

Therapie von Badeseen am Beispiel des Gederner Sees

W1

ANDREAS GRÜNDEL & EKKEHARD CHRISTIAN SCHULLER



1 Seenland Hessen

In Hessen gibt es 774 Seen, die eine Fläche von über 1 ha aufweisen. Diese Seen sind nicht natürlichen Ursprungs, sondern künstlich durch menschliche Tätigkeit entstanden. Einige bildeten sich infolge der Abgrabung von Kies oder Kohle (so genannte Bagger- oder Tagebauseen), bei anderen wurden aus Gründen des Hochwasserschutzes oder der Niedrigwassererhöhung Fließgewässer aufgestaut und so

Talsperren angelegt. Diese aufgestauten Fließgewässer werden in Abgrenzung zu den künstlichen Gewässern als erheblich veränderte Gewässer bezeichnet. Auch wenn es sich bei den hessischen Seen um künstliche oder erheblich veränderte Gewässer handelt, so bilden sie heute gleichwohl natürliche Lebensräume mit vielfältigen Lebensgemeinschaften.

2 Badegewässer in Hessen

Während Talsperren aus wasserwirtschaftlichen Gründen betrieben werden, dienen Baggerseen oder Tagebauseen vorrangig dem Naturschutz, dem Landschaftsschutz oder der stillen Erholung. Diese Seen werden im Sommer auch gerne für verschiedene Freizeitaktivitäten, insbesondere Baden, genutzt. Dazu wurden vielerorts Badestellen mit der dazugehörigen Infrastruktur eingerichtet. Für das Jahr 2004 sind in Hessen 61 Badestellen an 58 Badegewässern registriert, für die die Qualitätsanforderungen der Europäischen Badegewässer-Richtlinie gelten. Diese nutzungsbezogene Güteanforderung seitens der Europäischen Union wurde in Hessen mit der Badegewässerverordnung vom 15. Dezember 1998 in nationales Recht umgesetzt und gewährleistet die Einhaltung mikrobiologischer sowie chemischer und physikalischer Qualitätskriterien. Die Überwachung der Wasserqualität beginnt seitens der Gesundheitsämter 14 Tage vor der Badesaison

und setzt sich dann im 14-tägigen Rhythmus während des Sommers bis zum Ende der Badesaison fort. Im Vordergrund der Überwachung steht die hygienische Wasserqualität, um bei den Badegästen eine Übertragung von Krankheiten auszuschließen. Dazu werden die Badegewässer auf gesamtcoliforme und fäkalcoliforme Keime untersucht und bewertet. Diese Bakterien gelten als Indikatoren für pathogene Abwasserkeime und signalisieren mit ihrem Erscheinen ein potenzielles Erkrankungsrisiko. Die Überschreitung der entsprechenden Grenzwerte führt zur Einleitung von Gegenmaßnahmen und zieht eine Schließung der Badestellen nach sich.

Neben den hygienischen Parametern werden die Badegewässer hinsichtlich der physikalisch-chemischen Merkmale auf die Sichttiefe überprüft, weil eine zu geringe Sichttiefe die Verletzungsgefahr der Badenden erhöht und die Rettung Ertrinkender er-

schwert. Zudem ist das Baden in trüben Gewässern wenig attraktiv. Die Trübung eines Sees steht häufig im Zusammenhang mit der Algenmassenentwicklung, die ihrerseits durch ein hohes Nährstoffangebot bedingt ist und mit der Bildung von Algentoxinen einhergehen kann. Eine erhöhte Trübung oder eine verminderte Sichttiefe kann auch aus anderen Gründen bedingt sein, etwa aufgrund der Aufwirbelung von Gewässersedimenten.

Die Badegewässer werden neben der nutzungsbezogenen Bewertung aus der Sicht der Badenutzung auch nach den für Seen allgemein geltenden Trophiekriterien untersucht und hinsichtlich ihrer allgemeinen Gewässergüte bewertet. Diese Untersuchungen werden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) durchgeführt. Die Ergebnisse sind für das jeweilige Vorjahr im Hessi-

schen Gewässergütebericht veröffentlicht und unter der Internetadresse <http://www.hlug.de/medien/wasser/gewaesserguete/start.htm> einsehbar. Die Bewertung aller Badestellen innerhalb der Europäischen Union ist von der Kommission unter <http://www.europa.eu.int/water/water-bathing/report.html> veröffentlicht.

In der Badesaison 2004 wurde in Hessen an vier Badeseen eine Grenzwertüberschreitung mit gesamtcoliformen Keimen und/oder fäkalcoliformen Keimen und eine Grenzwertüberschreitung mit Salmonellen festgestellt. In acht Fällen wurde ein befristetes Badeverbot ausgesprochen; davon war an fünf Badestellen das vorübergehende Badeverbot durch eine verminderte Sichttiefe bedingt, die auf Algenblüten von Cyanobakterien zurückzuführen war.

3 Modellvorhaben Gederner See

Die Qualitätsanforderungen an Badegewässer werden hinsichtlich der chemisch-physikalischen Kriterien bei dem Parameter Sichttiefe häufig nicht erreicht. Nahezu die Hälfte aller bundesdeutschen Badestellen an Binnengewässern kann eine Sichttiefe von 1 m (Grenzwert der EU-Richtlinie) nicht einhalten. Gerade kleine und flache Stehgewässer neigen zu einem hohen Trophiegrad und tendieren häufig zu einem trüben planktonreichen See. Ein Gewäs-

ser, in dem bereits seit Anfang der 90er Jahre geringe Sichttiefen festgestellt worden sind, ist der Gederner See. Die häufige Unterschreitung des EU-Grenzwertes von 1 m führte dazu, dass wiederholt ein Badeverbot ausgesprochen wurde. Von dem Betreiber des Badesees, den Wirtschaftlichen Betrieben der Stadt Gedern, wurde daher im April 2004 eine Untersuchung in Auftrag gegeben, die die Ursache für die Sichttiefenproblematik am Gederner See ermitteln sollte und daneben eine Vorplanung für eine Seentherapie zum Gegenstand hatte.



Abb. 1: Gederner See.

3.1 Beschreibung des Gederner Sees

Der Gederner See ist ein Stauwasser, das vom Spiesbach und weiteren Gräben gespeist wird. Er hat eine Wasserfläche von 12,7 ha, eine mittlere Tiefe von 1,8 m und eine maximale Wassertiefe von 3,0 m. Das Einzugsgebiet des Gederner Sees beträgt 219 ha und wird zur Hälfte landwirtschaftlich genutzt, wobei die Mehrzahl der

Flächen der Grünlandbewirtschaftung dient. Der Gederner See wird für Freizeit und Erholungszwecke sowie zum Baden genutzt. Hierzu wurde eine umfangreiche Infrastruktur geschaffen, die von Liegewiesen und Campingplätzen über Caravanabstellplätze bis zu einem im Westen angrenzenden Feriendorf reicht. Nach Angaben der Stadt Gedern beträgt die Zahl der Badenden im Sommer zwischen 20 000 und 50 000. Weiterhin wird der Gederner See auch fischereilich genutzt.

Während derzeit nur noch vereinzelt Wasserpflanzen an einigen Flachwasserstandorten zu finden sind, waren im See in den 70er Jahren reichlich submerse Wasserpflanzen vorhanden. Mit der bewussten Vernichtung dieser Pflanzenbestände nahm die Sichttiefe des Sees stark ab. Nach den allgemeinen Güteuntersuchungen des HLUg im Jahr 2004 ist der Gederner See ein stark eutropher See mit einem mittleren Trophieindex von 3,3. Dies entspricht der Gütebeurteilung der Vorjahre. Dabei weisen die Trophieparameter Phosphor und Chlorophyll eher auf einen mäßig eutrophen Zustand hin, während die geringe sommerliche Sichttiefe von 0,5 m einen polytrophen Gütezustand anzeigt. Der stark eutrophe Gütezustand entspricht dem allgemein vorherrschenden Gütezustand eines durchmischten Flachstausees mit einer mittleren Tiefe von $< 2,5$ m.

3.2 Untersuchungsmethodik

Wasserproben des Sees wurden auf Trophie- und Nährstoffparameter sowie organische Summenparameter untersucht. Temperatur und Sauerstoffgehalt wurden im vertikalen Profil des Seekörpers gemessen. Die Trübstoffe wurden als abfiltrierbare Stoffe bestimmt und deren Glühverlust ermittelt. Zur Erfassung potenzieller interner Belastungen des Sees wurde das Sediment hinsichtlich des Gesamt-Phosphor-Gehaltes und der mobilen Phosphorfraktionen sowie des Eisen- und Aluminiumgehaltes untersucht. Die Zusammensetzung des Zooplanktons, einer wichtigen Konsumentengruppe in der Nahrungskette zwischen den Algen und den Fischen, wurde über den Zooplankton-Größenindex erfasst. Der Fischbestand wurde über die Bewirtschaftungsdaten ermittelt.

Für die Erfassung der externen Nährstoffbelastung

des Sees aus dem Einzugsgebiet wurden der Spiesbach und drei weitere oberirdische Zuläufe untersucht und deren Abflüsse gemessen, um eine Nährstoffbilanzierung aufstellen zu können.

Die gewonnenen Daten wurden mit langjährigen Gütedaten und weiteren Beobachtungen in Beziehung gesetzt sowie anhand mathematischer Modelle ausgewertet, um die die Sichttiefe steuernden Faktoren identifizieren zu können.

3.3 Ergebnisse der Sichttiefenuntersuchungen

Der Gederner See ist mit einem mittleren Gesamt-Phosphor-Gehalt von $40 \mu\text{g/l}$ als mäßig eutrophes Gewässer zu bewerten. Aufgrund dieses Befundes lässt sich die geringe Sichttiefe nicht erklären, da bei Seen dieser Trophiestufe im Allgemeinen eine mittlere Sichttiefe von ca. 1,5 m zu erwarten ist. Ein zeitweilig geringer Sauerstoffgehalt im Wasserkörper des Gederner Sees weist darauf hin, dass der Sauerstoffhaushalt des Gederner Sees eher von Sauerstoffzehrenden Stoffen als von der pflanzlichen Algenproduktion geprägt ist.

Die Phosphoruntersuchungen am Spiesbach und den drei weiteren Zuflüssen ergaben eine Jahresfracht von insgesamt 29,7 kg Gesamt-Phosphor. Gemessen an den jährlichen Phosphorausstragsraten, die für das landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiet in der Höhe von 46,4 kg ermittelt wurden, stellt dies eine eher mäßige Nährstoffbelastung dar. Zusammen mit den weiteren Eintragsquellen aus der Atmosphäre (3,8–5,1 kg/a) und aus der Badenutzung (1,9–4,7 kg/a) ergibt sich ein jährlicher Eintrag von insgesamt 35,4–39,5 kg P/a. Nach dem VOLLENWEIDER-Modell (zit. in HUPFER & SCHWARZ 2002) darf jedoch eine jährliche Phosphorfracht von 13,5 kg nicht überschritten werden, damit seitens der Nährstoffe für die Badenutzung eine befriedigende Wasserqualität erreicht wird. Dies würde bedeuten, dass der Phosphoreintrag aus dem Spiesbach und den kleineren Zuflüssen um 61–66 % reduziert werden müsste – angesichts der ohnehin mäßigen Phosphorkonzentrationen in diesen Gewässern (0,017–0,026 mg P/l im Mittel) eine schwierige Aufgabe. Selbst eine extensive Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen würde die kritische Flächenbelastung überschreiten, wie es in der Abb. 2 dargestellt ist. Lediglich eine Waldnut-

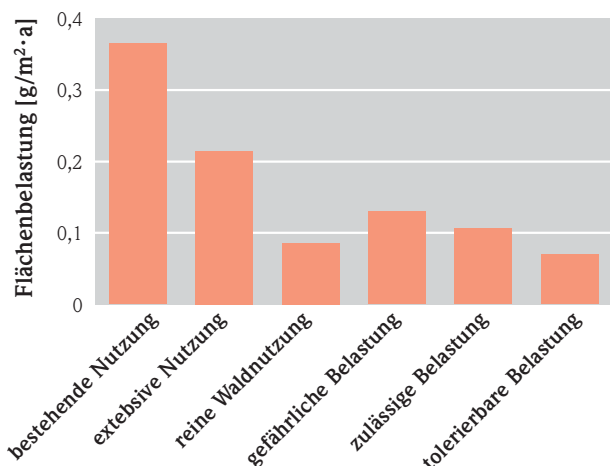


Abb. 2: Phosphorbelastung verschiedener Landnutzungen im Einzugsgebiet des Gederner Sees im Vergleich zur zulässigen Belastung des Sees nach VOLLENWEIDER (in HUPFER & SCHARF 2002).

zung wäre im Einklang mit der notwendigen Nährstoffreduzierung.

Die Überprüfung der potenziellen internen Phosphorbelastung aus dem See ergab, dass ein hinreichendes Phosphorbindungsvermögen im Sediment des Gederner Sees besteht. Infolge eines hohen Eisengehaltes und hoher Aluminiumkonzentrationen ist nicht mit bedeutsamen Vorgängen der Phosphoremobilisierung aus dem Sediment zu rechnen.

Der Parameter Sichttiefe wurde in Beziehung zu anderen Parametern wie Chlorophyll, filtrierbare Stoffe

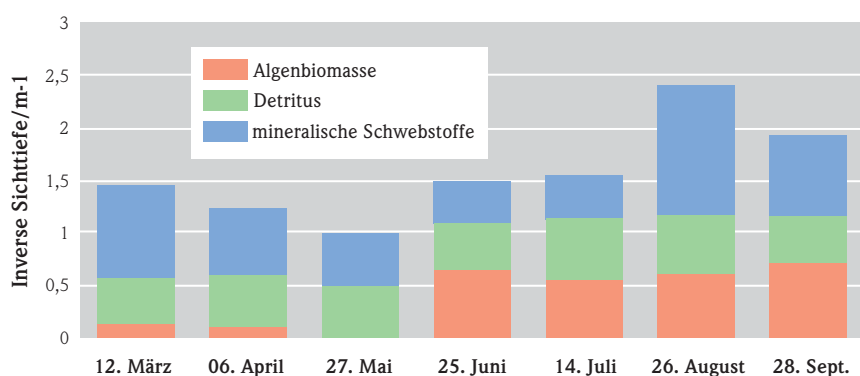


Abb. 3: Zusammensetzung der Trübstoffe im Gederner See.

fe und Glühverlust gesetzt, um mögliche kausale Zusammenhänge zu erkennen. Bereits bei der allgemeinen Gütebewertung war deutlich geworden, dass der Trophieparameter Sichttiefe einen viel höheren Trophiegrad indiziert als die anderen Trophieparameter wie Chlorophyll und Phosphor. Aufgrund von bivariaten Regressionsberechnungen mit einem linearen und einem logarithmischen Modell ist erkennbar, dass zwar eine signifikante Abhängigkeit der Sichttiefe vom Chlorophyllgehalt besteht, für den Faktor Detritus¹ jedoch ein deutlich höheres Bestimmtheitsmaß abgeleitet werden kann. Der Gehalt an Detritus erklärt die Sichttiefenveränderungen am Gederner See also besser als die Chlorophyllkonzentration und ist daher in stärkerem Maße als der Chlorophyllgehalt für die Gewässertrübung verantwortlich. Im Weiteren ergab die Berechnung der Trübung (inverse Sichttiefe) anhand eines an niederländischen Flachseen abgeleiteten multifaktoriellen Modells (SCHEFFER 1998), dass die Trübung des Gederner Sees überwiegend durch Detritus und mineralische Schwebstoffe verursacht wird (Abb. 3). Die Algenbiomasse ist zwar in den Sommermonaten bedeutsam, doch stehen die unbelebten Komponenten des Sestons² stets im Vordergrund. Dieser Befund belegt, dass der Gederner See durch die Resuspension organischer und anorganischer Partikel getrübt wird. Auch der geringe Sauerstoffhaushalt des Seekörpers erklärt sich aus dieser Tatsache.

Die Auswertung langjähriger Sichttiefenmessungen ergab darüber hinaus, dass starke Schwankungen der Sichttiefe auftreten, die unmittelbar mit dem Ablassen des Sees und dem Abfischen im Zusammenhang stehen. Vor der Fischentnahme war die Sichttiefe des Gederner Sees relativ schlecht, danach relativ gut. Dies weist darauf hin, dass ein hoher Fischbestand für eine geringe Sichttiefe verantwortlich ist. Im Gederner See sind vorwiegend Karpfen (*Cyprinus carpio*) vor-

¹ Detritus ist das im Wasserkörper des Sees schwebende Material, das aus abgestorbener Biomasse (Algen, Pflanzenteile) entstanden ist und beispielsweise im Sediment angereichert ist. Die Gehalte wurden rechnerisch aus den Konzentrationen von Chlorophyll a und filtrierbaren Stoffen abgeleitet (SCHEFFER 1998).
² Seston ist die Gesamtheit der lebenden und toten organischen und anorganischen Schwebstoffe im Wasser (SCHWOERBEL 1999).

handen, die Bestandsdichten von bis zu 117 kg/ha aufweisen. Bereits ein Bestand von 30 kg/ha an benthivoren Fischarten reicht jedoch aus, um die Sichttiefe auf weniger als 1 m zu vermindern (SCHEFFER 1998). Aufgrund dieser Untersuchungsbefunde muss davon ausgegangen werden, dass der Fischbestand die maßgebende Steuergröße für die Sichttiefe des Gederner Sees ist.

Die Untersuchung des Zooplanktons ergab, dass das Zooplankton nur in geringen Beständen und in geringer Körpergröße vorhanden war. Dies ist kennzeichnend für Gewässer mit einem überhöhten und einseitig zusammengesetzten Fischbestand, da die-

ser einen großen Fraßdruck auf das Zooplankton ausübt (STEINBERG & KOHMANN 1982, GROSSE et al. 1998). Das Phytoplankton unterliegt unter diesen Bedingungen keiner wirksamen Kontrolle durch die nachfolgende Nahrungskette.

Neben der stofflichen und fischereilichen Ursache der Gewässertrübung konnte die Windstärke als abiotischer Wirkungsfaktor identifiziert werden. Die statistische Auswertung zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen der Trübung des Sees und den Ergebnissen der Windstärkemessungen von einer 8 km entfernten Messeinrichtung.

4 Vorschläge zur Therapie des Gederner Sees

Ausgehend von dem Untersuchungsbefund, dass fisch- und windbedingte Resuspensionsprozesse die maßgebliche Ursache für die unzureichende Sichttiefe des Gederner Sees darstellen, liegt es nahe, Maßnahmen zur Verbesserung der Badewasserqualität zu ergreifen, die auf die Regulierung des Fischbestandes ausgerichtet sind. Entsprechende Konzepte werden seit rund zwei Jahrzehnten auf nationaler und internationaler Ebene unter der Bezeichnung Nahrungsnetzsteuerung (engl.: „biomanipulation“) entwickelt und für praktische Zwecke der Seensanierung angewendet. (BENNDORF et al. 1984, JEPPSEN et al. 1990, PERROW et al. 1997, GROSSE et al. 1998). Unter Limnologen wird in dem Zusammenhang auch von der „top-down control“ gesprochen, da bei einer Maßnahme von der obersten Konsumentenebene der aquatischen Lebensgemeinschaft ausgegangen wird. Gegenüber der in der Seentherapie in Deutschland vorherrschenden Herangehensweise, die Wasserqualität durch eine Verminderung der Nährstoffverfügbarkeit steuern zu wollen („bottom-up control“) (HUPFER & SCHARF 2002), bietet die Nahrungsnetzsteuerung damit einen alternativen Ansatz.

Das zentrale und vielfach bewährte Element einer Nahrungsnetzsteuerung an Flachseen besteht in einer drastischen Reduzierung des bestehenden Fischbestandes (MEIJER et al. 1999, SONDERGAARD et al. 2000). Insbesondere muss ein Besatz mit bodenwühlenden Fischarten wie Karpfen und Brassen voll-

ständig unterbleiben. Eine erste wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Nahrungsnetzsteuerung am Gederner See wurde im Oktober 2004 geschaffen, indem im Zuge der traditionellen fischereilichen Bewirtschaftung der See abgelassen und der Fischbestand komplett entnommen wurde. Darüber hinaus wurde gutachterlicherseits empfohlen, im Frühjahr 2005 lediglich mit Raubfischbrut zu besetzen und für die nächsten zwei Jahre das Angeln vollständig einzustellen. Diese Maßnahmen zielen unter anderem darauf ab, langfristig ein ausgewogenes Biomasseverhältnis zwischen Fried- und Raubfischen von 70 zu 30 herzustellen (SPÄH 1990, SCHARF & EHLSCHEID 1993). Bereits im kommenden Jahr kann im Gederner See mit einer deutlich besseren Sichttiefe gerechnet werden, da das Sediment des Seebodens weniger aufgewühlt wird und weniger Schwebstoffe in die Freiwasserzone gelangen. Es werden sich zunehmend Wasserpflanzen ansiedeln, die den See weiter stabilisieren und auch den Einfluss des Windes minimieren. Der Gederner See wird sich entwickeln von einem Algen-dominierten, trüben See in Richtung eines Wasserpflanzen-dominierten Klarwassersees. Klarwasserseen werden fischereibiologisch auch als Hecht-Schleien-Seen bezeichnet und zählen zu den ertragreichsten Seen. Eine solche ökologische Zustandsveränderung des Gederner Sees dient sowohl den Qualitätsansprüchen der Badegäste als auch den wohlverstandenen Eigeninteressen des Angelsportes.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Gederner See, ein ungeschichteter Flachstausee, weist seit der Beseitigung der Wasserpflanzen zu Beginn der 80er Jahre starke Gewässertrübungen auf. Der See ist stark eutroph, was im Allgemeinen für flache Stauseen typisch ist. Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass die ausgeprägte Trübung überwiegend durch organische und mineralische Schwebstoffe verursacht ist. Das Phytoplankton ist nur untergeordnet an der Trübung beteiligt. Die Schwebstoffe gelangen durch Resuspension der Sedimentoberfläche in den Wasserkörper. Bei den das Resuspensionsgeschehen antreibenden Kräften handelt es sich vor allem um bodenwühlende Fischarten und starke Windeinwirkung. Für die Verbesserung der Wasserqualität des Gederner Sees wird gutachterlicherseits die Entfernung des bestehenden Fischbestandes empfohlen. Für einen Übergangszeitraum von etwa zwei Jahren soll ein Friedfischbesatz unterbleiben und lediglich mit Raubfischbrut besetzt werden. Damit wird gleichzeitig die Möglichkeit für die Wiederbesiedlung mit Wasserpflanzen geschaffen, so dass sich der algentrübe See in einen pflanzenreichen Klarwassersee umwandeln kann.

Bei der Qualität der Badegewässer hat der hygienische Gütezustand oberste Priorität. Mit einem dichten Messprogramm wird in Hessen die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte sichergestellt. Intensive Gewässertrübungen können an Badeseen allerdings zur Folge haben, dass die Anforderungen der EU-Badegewässerrichtlinie nicht erfüllt werden. Das Modellvorhaben „Gederner See“ zeigt, dass in solchen Fällen konstruktive Lösungen zur Verbesserung der Wasserqualität im Hinblick auf die Sichttiefe in Badeseen möglich sind.

Badeseen als Ökosysteme sind sehr komplex hinsichtlich vielfältiger Beziehungen des Stoffhaushaltes, der Lebensgemeinschaften und der abiotischen Faktoren. Daher sind für die Sanierung eines trüben Badesees langjährige Datenreihen und die Gütebewertung des Trophiegrades ebenso bedeutsam wie eine detaillierte Untersuchung des Sees, die verschiedene Ursachenzusammenhänge näher beleuchten kann. Da die ökologischen Randbedingungen und die Nutzungsstrukturen an Badeseen unterschiedlich sind, werden Sanierungskonzepte für verschiedene Seen unterschiedlich ausfallen.

In der Mehrzahl der Fälle wird die starke Trübung eines Sees durch eine Algenmassenentwicklung hervorgerufen. Eine geringe Sichttiefe ist daher häufig mit einem hohen Trophiegrad und einem stark erhöhten Nährstoffangebot im See verbunden. Daher gilt im Allgemeinen das Gebot der Nährstofflimitierung im See und in dessen Einzugsgebiet. Es gibt daneben mit dem Konzept der Nahrungsnetzsteuerung noch einen weiteren Ansatz, der bei einer Seentherapie begleitend oder auch singulär eingesetzt werden kann. Dabei wird eine ausgeglichene Fischbestandsstruktur mit einem möglichst hohen Biomasseanteil an Raubfischen angestrebt, um mit einer großen Zooplanktonpopulation einen möglichst großen Fraßdruck auf das Phytoplankton auszuüben. Weiterhin ist auch ein substanzieller Bewuchs mit Wasserpflanzen für ein stabiles Ökosystem Badensee von Bedeutung, da Wasserpflanzen das Seesediment stabilisieren und generell das Aufkommen von Algen anhand verschiedener ökologischer Regulationsmechanismen unterdrücken (KÖRNER 2002).

6 Literatur

- Badegewässerverordnung: Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, Teil 1 - 12. Januar 1999; Wiesbaden 1999.
- BENNDORF, J., KNESCHKE, H., KOSSATZ, K. & PENZ, E.: Manipulation of the pelagic food web by stocking with predacious fishes.- *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 69: 407–428; Berlin 1984.
- GROSSE N., CLASEN, J., HOEHN, E., HORN, W., KETELAARS, H.A.M., MÜLLER, U. SCHARF, W., WILLMITZER, H. &

- BENNDORF, J.: Der Einfluß des Fischbestandes auf die Zooplanktonbesiedlung und die Wasserqualität.- *Das Gas- und Wasserfach, Wasser – Abwasser* 139: 30–35; München 1998.

- HUPFER M. & SCHARF, B. W.: Seentherapie: Interne Maßnahmen zur Verminderung der Phosphorkonzentration. In: STEINBERG, C., CALMANO, W., KLAPPER, H. & WILKEN, R.-D. (Hrsg.): *Handbuch der Angewandten Limnologie*. – 14. Ergänzungslieferung; Landsberg 2002.

- JEPPESSEN, E., JENSEN, J.K., KRISTENSEN, P., SONDERGAARD, M., MORTENSEN, E., SORTKJÆR, O. & OLRİK, K.: Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions.- *Hydrobiologia* 200/201: 219–227; Dordrecht 1990.
- KÖRNER, S.: Submerse Makrophyten - wichtig für die Seentherapie in Deutschland?- *Wasser & Boden: Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft* 54: 38–41; Berlin 2002.
- MEIJER, M.-L., DE BOIS, I., SCHEFFER, M., PORTIELJE, R. & HOSPER, H.: Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies.- *Hydrobiologia* 408/409: 13–30; Dordrecht 1999.
- Perrow, M.R., Meijer, M.-L., Dawidowicz, P. & Coops, H.: Biomanipulation on shallow lakes: state of the art.- *Hydrobiologia* 342/343: 355–365; Dordrecht 1997.
- SCHARF, B.W. & EHLSCHIED, T.: Extensivierung der Fischerei – ein Beitrag zur Oligotrophierung von Seen.— *Natur und Landschaft* 68: 562–565; Stuttgart 1993.
- Richtlinie des Rates der EG vom 08.12.1975 über die Qualität der Badegewässer (76/160/EWG), Brüssel.
- SCHEFFER, M.: *Ecology of shallow lakes*; London 1998.
- SCHWOERBEL, J.: *Einführung in die Limnologie*; Stuttgart 1999.
- SONDERGAARD, M., JEPPESSEN, E., JENSEN, J.P. & LAURIDSEN, T.: *Lake restoration in Denmark. Lakes and Reservoirs.- Research and Management* 5: 151–159; Oxford 2000.
- SPÄH, H.: *Fischereibiologische Stellungnahme zum Thema „Gestaltung freizeitgenutzter Seen“.- DVWK-Geschäftsstelle*; Bonn 1990.
- STEINBERG, C. & KOHMANN, F.: *Ist der Wasserfloh im See nur zum Gefressenwerden da? Fischer und Teichwirt* 33: 332–337; Nürnberg 1982.