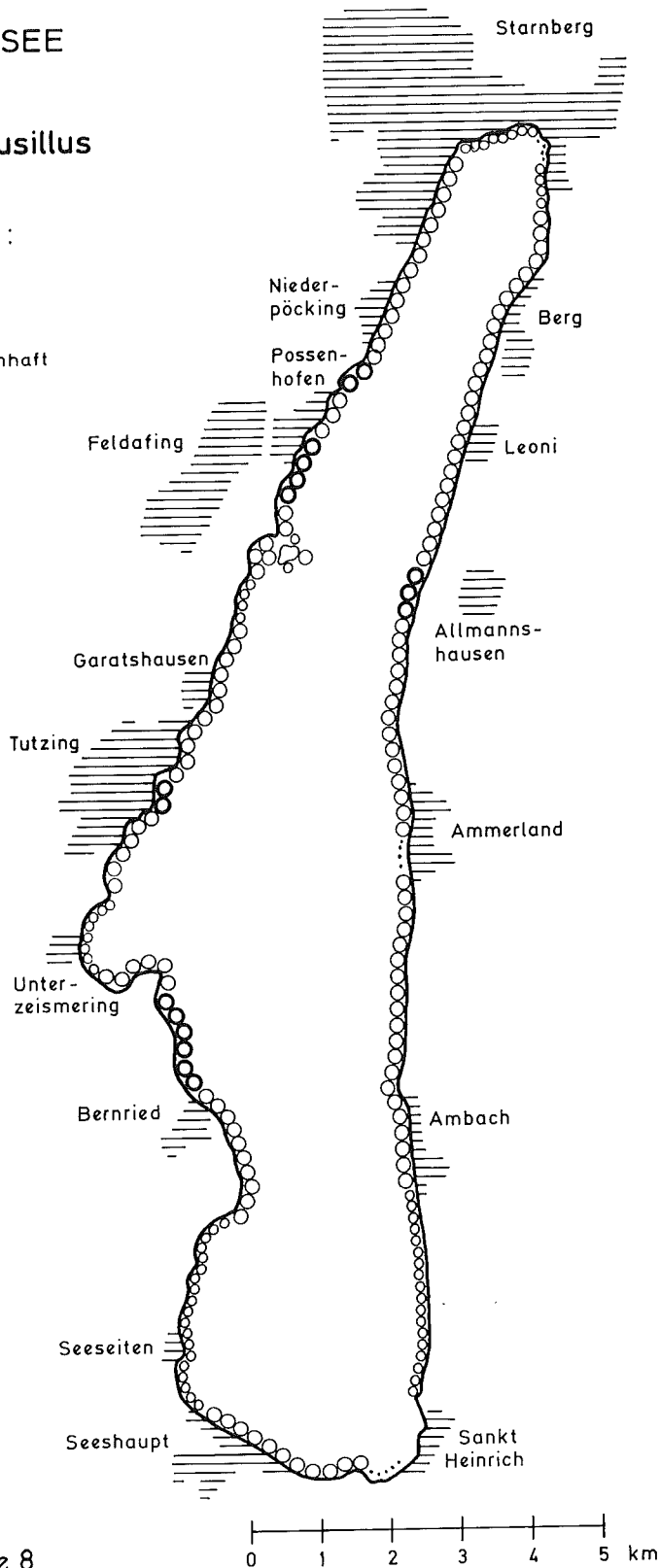
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

## Potamogeton pusillus

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft





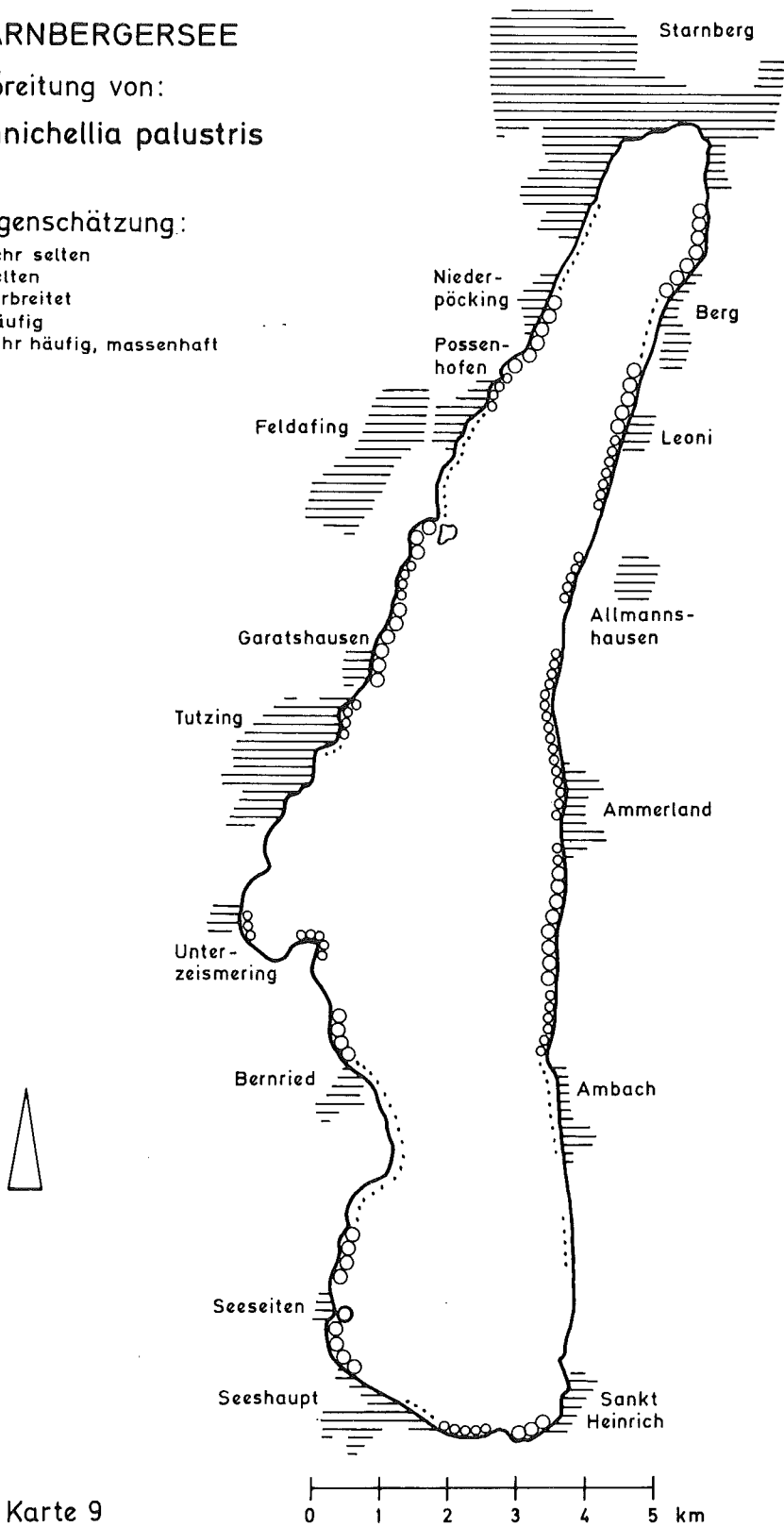
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Zannichellia palustris*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



### **Elodea canadensis:**

(Karte 10)

Die kanadische Wasserpest, die ebenfalls zu den monokotylen Angiospermen gehört, zeigt mit schmalen Blättern, die in dreizähligen Quirlen um den dünnen Stengel stehen, ein charakteristisches Aussehen.

Ihr Verbreitungsschwerpunkt im Starnberger See liegt in der nördlichen Hälfte, wo sie bis in eine Tiefe von 6 m wächst, denn sie bevorzugt ruhiges Wasser und schlammigen Untergrund. Nur in einem Abschnitt am Ostufer war sie über eine längere Strecke flächendeckend vertreten.

Nach GLÜCK (1936) gedeiht die Pflanze sowohl im kalten und klaren Wasser von Bächen und Seen, als auch in verunreinigten Gewässern. Daher kann man aus der Verbreitung dieser Pflanze keinen gesicherten Rückschluß auf den Nährstoffgehalt des Gewässers ziehen.

### **Myriophyllum spicatum:**

(Karte 11)

Mit seinen quirlständigen, gefiederten Blättern am häufig unverzweigten Stengel besitzt *Myriophyllum spicatum*, das ährige Tausendblatt, ein typisches Aussehen. Teilweise erlangt es dieselbe Höhe wie das stengelumfassende Laichkraut, bildet aber praktisch nie wie diesen dichte Wälder aus. Zur Blütezeit kann sich das Sprossende über den Wasserspiegel erheben. Jedoch wurden im Starnberger See stets nur ganz untergetauchte Exemplare angetroffen, einzeln oder zu mehreren zusammenstehend und niemals tiefer als 3 m. Auffällig ist, daß die Art hier vorwiegend zwischen Steinen wächst und deshalb bevorzugt das Ostufer besiedelt, wo im oberen Uferbereich vornehmlich Kiesuntergrund und Geröll vorherrschen. Dort bildet sie streckenweise, häufig mit *Potamogeton panormitanus* vergesellschaftet, den einzigen Bewuchs und nur dort wächst sie in bis zu 2 m hohen Exemplaren.

Mit ihrer Hauptverbreitung am Ostufer, wo sie verstärkt den Wasserturbulenzen ausgesetzt ist, zeigt die Pflanze wohl eine von den Nährstoffen unabhängige Standortpräferenz.

Zwischen Percha und Ambach ist sie in jedem Abschnitt vorwiegend „verbreitet“ oder „häufig“ vertreten und bietet ein ziemlich einheitliches Verbreitungsbild. Das Westufer wird von ihr dagegen nur äußerst spärlich, „sehr selten“ oder „selten“ besiedelt.

### **Ranunculus circinatus:**

(Karte 12)

Neben zwei Einzelexemplaren am Ostufer war *Ranunculus circinatus* ausschließlich am Westufer vertreten. Die dunkelgrüne Pflanze mit dünnem Stengel und im Umriß runden, reich geteilten Blättern ist auch unter Wasser gut anzusprechen. In der Regel kommt sie in stehendem Wasser in Seen und Teichen vor (GLÜCK 1936), bevorzugt auf kalkreicher Unterlage, weshalb der Kalkschlammuntergrund im Starnberger See ihr günstigste Bedingungen bietet. Einmal wuchs der Hahnenfuß zwischen locker stehendem Schilf direkt am Ufer, ein andermal in 5 m Tiefe als Abschluß der Vegetationszone. Er trat selten in größeren Mengen auf. Lediglich in drei Abschnitten konnte die Pflanze als „verbreitet“ eingestuft werden. Insgesamt gesehen gehört sie jedoch zu den seltenen Arten im See.

### **Sehr seltene Arten:**

An zwei Fundstellen wuchsen zwei weitere Wasserhahnenfußarten, vor Berg und Seeseiten der für stehende Gewässer ebenfalls typische *Ranunculus trichophyllus*, in der Blattform gut von *R. circinatus* zu unterscheiden, und vor Berg ein einziges Exemplar des größeren und gröberen *Ranunculus fluitans*. Es ist anzunehmen, daß diese typische Fließwasserpflanze aus einem nahe gelegenen Bach in den See eingeschwemmt wurde.

Selten beobachtet wurden im Starnberger See die Laichkräuter *Potamogeton friesii*, *P. gramineus*, *P. crispus* und *P. lucens* (vgl. Abb. 1).

*P. friesii* beschränkte sich in seinem Vorkommen auf das Westufer zwischen Tutzing und Starnberg und trat dort in ganz unterschiedlichen Mengen auf, wobei die Pflanze jedoch nur vor Tutzing „massenhaft“ gefunden wurde. Zwischen Ammerland und St. Heinrich an drei Fund-

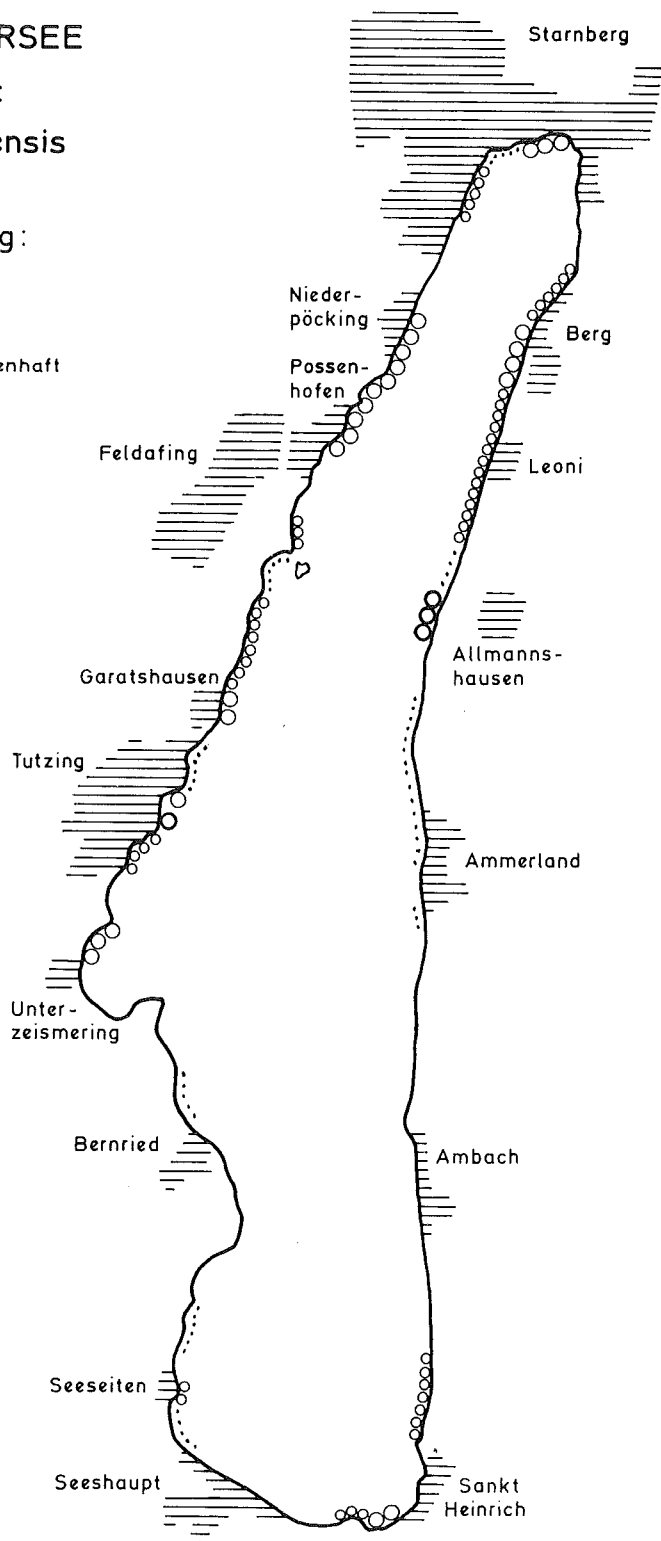
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Elodea canadensis*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



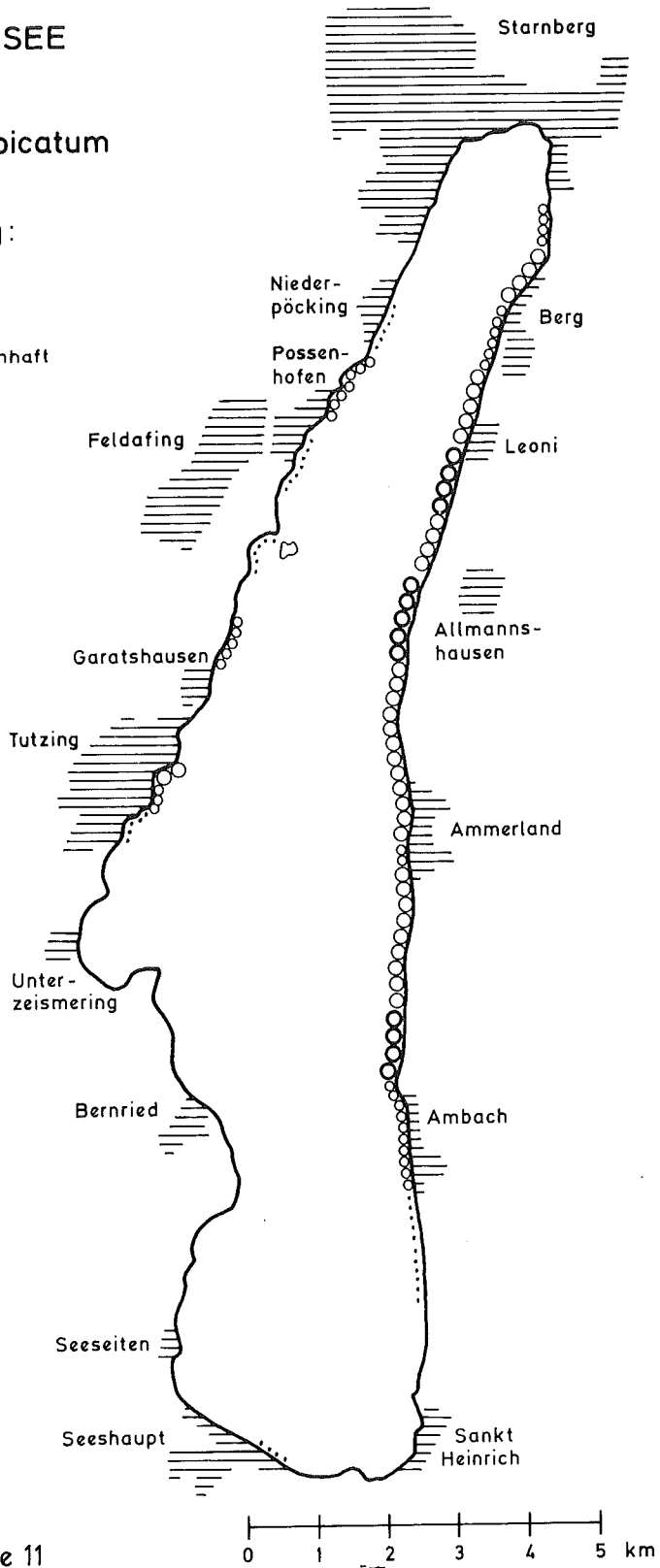
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Myriophyllum spicatum*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



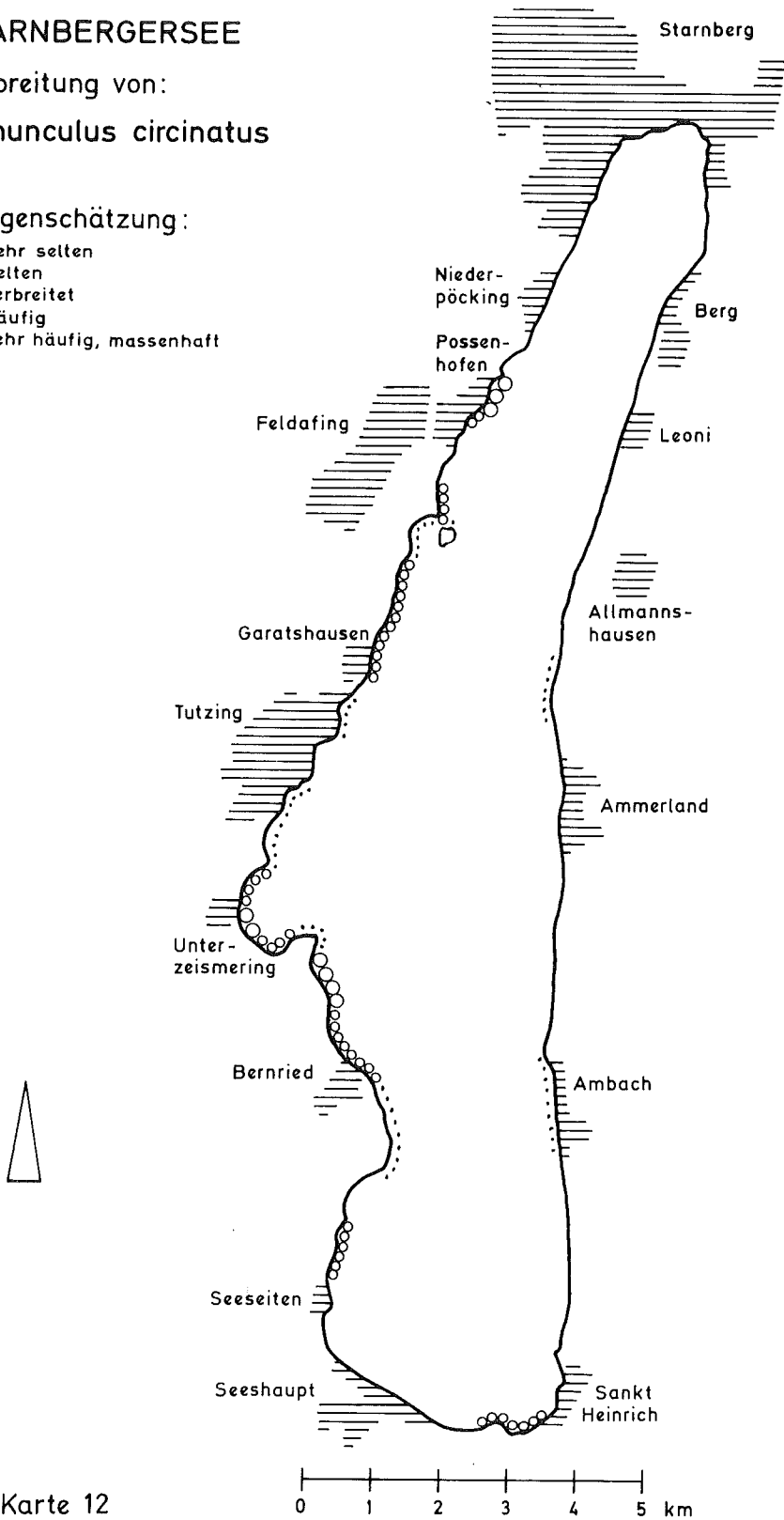
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

*Ranunculus circinatus*

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Karte 12

0 1 2 3 4 5 km

stellen und auf der Westseite des Sees kurz vor Starnberg war *P. gramineus* selten oder sehr selten anzutreffen.

*P. crispus* wurde bis 3 m Tiefe gefunden, fast ausschließlich in Einzelexemplaren und auffälligerweise immer im Bereich von Zuflüssen.

Mit nur drei Fundorten vor Bernried, Berg und Leoni war *P. lucens* innerhalb dieser Familie am schwächsten vertreten.

Aus der mengenmäßig nur geringen Verbreitung dieser 4 Arten läßt sich heute noch kein Indikatorwert ableiten. Das wird erst möglich sein, wenn auffälligere Veränderungen in der Verbreitung auftreten, worüber jedoch erst langfristige Beobachtungsreihen Aufschluß geben können.

*Nuphar lutea* ist die einzige Schwimmblattpflanze im Starnberger See. Die gelbe Teichrose ist in großen Seen allgemein gering verbreitet, da sie gegenüber Wind und Turbulenzen trotz der derben Beschaffenheit ihrer Blätter wenig widerstandsfähig ist.

Ihre Verbreitung im Starnberger See beschränkt sich deshalb auch auf wenige geschützte Buchten, am Westufer vor der Roseninsel und im Karpfenwinkel, sowie in der Seeshaupter Bucht kurz vor St. Heinrich.

Auch diejenigen Arten, deren Vorkommen sich nur auf einen oder zwei Abschnitte beschränkte, die dann meist auch nur als Einzelexemplare auftraten, sollen hier noch erwähnt werden.

Mit der Häufigkeitsstufe „verbreitet“ war *Utricularia vulgaris*, der gewöhnliche Wasserschlauch, in einem Segelhafen vor Seeshaupt als einzigem Fundort vertreten.

*Ceratophyllum demersum*, eine euträphente Art, trat nur mit wenigen Exemplaren vor Tutzing in 2 m Tiefe auf.

Schließlich sei noch die Bachbunze, *Veronica beccabunga*, genannt, von der wenige Exemplare ihrer forma *submersa* am Ostufer vor Allmannshausen in 2 m Tiefe gefunden wurden.

## Emerse Arten

### **Phragmites australis:**

(Karte 13)

Über weite Strecken ist der Starnberger See von einem mehr oder weniger dichten Röhrichtgürtel umgeben.

Obwohl in den letzten Jahrzehnten ein deutlicher Rückgang des Schilfes zu beobachten war (sog. „Schilfsterben“, vgl. KLÖTZLI 1971, SUKOPP & KUNICK 1969), stellt *Phragmites australis* auch heute noch die Hauptart des Röhrichts am Starnberger See dar. Im Uferbereich sind zwar signifikante Verbreitungsschwerpunkte zu verzeichnen, sie lassen sich aber schlecht mit Unterschieden in der Wasserqualität in Zusammenhang bringen. Die am südlichen Teil des Westufers z. T. massenhafte Ausbreitung liegt in diesem Bereich fast gänzlich in der fehlenden Besiedlung begründet. Zudem ist der Abschnitt zwischen Bernried und Seeseiten als Erholungsgebiet geschützt. Das Ostufer weist dagegen über große Strecken überhaupt keinen Schilfbewuchs auf, was neben der privaten Bebauung oder der künstlichen Anlage von Badeplätzen im Uferbereich vor allem auf die Windexposition und das grobe, kiesige Substrat dieser Seeseite zurückzuführen ist.

*Scirpus lacustris*, die hohe Teichsimse, toleriert größere Tiefen als das Schilf, weshalb sie diesem zumeist seeseitig vorgelagert ist. Im Starnberger See kommt sie vereinzelt auch in größeren Reinbeständen vor, wie vor Bernried, vor Seeseiten und vor St. Heinrich, wo sie dann in 1–2 m Tiefe siedelt. Ihre größten Häufigkeiten haben *Scirpus lacustris* und *Phragmites australis* jeweils in denselben Abschnitten, was ihre gemeinsame Bevorzugung von Standorten ausweist, die gegenüber mechanischen Störungen geschützt sind.

*Phalaris arundinacea* ist schließlich das letzte der im Starnberger See wachsenden Röhrichtgräser. Es wurde lediglich in drei Abschnitten beobachtet, im Bereich der Roseninsel und vor Tutzing, wobei nicht auszuschließen ist, daß die Pflanze, die sich in ihrer Gestalt nicht sehr deutlich von *Phragmites australis* abhebt, bei der Taucharbeit vom Wasser aus bisweilen auch übersehen wurde.

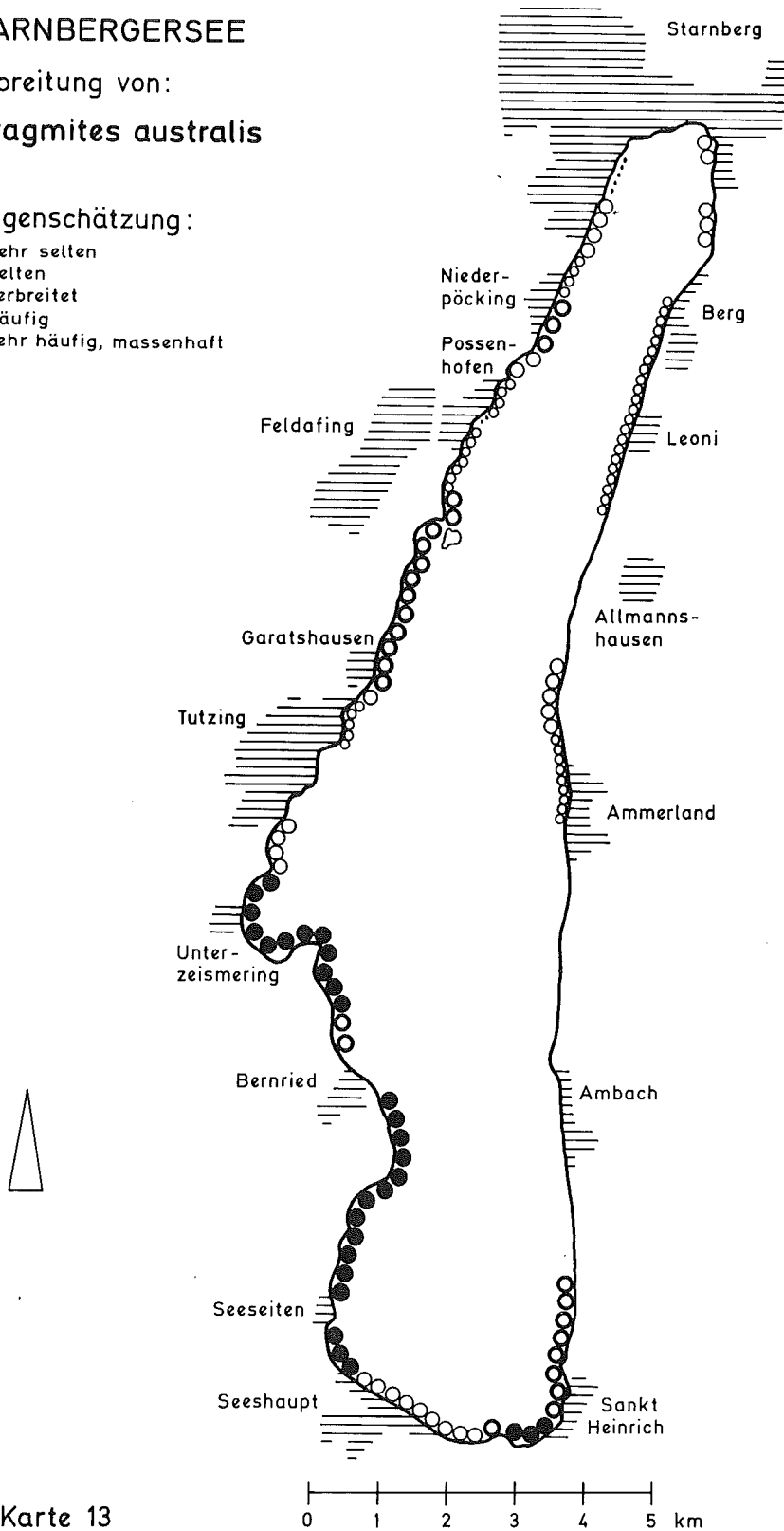
# STARNBERGERSEE

Verbreitung von:

## Phragmites australis

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft



Das gleiche trifft für *Iris pseudacorus*, die Wasserschwertlilie, zu, die in geringer Menge an denselben Stellen gefunden wurde.

### 5.3 Mengenzahl für jede Art:

In Abb. 1 ist für jede Art der Größe nach geordnet die Mengenzahl wiedergegeben, die Summe aller Produkte aus Menge pro Abschnitt und Abschnittslänge. Sie stellt sehr anschaulich das Mengengefälle aller Arten dar, wobei sich die Gruppe der 7 Hauptarten, die neben *Phragmites australis* jeweils drei oligo- bis mesotraphente Characeen und drei mehr oder weniger eutraphente Laichkrautarten umfaßt, deutlich abhebt. Nach dieser Gruppe „sehr häufiger“ Makrophyten (> 100 Punkte) läßt sich eine Gruppe mit „häufiger“ im See vertretenen Arten (20–100 Punkte) abgrenzen, in der die extrem eutraphente *Zannichellia palustris* (LANG 1980) an der Spitze liegt. Die „seltenen“ Arten (5–20 Punkte) waren nur in wenigen Abschnitten anzutreffen. In der letzten Gruppe (< 5 Punkte) liegen ausnahmslos solche Pflanzen vor, die lediglich als Einzelfunde in einem oder mehreren Abschnitten vorkamen oder wie *Utricularia vulgaris* als „verbreiteter“ Fund in einem einzigen Untersuchungsabschnitt wuchsen.

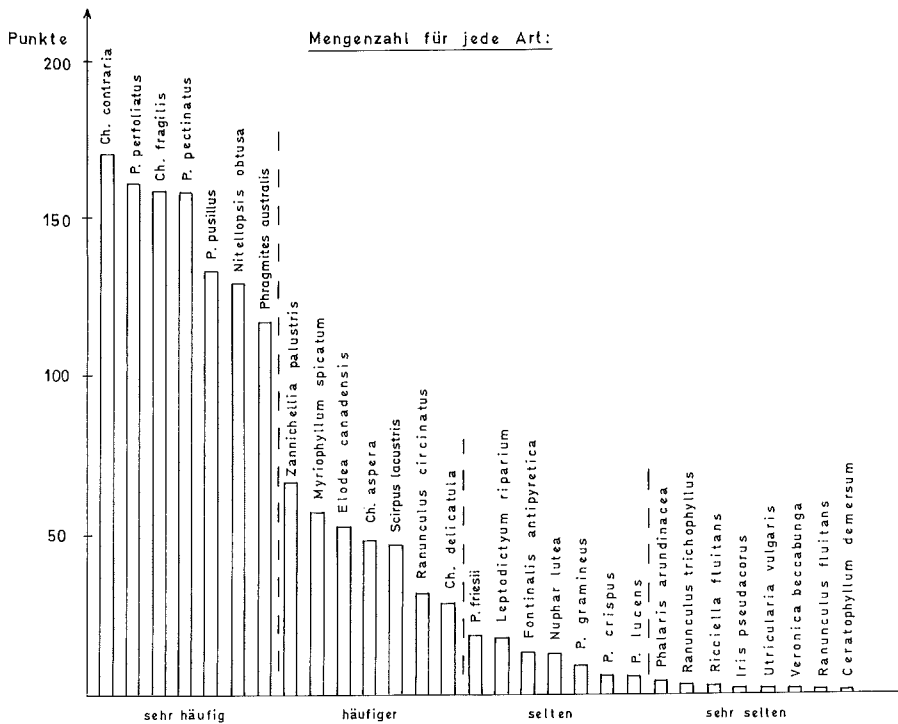


Abb. 1

## 6. Diskussion

Als Folge der Abwasserbeseitigungsmaßnahme am Starnberger See haben sich im Gegensatz zu vielen anderen Seen in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen in der Wasserqualität ergeben. Mit Sicherheit hat sich diese Entwicklung auch auf die quantitative und qualitative Zusammensetzung der submersen Makrophytenvegetation ausgewirkt, wobei jedoch nicht angegeben werden kann, seit wann genau und in welchem Umfang entsprechende Veränderungen als Folge der steigenden Eutrophierung und der daraufhin eingeleiteten Gegenmaßnahmen stattfanden. Für künftige Untersuchungen werden die hier vorliegenden Verbreitungsangaben daher



von besonderem Interesse sein, da anzunehmen ist, daß sich die Wasserqualität bei der relativ langsamen Wassererneuerungszeit des Sees zunehmend verbessern wird und sich damit auch weiterhin Umschichtungen im Verbreitungsbild der Makrophyten einstellen.

Dabei ist zu erwarten, daß nährstoffliebende, sog. eutrphente Arten, wie z. B. *Potamogeton pectinatus* und *Zannichellia palustris*, zurückgehen werden, wobei die über Jahrzehnte verlaufende Nährstoffanreicherung im Sediment diese Entwicklung allerdings verzögern kann. Wasserpflanzen nehmen ihre Nährstoffe nämlich nicht nur über den Sproß, sondern, wie man heute weiß, in einem von Art zu Art unterschiedlichen Maße auch über die Wurzeln auf (vgl. z. B. TWILLEY et al. 1977, WELSH & DENNY 1979, CARIGNAN & KALFF 1979), so daß dieser sich nur langsam verdünnende Vorrat im Sediment über längere Zeit wirksam bleiben kann. Für oligo- bis mesotraphente Arten ist dagegen mit einer Verbreitungszunahme zu rechnen. Das wird vor allem für die Gruppe der Characeen zutreffen, von denen man sehr genau weiß, daß ihr Vorkommen über die Gesamtphosphorgehalte des Wassers gesteuert wird. In Massen entwickeln sich die meisten Characeenarten nur, wenn dieser im Mittel nicht wesentlich über  $20\mu\text{g/l}$  liegt (FORSBERG 1965 a u. b). Bei einem derzeit durchschnittlichen Gesamt-P-Gehalt von etwa  $30\mu\text{g P/l}$  zur Zeit der Frühjahrszirkulation und Werten um  $20\mu\text{g P/l}$  im Epilimnion während der Vegetationsperiode verwundert es nicht, daß nur die beiden weniger anspruchsvollen Arten *Chara contraria* und *Ch. fragilis* im Starnberger See zu einer sehr häufigen Verbreitung gelangen und exklusivere Vertreter dieser Algengruppe wie *Chara hispida*, *Ch. tomentosa* fehlen oder wie *Ch. aspera* nur in geringen Mengen anzutreffen sind. Ob es den zuletzt genannten Vertretern bei einer weiteren Verbesserung der Wasserqualität gelingt, die beiden heute dominierenden Arten zu verdrängen, ist schwer abzuschätzen, da *Chara contraria* und *Ch. fragilis* eine relativ weite ökologische Amplitude auszeichnet. Ganz unwahrscheinlich ist es jedoch nicht, da um die Jahrhundertwende im Starnberger See ausschließlich *Ch. hispida*, *Ch. tomentosa* und *Nitella syncarpa* dominierten, *Ch. contraria* dagegen überhaupt nicht und *Ch. fragilis* lediglich mit einem einzigen angeschwemmten Exemplar gefunden wurden (BRAND 1896). Weniger häufig als die beiden zuletzt genannten Arten kommen heute neu im Starnberger See *Nitella oopsis obtusa* und *Chara delicatula* vor, so daß unter den Characeen seit der Jahrhundertwende eine nahezu gänzliche Umschichtung stattgefunden hat. Eine Ausnahme bildet *Ch. aspera*, die früher wie auch heute im See gefunden werden konnte.

Unter den Gefäßpflanzen ist innerhalb der letzten 80 Jahre nur ein unbedeutender Artenwechsel zu verzeichnen. Festzuhalten ist jedoch, daß eine wichtige eutrphente Art, nämlich *Zannichellia palustris* neu auftrat und die als meso- bzw. eutrphent einzustufenden Laichkräuter *Potamogeton perfoliatus* und *P. pectinatus* sich mengenmäßig sehr stark ausgebreitet haben, was neben den Veränderungen im Characeenbestand die erhöhte Nährstoffbelastung des Sees belegt. Detaillierte Angaben über Florenverschiebungen im Vergleich zur Situation um die Jahrhundertwende gibt MELZER (1980).

### Danksagung

Den zahlreichen Helfern, die uns bei der Taucharbeit unterstützt haben, sei an dieser Stelle vielmals gedankt. Bei der Durchsicht und Nachbestimmung kritischer Pflanzenexemplare waren uns die Herren Dr. W. KRAUSE, Aulendorf (Characeen), Dr. D. T. E. VAN DER PLOEG, Sneek, Niederlande und Dr. D. W. WEBER-OLDECOP, Gehrden/Hannover (Potamogetonaceen) sehr behilflich. Der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg möchten wir für das Entleihen von Booten Dank sagen, ebenso dem Landratsamt Starnberg sowie Herrn Dr. J. BINDLER, Freising, für ihre großzügige finanzielle Unterstützung bei der Drucklegung dieser Arbeit.

### 7. Literatur

AMMANN, H. 1912: Physikalische und biologische Beobachtungen an oberbayerischen Seen. Diss. kgl. TH München, 1-70. - BRAND, F. 1896: Über die Vegetationsverhältnisse des Würmsee und seine Grundalgen. - Botanisches Centralblatt 1, 1-13. - CARIGNAN, R. & J. KALFF 1979: Quantification of the Sediment

Phosphorus Available to Aquatic Macrophytes. J. Fish. Res. Board Can. 36: 1002–1005. – EBERT, H. 1900: Periodische Seespiegelschwankungen (Seiches) beobachtet am Starnberger See. Sitz. ber. d. Math.-phys. Kl. Bayer. Akad. München, Band XXX S. 435–462. – ELORANTA, P. 1970: Pollution and aquatic flora of waters by sulphite cellulose factory at Mänttä, Finish Lake District. Ann. Bot. Fennici 7, 63–141. – FELS, E. 1914: Der heutige Stand der Kenntnisse über die Bayer. Seen. Mitt. Geogr. Ges. München 9, S. 375–400. – FORSBERG, C. 1964: The vegetation changes in lake Takern. Svensk Bot. Tidskrift 58, 1, 44–54. – FORSBERG, C. 1965 a: Environmental condition of swedish charophytes. – Symb. Bot. Ups. 18, 4, 1–67. – FORSBERG, C. 1965 b: Nutritional studies of Chara in axenic cultures. – Physiol. Plant. 18, 275–290. – FRÜBRICH, G. & J. MANGELSDORF, 1973: Beiträge zur Limnologie der Niedersonthofener Seen im Allgäu. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 8. – GLÜCK, H. 1936: Die Süßwasserflora Mitteleuropas 15: Pteridophyten und Phanerogamen. – Jena. – HAMM, A. 1976: Untersuchungen zur Nährstoffbilanz am Tegernsee und Schliersee nach der Abwasserfernhaltung. – Z. Wasser- u. Abwasserforsch., 9. Jhrg. – KLÖTZLI, F. 1971: Biogenous influence on aquatic macrophytes, especially *Phragmites communis*. – Hydrobiologia 12, 107–111. – KÖLBING, A. 1974: Der Starnberger See und die seinem Trophiezustand angemessene Bewirtschaftungsweise des Coregonenbestandes. – Veröff. Zool. Staatssamml. München 17, 1–108. – KOHLER, A., H. VOLLRATH & E. BEISL, 1971: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäßmakrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). – Arch. Hydrobiol. 69, 333–365. – KOHLER, A., R. WÖNNEBERGER & G. ZELTNER, 1973: Die Bedeutung chemischer und pflanzlicher „Verschmutzungsindikatoren“ im Fließgewässersystem Moosach (Münchener Ebene). – Arch. Hydrobiol. 72, 533–549. – KRAUSCH, H.-D. 1964: Die Pflanzengesellschaften des Stechling-See-Gebietes. I. Die Gesellschaften des offenen Wassers. – Limnologica, 2, 2, 145–203. – KRAUSE, W. 1976: Characeen aus Bayern. Teil 1. Bestimmungsschlüssel und Abbildungen. Ber. Bayer. Bot. Ges. 47, 229–257. – KRAUSE, W. 1980: Zur Gesellschaftsbildung der Characeen in der Oberheinebene. – Phytocoenologia, 7, 305–317. – LACHAVANNE, J.-B. & R. WATTENHOFER, 1975: Contribution à l'étude des Macrophytes du Léman. – Commission internat. pour la protection des eaux du Léman et du Rhône contre la pollution. – Genf. – LANG, G. 1973: Die Makrophytenvegetation in der Uferzone des Bodensees. Landesammlungen für Naturk. Karlsruhe 12, 1–67. – LANG, G. 1980: Die submersen Makrophyten des Bodensees. – Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (noch unveröffentlichter Bericht). – MELZER, A. 1976: Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen. – Dissertationes Botanicae 34. – MELZER, A. 1980: Veränderungen der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees und ihre indikatorische Bedeutung. – Limnologica (im Druck). – MIGULA, W. 1897: Die Characeen. – Rabenhorst's Kryptogamenflora v. Deutschland, Österr. u. d. Schweiz 5. – NÄHER, W. 1963: Untersuchungen über die Radioaktivität im Wasser und Plankton des Starnberger Sees mit besonderer Berücksichtigung der Wassergüte. Arch. Hydrobiol. 59, 4, 401–466. – NÄHER, W., J. MANGELSDORF & K. SCHEUERMANN 1974: Der Waginger-Tachinger-See. – Schr. Bayer. Landesst. Gewässerkd. München, 9, 1–129. – SCHWOERBEL, J. 1980: Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie. Gustav Fischer, Stuttgart. – STEINBERG, CH. 1978: Limnologische Untersuchungen des Ammersees. – Bayer. Landesamt Wasserwirtsch. 6. – STREIL, J., Ch. STEINBERG & Th. SCHAUER 1979: Großer Alpsee bei Immenstadt. Eine gewässerkundliche Studie. – Schriftenreihe Bayer. Landesamt Wasserwirtsch. 11. – SUKOPP, H. & W. KUNICK 1969: Veränderungen des Röhrichtbestandes der Berliner Havel 1962–1967. – Berliner Naturschutzblatt 12, 303–313 und 13, 323–343. – TÜXEN, R. & E. PREISING 1942: Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. – Dtsch. Wasserwirtschaft. 37, 10–17 und 57–69. – TWILLEY, R. R., M. M. BRINSON & G. J. DAVIS 1977: Phosphorus adsorption, translocation and secretion in *Nuphar luteum*. – Limnol. Oceanogr., pp. 1022–1032, V. 22 (6). – ULE, W. 1901: Der Würmsee (Starnberger See) in Oberbayern, eine limnologische Studie. Wiss. Veröff. Ver. Erd. Leipzig, 5, S. 1–211. – UOTILA, P. 1971: Distribution and ecological features of hydrophytes in the polluted Lake Vanajavesi, S-Finland. – Ann. Bot. Fennici 8, 257–295. – WÄCHTER, H. 1959: Würm- und Ammersee – Ein hydrographischer Vergleich. – Gewässer und Abwässer, 25 1–91. – WELSH, R. P. H. & P. DENNY 1979: The translocation of  $^{32}\text{P}$  in two submerged aquatic angiosperm species. – New Phytol. 82, 645–656. – WIEGLEB, G. 1976: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen. – Diss. Göttingen.

Dr. Arnulf MELZER und Monika HERRMANN, Institut für Botanik und Mikrobiologie der Technischen Universität München, Arcisstr. 21, D-8000 München 2