

RÜDIGER MAUERSBERGER, HEIKE MAUERSBERGER

# Methode zur schnellen Erfassung des ökologischen Zustandes von Seen - Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin

Mit der Ausweisung von Großschutzgebieten im gewässerreichen Land Brandenburg ergab sich die Notwendigkeit, einen alsbaldigen Überblick über den Zustand der in den Gebieten liegenden Seen und ihren Wert aus Sicht des Arten- und Biotopschutzes zu gewinnen. Die Kenntnisse darüber werden benötigt, um Gefährdungen zu erkennen, Nutzungen zu lenken, Schutzmaßnahmen zu organisieren oder Sanierungsbemühungen einzuleiten. Im Biosphärenreservat „Schorfheide-Chorin“ mit über 200 Seen (größer als ein Hektar) führten deshalb die Autoren von 1991 bis 1993 eine flächendeckende ökologische Bonitierung der größeren Standgewässer durch. Erst 1992 startete das Naturschutzbund-Projekt „Seenkataster Brandenburg“ mit seinen überwiegend chemischen Untersuchungen, die auch viele Seen im Biosphärenreservat einschließen. Nach Abschluß der Messungen sollen die Daten zusammengeführt werden, so daß über die betreffenden Seen relativ breite Kenntnisse vorhanden sein werden.

## 1. Vorgaben an die Methodik

Der Inhalt der Aufgabe verlangte, daß sobald als möglich Ergebnisse zur Verfügung standen. Auch wegen des eng abgesteckten finanziellen Rahmens kamen keine chemischen Meßreihen in Betracht. Außerdem sollten die zu gewinnenden Daten naturschutzrelevante Aussagekraft besitzen. Die Methode sollte also

- schnell zum Ziel führen
- verlässliche Angaben erbringen
- vielseitige Betrachtungsweisen einbeziehen und
- wenig Kosten verursachen.

Deshalb bevorzugten wir die landschafts-

ökologische Herangehensweise, wie sie bei SUCCOW und KOPP (1985) und SUCCOW (1990) dargestellt ist.

Folgende Fragestellungen sollten bei der Untersuchung beantwortet werden:

- wie ist die aktuelle Trophie des Sees
- welche Trophie besaß der See vor anthropogener Einflußnahme
- welches Wasser speist den See
- welche Nutzungen fanden/finden statt
- welches sind die Ursachen, die evtl. zur Veränderung der trophischen Situation führten
- welche Strukturen oder Teilökosysteme gliedern den See

- welchen gefährdeten, schützenswerten Tier- und Pflanzenarten bietet der See Lebensraum
- welche Nutzungen, Sanierungs- oder Restaurierungsmaßnahmen sind möglich oder nötig?

## 2. Methodische Teilschritte

### 2.1 Geländearbeit

#### 2.1.1 Morphometrie

Die Autoren haben alle Seen mit einem Schlauchboot abgerudert; lediglich bei sehr großen Seen (über 100 ha) wurde



Abb. 1  
Krebsschere (*Stratiotes aloides*)  
Foto: H. Mauersberger

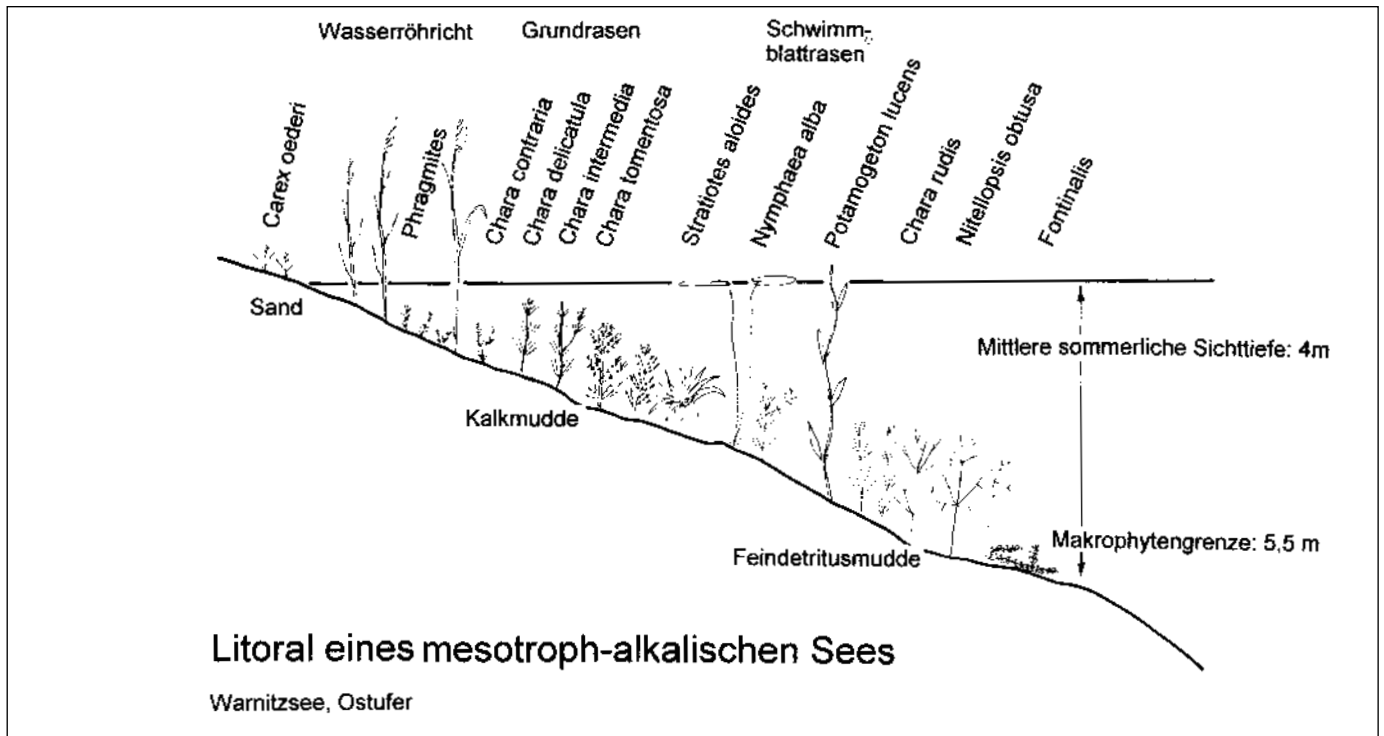


Abb. 2 Vegetationsprofil durch das Litoral eines mesotroph-alkalischen Durchströmungssees: charakteristisch sind ausgedehnte Grundrasen und ein lockeres Röhricht

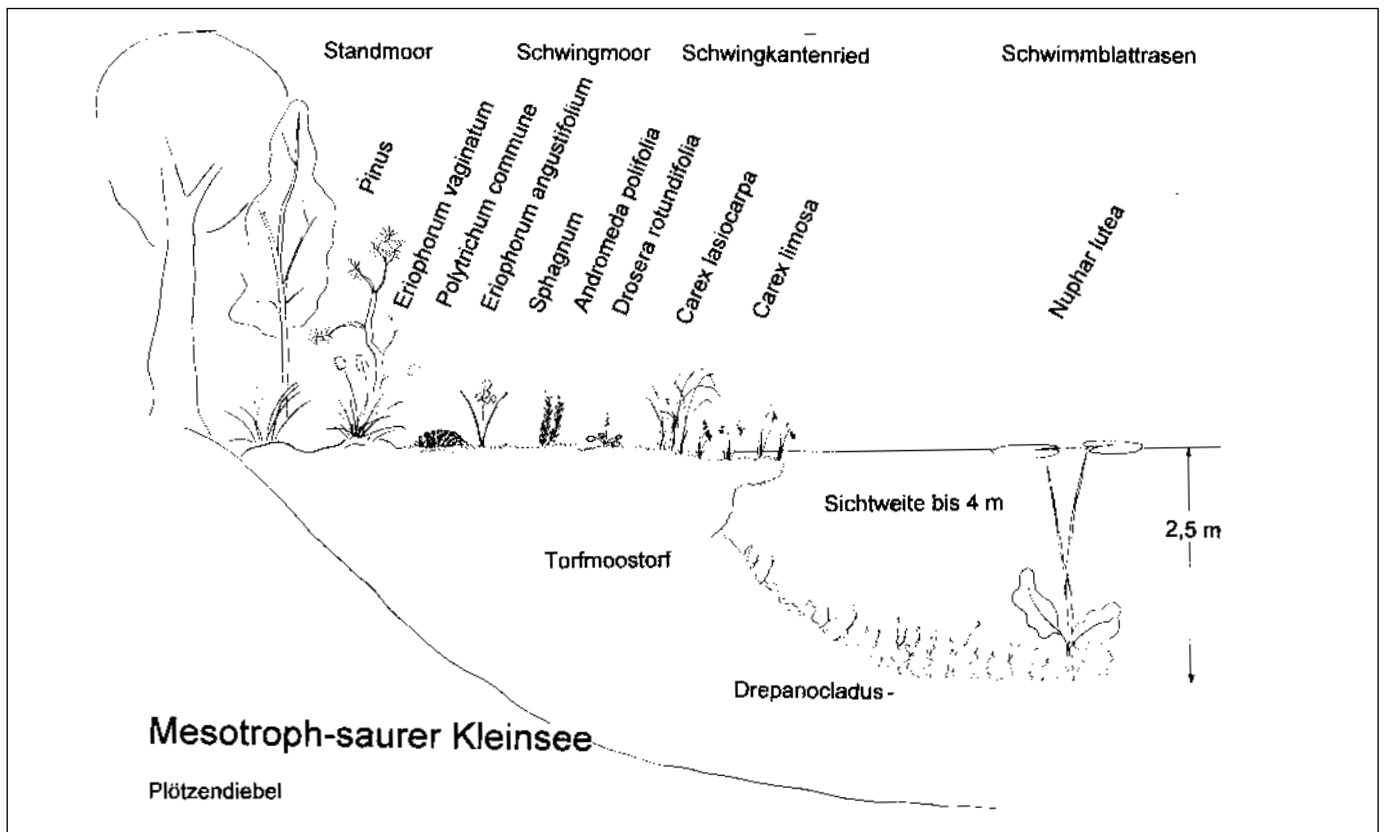


Abb. 3 Vegetationsprofil durch einen mesotroph-sauren Himmelsee mit typischer Gliederung in Standmoor, Schwingmoor, Schwingkantenried und Moosgrundrasen

darauf verzichtet und statt dessen an mehreren Ufern kürzere Strecken in Augenschein genommen. Vom Boot aus erfolgte das Loten der Maximaltiefe (bei buchtig zerlappten Seen in jedem Becken). Auf der

Suche nach der tiefsten Stelle wurde gleichzeitig festgestellt, wie groß etwa die Ausdehnung der Tiefenstufen im See ist, was Rückschlüsse auf die durchschnittliche Tiefe und Steilheit des Seebeckens zuläßt.

### 2.1.2 Chemismus

Chemische Parameter wurden nur gemessen, um die Trophie/Säure-Basenstufe des Sees zu ermitteln sowie als Hilfsmittel für die hydrologische Einschätzung. Mit im

Aquariefachhandel erhältlichen Schnelltests wurde der pH-Wert (Meßbereich 5 bis 8, Genauigkeit ca. 0,2), die Karbonat- und Gesamthärte (titrimetrisch, Genauigkeit 0,5° dH) bestimmt. Die Meßergebnisse wurden mehrfach gegen Laboranalysen geprüft und erwiesen sich als recht zuverlässig. Mit einem Sauerstoff-/Temperatur-Meßgerät mit einer 40-Meter-Tiefensonde (WTW Oximeter 196) wurden von den tieferen Seen ( $T_{\max}$  mind. 4 Meter) ein bis drei Sauerstoff- und Temperaturprofile innerhalb des Untersuchungszeitraumes, jeweils in der Sommerstagnation, genommen.

### 2.1.3 Hydrologie

Im Winterhalbjahr wurden die Ufer der meisten Seen abgelaufen, wenn die abgestorbene Pflanzendecke günstige Einblicke gewährte, um Zuläufe, Abläufe, künstliche Entwässerungen und angrenzende bzw. zum See gehörige Moore (vor allem Verlandungs-, Quell- oder Durchströmungsmoore) aufzufinden und zu interpretieren.

### 2.1.4 Trophische Kriterien und Strukturierung

Zur Abschätzung der Produktivität standen uns zwei einfache Methoden zur Verfügung: die Messung der sommerlichen Sichttiefe und die Ermittlung der „unteren Makrophytengrenze“ (maximale Besiedlungstiefe der Wasserpflanzen). Die Sichttiefe wurde mit Hilfe einer SECCHI-Scheibe so oft wie möglich gemessen.

Die untere Makrophytengrenze konnte, manchmal tauchend, meistens jedoch mit einem „Krautanker“ (hakenreicher, nicht zu leichter Gegenstand an einer Leine mit Längeneinteilung) vom Boot aus zwischen Juni und September ermittelt werden. Von mehreren erfolgversprechenden (nicht schattigen oder zu steilscharigen) Ufern wurde der Seemitte zu nach submers wachsenden Pflanzen geankert und die Besiedlungstiefen der verschiedenen Arten notiert. *Characeae* (Armluchteralgen) wurden zur Determination mitgenommen und in einer Belegsammlung aufbewahrt. Abschließend wurde abgeschätzt, wie ausgedehnt jede Pflanzenart (einschließlich der emersen, natanten und Röhrichtarten) im See vorkommt. Hierbei wurde lediglich zwischen den Stufen unterschieden:

- Einzel Exemplare vorhanden oder sehr kleinflächig
  - o mäßig häufig, kleinere Bestände
  - + flächenhaft, ausgedehnte Bestände.
- Die ufernahen Sedimente wurden angesprochen, in Grobtypen (Lehm, Sand, Kies,

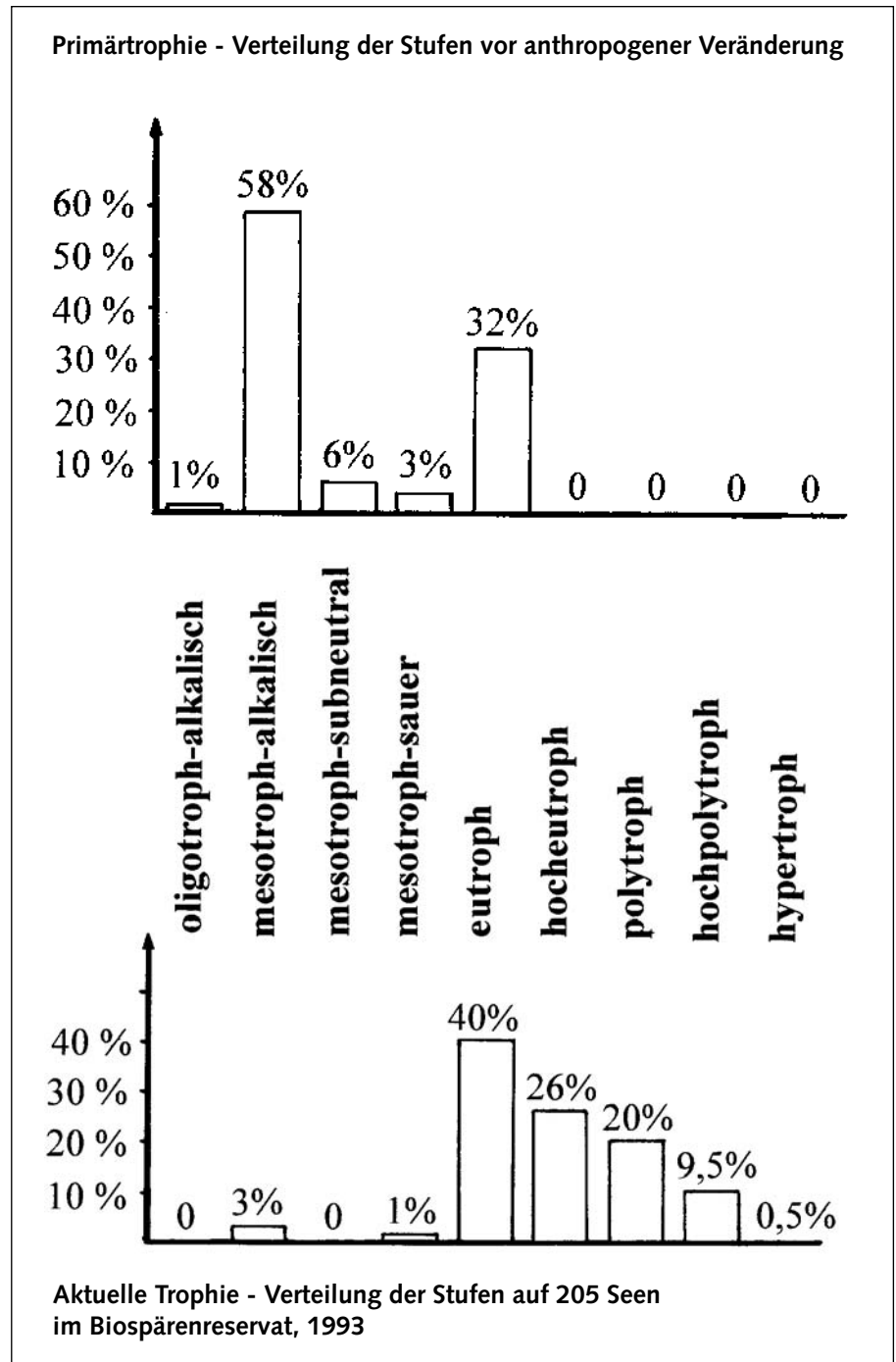


Abb. 4, 5

Diagramme über die Verteilung der Trophie-Säure-Basen-Stufen (in sensu SUCCOW und KOPP 1985) auf die Seen des Biosphärenreservates

Steine, Laub/Holz, Torf, Kalkmudde, Feindetritusmudde, Grobdetritusmudde und Sapropel) eingeordnet und ihre Flächenausdehnung notiert.

### 2.1.5 Nutzungen/Schädigungen (s.a. 3.)

Im Gelände sind vor allem touristische Nutzungen leicht zu erkennen. Schädigungen aus der Nutzung angrenzender Flächen (Abwässer, Gülle- oder Mineraldüngereintrag aus der Landwirtschaft) sind vor allem dann schwer abschätzbar, wenn sie bereits einige Zeit zurückliegen. Deshalb wurden möglichst oft Anwohner,

Angler oder andere Ortskundige befragt. Bei der Suche nach Schädigungen infolge hydrologischer Veränderungen leisten möglichst alte Karten wertvolle Dienste.

### 2.1.6 Genetisches Potential/Artenvielfalt

Um den Wert eines Gewässers aus der Sicht des Artenschutzes bestimmen zu können, wurden bei allen Aufenthalten am See die direkt oder über Spuren nachgewiesenen bemerkenswerten Tierarten notiert (Biber, Otter, Adler, Weihen, Rohrsänger und Schwirle, Enten, Taucher, Limikolen, Libellen, Herpeten, auffällige Mol-

lusken u.a.). Die Pflanzenarten wurden ohnehin bereits für die trophische Charakterisierung kartiert.

## 2.2 Aufarbeitung und Interpretation der Daten

### 2.2.1 hydrologisch-genetischer Seentyp

Alle Seen wurden, soweit möglich, den fünf hydrologischen Seentypen nach SUC-COW (1990) zugeordnet.

**Himmelsee:** ausschließlich ombrogene Speisung in Kesselmooren oder in Sandern, ohne Kontakt zum Grundwasser

**Kesselsee:** ohne Grundwasserkontakt, oftmals Lage in bindigen Böden der Endmoräne, sehr kleines Einzugsgebiet

**Durchströmungssee:** von Fließgewässer oder Grundwasserstrom gespeist, in Schmelzwasserrinnen, Gletscherzungenbecken oder Durchbruchsandern

**Quellsee:** von Quellmooren gespeist, mit Abfluß

**Flußsee:** seeartige Erweiterung eines Flußbettes, Seentyp mit der kürzesten Verweilzeit des Wassers und dem größten Einzugsgebiet.

Die hydrologischen Typen „Himmelsee“ und „Kesselsee“ sind in der kalkreichen Jungpleistozänlandschaft leicht an ihrem geringen Kalkgehalt (gemessen als Karbonathärte) zu erkennen.

Entscheidend für das Verständnis der Wandlungen in historischer Zeit ist das Studium alter Karten, da viele Seen erst in den letzten Jahrzehnten in Fließgewässersysteme oder Moorentwässerungen eingebunden worden sind. Dabei wurden regelmäßig die Speisungs- und Trophieverhältnisse verändert.

### 2.2.2 ökologischer Seentyp (Trophie/Säure-Basen-Stufe)

- Primärtrophie

Mit der Primärtrophie wird der Zustand gekennzeichnet, der für den letzten Zeitraum vor den anthropogenen Überformungen anzunehmen ist. Die Abschätzung ist nicht immer problemlos vornehmbar, geht aber in vielen Fällen aus der Morphometrie, aus den ursprünglichen hydrologischen Verhältnissen sowie aus den vorhandenen limnischen Sedimenten hervor. In Zweifelsfällen (vor allem bei stark belasteten Seen) ermöglicht eine Bohrung in jüngeren Sedimentschichten Aufschluß.

- aktuelle Trophie/Säure-Basen-Stufe

Die sommerliche Sichttiefe korreliert zumeist direkt mit der gerade vorhandenen Phytoplanktonbiomasse (nachweisbar als Chlorophyll) und dem Gesamtphosphatgehalt, ist aber wie diese unregelmäßigen Schwankungen im Jahresverlauf

unterworfen. Deshalb mußte Wert darauf gelegt werden, von jedem See wenigstens vier Sichttiefenmessungen innerhalb des Untersuchungszeitraumes zu erlangen. Allerdings besitzt die Sichttiefenmessung Unsicherheiten im huminsäuregefärbten Braunwasser sowie bei hohem Schwebstoffanteil.

Die untere Makrophytengrenze stellt dagegen einen konstanten Wert pro Jahr dar und kennzeichnet das Lichtklima und die Phytoplanktontrübung innerhalb der Vegetationsperiode, in denen Schwankungen bereits nivelliert sind. Folgende Nachteile der Methode müssen erwähnt werden: 1. in rasant klarer werdenden Seen kann die Makrophytenbesiedlung in ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit in tiefere Regionen nicht Schritt halten, so daß ein Zustand erfaßt wird, der dem des Vorjahres ähnlicher ist (was aber auch von Vorteil sein kann, um Entwicklungsrichtungen zu bemerken). 2. in sauren und subneutralen Seen fehlt nach unseren Erfahrungen Submersvegetation, sobald die Trophie den oligo- und mesotrophen Bereich überschritten hat, so daß anhand der Pflanzen kein Unterschied zwischen eutrophen und polytrophen Seen mehr wahrgenommen werden kann.

Für die Klassifizierung nach den Sichttiefen- und Makrophytengrenzen-Werten folgten wir der Einteilung von SUC-COW und KOPP (1985).

Weiterhin stehen zum Nachweis des ökologischen Seentyps die Artenzusammensetzung der Wasservegetation (s.a. MELZER 1988) und die Verteilung der verschiedenen limnischen Sedimente zur Verfügung.

Die zweite Komponente des ökologischen Typs ist die Säure-Basen-Stufe. Nach SUC-COW und KOPP (1985) ist es sinnvoll, zwischen den Stufen sauer, subneutral (wechselalkalisch) und alkalisch zu unterscheiden (Abb. 2, 3). Die pH-Werte sind abhängig vom Puffervermögen des Wassers, worüber vor allem der Karbonat- und Bikarbonatgehalt (meßbar als Karbonathärte) entscheidet. Außerdem ist zu beachten, daß die Werte bei belasteten, hochproduktiven Seen zu Zeitpunkten hoher Photosyntheseaktivität sekundär deutlich ansteigen können. Nach unseren Erfahrungen besitzen die regenwassergespeisten Himmelseen pH-Werte deutlich unter 6, lediglich stark phytoplanktongetrübte Gewässer liegen zeitweise etwas darüber. An subneutralen Weichwasserseen (hydrologisch zumeist Kesselseen) haben wir pH-Werte um den Neutralpunkt gemessen, die Schwankungsbreite kann mit 6,0

bis maximal 7,5 beziffert werden. Oberflächlich oder vom Grundwasser durchflossene Seen sind im Gebiet immer kalkreich und alkalisch mit pH 7,5 bis 8, selten nur 7,3. Viele Seen lagen sicher in einem für die genannte Meßmethodik nicht mehr nachweisbaren Bereich weit über 8.

## 2.3 Bewertung

Zum Abschluß haben wir versucht, jeden See aus der Sicht des Naturschutzes zu bewerten und die Dringlichkeit des Schutzes zu begründen. Als Bewertungskriterium wurde die aktuelle Trophiesituation herangezogen (Gewässer, die wir in ihrer Primärtrophie vorfanden, erhielten höchste Wertigkeit), aber auch die Vielgestaltigkeit und Mannigfaltigkeit im Ökosystem und das Vorhandensein von gefährdeten Tier- und Pflanzenarten. In einem Katalog, der Informationen über trophische Verhältnisse, grobe Strukturierung, gefährdete Arten, Wert, Schädigungsursachen und mögliche Sanierungsstrategien für jeden See enthält, wurden die aufgearbeiteten Daten der Verwaltung des Biosphärenreservates und den Naturschutzbehörden der Kreise zur Verfügung gestellt.

## 3. Zu den Ergebnissen

Die 203 größeren natürlichen Standgewässer nehmen im Gebiet eine Fläche von fast 5 000 Hektar ein. Während sich die Gesamtfläche der Seen in den letzten Jahrhunderten nur geringfügig verändert hat (Verminderung um ca. 10 %), vollzog sich jedoch ein enormer qualitativer Wandel. Durch Eutrophierung veränderten 90 % der Seen ihren Charakter weitgehend (s. Abb. 4, 5). Die anthropogene Eutrophierung durch Nährstoffeinträge begann in stärkerem Umfang bereits vor über 200 Jahren, als zur Vergrößerung ackerbaulich oder forstlich genutzter Flächen Moore entwässert wurden. Infolge der Torfmineralisierung gelangten tonnenweise belastende Nährstoffe in die oftmals als Vorflut genutzten Seen. Die Schädigung von über 50 Seen im Gebiet dürfte seitdem allein oder überwiegend auf Moorentwässerungen, Seespiegelabsenkungen und Ackerdrainagen beruhen. Erst in diesem Jahrhundert setzte die Abwasserbelastung aus kommunalen und landwirtschaftlichen Einrichtungen vor allem den in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich gelegenen Seen stark zu. Selbst einige noch vor 30 Jahren intakte Klarwasserseen wurden auf diese Weise algengetrübte und hochproduktiv. Bis dahin waren nur noch wenige abseits in den Wäldern gelegene

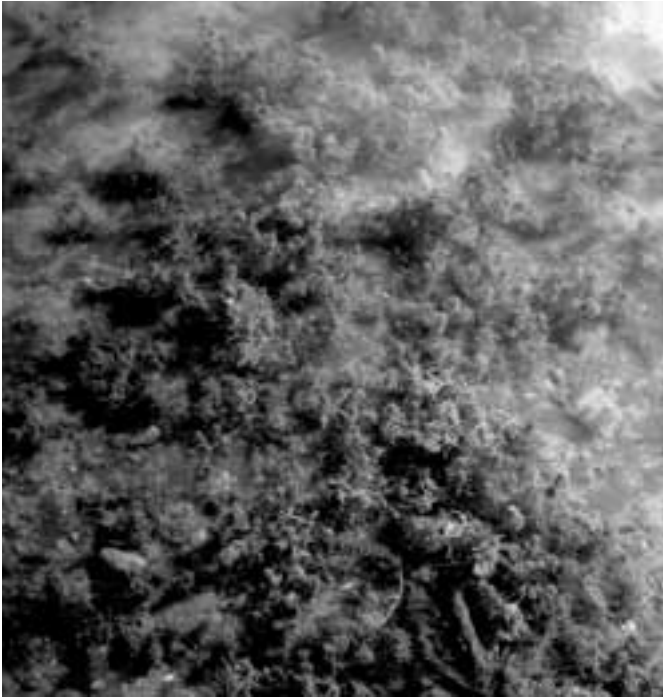


Abb. 6  
Characeenrasen in einem intakten Klarwassersee  
Foto: R. Mauersberger



Abb. 7  
Beginnender Algenaufwuchs auf Characeenrasen in einem gestörten  
Klarwasser-Ökosystem  
Foto: R. Mauersberger

Seen verschont geblieben. Die letzte große Eutrophierungswelle durch die fischereiliche Intensivnutzung der sechziger bis achtziger Jahre überstanden nur noch acht Seen im mesotrophen Zustand (Abb. 6, 7). Dennoch bilden die Seen nach wie vor die Grundlage für eine bemerkenswerte Vielfalt der Tier- und Pflanzenwelt im Gebiet. Zahlreiche in Deutschland oder Europa gefährdete Arten finden hier geeignete Lebensbedingungen vor. In intakten Großröhrichtbrüthen brüten Drosselrohrsänger, Rohrweihen, Rohrdommel und Rohrschwärze. Der größte Teil der Seen liegt in Nahrungsrevieren von Seeadler- und Fischadlerbrutpaaren. Übernutzte Flachseen, inzwischen polytroph geworden, sind Magneten für brütende und rastende Taucher, Schwimm- und Tauchenten, Kormorane, Reiher. In verbliebenen alkalischen Klarwasserseen gedeihen 14 Arten der Armleuchtergewächse (Characeen). Seit 1990 konnten die Autoren 54 Libellenarten im Biosphärenreservat „Schorfheide-Chorin“ nachweisen (MAUERSBERGER und MAUERSBERGER 1992). Der mit 39 Spezies beim gegenwärtigen Kenntnisstand libellenartenreichste See Deutschlands, der West-Rarangsee, befindet sich im Gebiet. Der Wert mehrerer Seen aus der Sicht des Naturschutzes wird auch davon bestimmt, daß sie Fortpflanzungsstätten von Biber oder Fischotter sind. Der unbedingte Schutz der letzten nährstoffarmen Gewässerökosysteme ist Voraussetzung für den Erhalt von einst ver-

breiteten, derzeit im Aussterben begriffenen Lebensgemeinschaften. In diesem Sinne bestehen die vordringlichsten Aufgaben darin, die negative Wasserbilanz in der Landschaft umzukehren, um die Degradation der Flächen zu stoppen. Ob dies gelingt, wird maßgeblich davon abhängen, wie effizient Grundwasserstände auf ein normales Niveau angehoben werden können und Vorfluter wieder in Fließgewässer umgewandelt werden. Außerdem müssen weitere Anstrengungen unternommen werden, die Belastung aus Abwässern zu verringern und die fischereiliche Bewirtschaftung vollends auf eine ökologisch verträgliche Form umzustellen.

#### 4. Zusammenfassung

Von 1991 bis 1993 führten die Autoren an den über 200 Seen des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin im nordöstlichen Brandenburg in Anlehnung an die Methode von SUCCOW u. KOPP (1985) eine Geländeerfassung durch. Die gewonnenen Daten über die trophische Situation des Sees, über Hydrologie, Morphometrie, Artenausstattung sowie Nutzungen und Schädigungsgrad erlauben, Aussagen zum Wert jedes Sees aus der Sicht des Naturschutzes, zur Gefährdung und Schutzbedürftigkeit zu treffen sowie erste Ansätze für eine Schutz- und Sanierungsstrategie aufzuzeigen. Bei den Untersuchungen offenbarte sich die enorme Vielfalt der im Biosphärenre-

servat vorhandenen See-Naturraumtypen, unter denen sich noch einige wenige trophisch naturnahe und auch viele hochbelastete, eine Anzahl extrem reich gegliederter wie auch viele wenig strukturierte Seen befinden. Dementsprechend reicht das Spektrum der Artenausstattung auch von Gewässern mit extremer floristischer und faunistischer Mannigfaltigkeit, wie sie in Deutschland ihresgleichen sucht, bis zur stark verarmten Seebiozönose.

#### Literatur

- MAUERSBERGER, R. u. MAUERSBERGER, H. 1992: Odonatologischer Jahresbericht aus dem Biosphärenreservat „Schorfheide-Chorin“ für 1992. -Libellula 11: 155-164
- MELZER, A. 1988: Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. -Hohenheimer Arbeiten. Gefährdung und Schutz von Gewässern. -Stuttgart: 105-116
- SUCCOW, M. u. KOPP, D. 1985: Seen als Naturraumtypen. -Petermanns Geogr. Mitt. 3: 161-170
- SUCCOW, M. 1990: Hydrologische Seentypen. -Vortrag zur Tagung der Gesellschaft f. Ökologie, München-Weihenstephan

Verfasser  
Rüdiger Mauersberger  
Waldstr. 4  
16278 Steinhöfel

Heike Mauersberger  
Biosphärenreservat „Schorfheide-Chorin“  
PF 100526  
16205 Eberswalde  
Haus am Stadtsee