

Olaf MIETZ, Potsdam und Joachim MARCINEK, Berlin

Lösungsstrategien zur Eindämmung der Eutrophierung der brandenburgischen Seen

1. Einleitung

Das Landschaftsbild der Jungmoränengebiete Norddeutschlands wird besonders durch das Auftreten von glazial entstandenen Seen geprägt. In den Bundesländern Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern wird die Zahl der Seen mit einer Fläche von mehr als einem Hektar auf über 5000 geschätzt. Mit über 3000 Seen größer als 1 ha und insgesamt etwa 10 200 ständig wassergefüllten Hohlformen ist Brandenburg das gewässerreichste Bundesland in Deutschland. Die Gewässer Brandenburgs nehmen insgesamt zirka 2,4 Prozent der Landesfläche ein. Diesem Seenreichtum auf der einen Seite stehen geringe Kenntnisse über den Wasserchemismus, die Biologie, die Geographie und die Hydrologie gegenüber. Nur von wenigen Seen waren zum Ende der 80er Jahre Isobathenkarten, Beschreibungen des trophischen Zustandes und Kartierungen von Fauna und Flora vorhanden. Dies ist um so problematischer zu bewerten, als das gerade die Gewässer in Norddeutschland zu einem nicht zu unterschätzenden Standortfaktor für die wirtschaftliche Entwicklung avancierten (MIETZ 1994).

Die veränderten Ökosystemstrukturen vieler Seen Brandenburgs, gegenüber der natürlichen Entwicklung und Sukzession, wurden in der jüngsten Vergangenheit häufig durch die Gewässerübernutzung verursacht.

Die Wechselwirkungen zwischen den See-Einzugsgebieten und dem Gewässer selbst sind heute unbestritten (VOLLENWEIDER 1982; STRASKRABA 1985). Zur Quantifizierung eines Gewässergütezustandes werden zudem neben den punktuellen und diffusen externen Stoffeinträgen die seeinternen Prozesse immer bedeutender. So führte OHLE (1953) die „rasante Eutrophierung“ vieler stehender Gewässer auf interne Nährstoffrücklösungsprozesse zurück. Die Sedimente als „Deponie“ eines Sees (LAMPERT u. SOMMER 1993) besitzen eine große Bedeutung für die Steuerung der Trophiesituation von Gewässerökosystemen.

Zur Lösung von gewässergütewirtschaftlichen Problemen, wie das der Eutrophierung, sind quantitative Angaben zur zeitlichen, räumlichen und geographischen Verteilung physikalischer, chemischer und biologischer Ökosystemparameter ebenso notwendig, wie die Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren (KOSCHEL 1987).

Umfassende Analysen von Regulationsmechanismen im Stoff- und Energiehaushalt von Gewässerökosystemen können heute nur noch durch komplexe ökologische Modelle und Gleichungssysteme, fußend auf mathematisch-statistischen Berechnungen, erstellt werden. Sie sind die Voraussetzung für die Entwicklung von Seesaniierungs- und Restaurationsverfahren.

Die Gewässereutrophierung ist nicht nur ein regionales Umweltproblem in der unmittelbaren Umgebung der Großstädte oder in den intensiv genutzten Landwirtschaftsgebieten, sondern es tritt fast flächendeckend in Mitteleuropa auf (u. a. KLAPPER 1980; KOSCHEL 1987; SAS 1989; KÜMMERLIN 1995).

2. Eutrophierungsmodelle

Die Ursachen der Eutrophierung sind in einer Vielzahl von Modellen quantifiziert worden, wobei das Modell von VOLLENWEIDER (1982), in dem die Phosphorfrachten im Zufluß, die Verweilzeit des Wassers, die mittlere Tiefe und die Sedimentation von Phosphaten berücksichtigt werden, sicherlich zu den bekanntesten zählt.

Die Eutrophierung muß als Prozeß verstanden werden (KASPRZAK 1988). Einfache Ursache — Wirkungsbeziehungen sind im allgemeinen als naturuntypisch zu bezeichnen. Ohne diese Vereinfachung lassen sich aber in der Praxis anwendbare Eutrophierungsmodelle nicht erstellen.

Nach RECKNAGEL (1980) ist nicht nur die Eutrophierung an sich als Prozeß zu verstehen, sondern auch die Entwicklung eines geeigneten Ansatzes der modellhaften Beschreibung. Aus erkenntnistheoretischer Sicht kann der Modellbildungsprozeß in vier Stufen untergliedert werden (HÖRZ 1978, zit. n. RECKNAGEL 1980 :

1. heuristische Stufe : Suche nach dem Modell
2. kognitive Stufe : Arbeit mit dem Modell
3. pragmatische Stufe: Anwendung der mit dem Modell gewonnenen Ergebnisse
4. erklärende Stufe : Einordnung des Modells in bestehende Theorien

In der Praxis sind sicherlich die Punkte 2 und 3 die wichtigsten. Alle Eutrophierungsmodelle, die in der Vergangenheit erfolgreich angewandt worden sind, beschäftigen sich mit der Nährstoffumsetzung und den Folgen für die Trophie.

Der Versuch einer Quantifizierung des Trophiezustandes von Seen stellte in den 70er und Anfang der 80er Jahre einen wesentlichen Baustein der Entwicklung der „Angewandten Limnologie“ dar. SHANNON u. BREZONIK (1972), SHAPIRO (1975), CARLSON (1977), RAST u. LEE (1978) beschäftigten sich vor allem mit dem „trophic state index“, einem fließenden Trophiebewertungssystem über ausgewählte Trophieebenen. In weiteren wichtigen Arbeiten u.ä. von DILLON u. RIGLER (1974), PORCELLA et al. (1979), SCHRÖDER u.

SCHRÖDER (1978), FORSBERG u. RYDING (1980), VOLLENWEIDER (1982) wurden mathematisch-statistische Modelle und Gleichungssysteme zur Quantifizierung des Trophiezustandes erarbeitet.

Die Klassifikationsmodelle unterscheiden sich prinzipiell durch zwei Herangehensweisen (HENNING 1986):

1. Klassifizierungsindizes, denen die abiotischen und biotischen Verhältnisse im See zugrunde liegen,
2. Modelle, die von der Phosphorbelastung durch das Einzugsgebiet ausgehen.

Dabei beruht die Entwicklung des ersten Ansatzes auf der Bestimmung von Konzentrationen im See. Demgegenüber steht der zweite Ansatz als dynamisches Modell mit der Bestimmung von Frachten. Eine Verknüpfung beider Ansätze ist nach SCHRÖDER (1994) nicht ohne weiteres vorzunehmen, da die Konzentration und die Fracht zwei unterschiedliche Dimensionen darstellen.

Daneben wurden weitere Modelle auch in der Region des Landes Brandenburg entwickelt (z. B. Modell ERNA — BRAUN 1985). Die Lösung der Problemfelder der Seenklassifikation und der Eutrophierung der Seen in Mitteleuropa hängen unmittelbar miteinander zusammen. Die Seenklassifikation ist das einzige Instrumentarium, das einen flächenhaften Vergleich der trophischen Situation der Seen ermöglicht.

3. Die Eutrophierung der Seen Brandenburgs

Der Eutrophierungsprozeß ist heute kein Phänomen mehr, das ausschließlich durch punktuelle Nährstoffquellen hervorgerufen wird, sondern vielmehr durch die flächenhaften Überdüngungen der terrestrischen Ökosysteme. VIETINGHOFF (1991) wies zum Beispiel darauf hin, daß die Landnutzungsarten im unmittelbaren Einzugsgebiet der Potsdamer Landseen einen signifikanten Einfluß auf die Trophie der Seen ausüben. Die Ursachen dafür liegen zum einen in der großflächigen Nährstoffanreicherung im Grundwasser. Diese beträgt beispielsweise im Potsdamer Umland $50\text{—}120\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (MIETZ u. KASPRZAK 1991). In der unmittelbaren Nähe von Ballungsgebieten wird der atmosphärische Nährstoffeintrag zu einer nicht zu unterschätzenden Belastungsgröße (SCHUHMACHER u. THIESMEIER 1991). Selbst die Frage der Rücklösung von Nährstoffen aus den Seesedimenten muß als räumlicher Prozeß angesehen werden. Gerade die flächenhaften, miteinander gekoppelten Ursachen führten dazu, daß der Prozeß der Eutrophierung zu einem globalen Problem in Mitteleuropa wurde und in Osteuropa immer größere Ausmaße annimmt. Es erscheint als unumgänglich, diesem Phänomen mit einem räumlichen Ansatz zu begegnen.

Die geomorphologischen Strukturen üben einen wesentlichen Einfluß auf die Eutrophierung aus. Mit der Genese der überwiegend glazial entstandenen Seen im Jungmoränenland und dem nicht hierarchisch entwickelten Fließgewässernetz

in dieser Region (MARCINEK u. ZAUMSEIL 1993) sind die Seen im Jungmoränenland des Weichselglazials potentiell wesentlich stärker gefährdet, als zum Beispiel die stehenden Gewässern im Gebiet des Würmglazials, da diese Landschaftseinheit durch eine Vielzahl von alpin geprägten Fließgewässern durchschnitten wird.

Im Land Brandenburg steht dem großen Anteil an Oberflächengewässern ein vergleichsweise geringes Wasserdargebot gegenüber (MARCINEK 1969). Die starke Nutzung der Gewässer, die allgemein verfehlte Wirtschaftspolitik in den letzten 40 Jahren, bei der die Einheit von Ökonomie und Ökologie nur ungenügend Beachtung fand, die Übernutzung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die fehlenden Klärwerkstechniken sind die hauptsächlichen Ursachen für ein Überangebot an Nährstoffen in vielen aquatischen und terrestrischen Ökosysteme. Verstärkt worden sind die technischen und wirtschaftlichen Komponenten noch durch eutrophierungsfördernde natürliche Bedingungen, wie das flächenhafte Auftreten von Böden mit geringer Sorptionskapazität, wie Podsolen und Rosterden und der geringen Dichte an natürlichen Vorflutern.

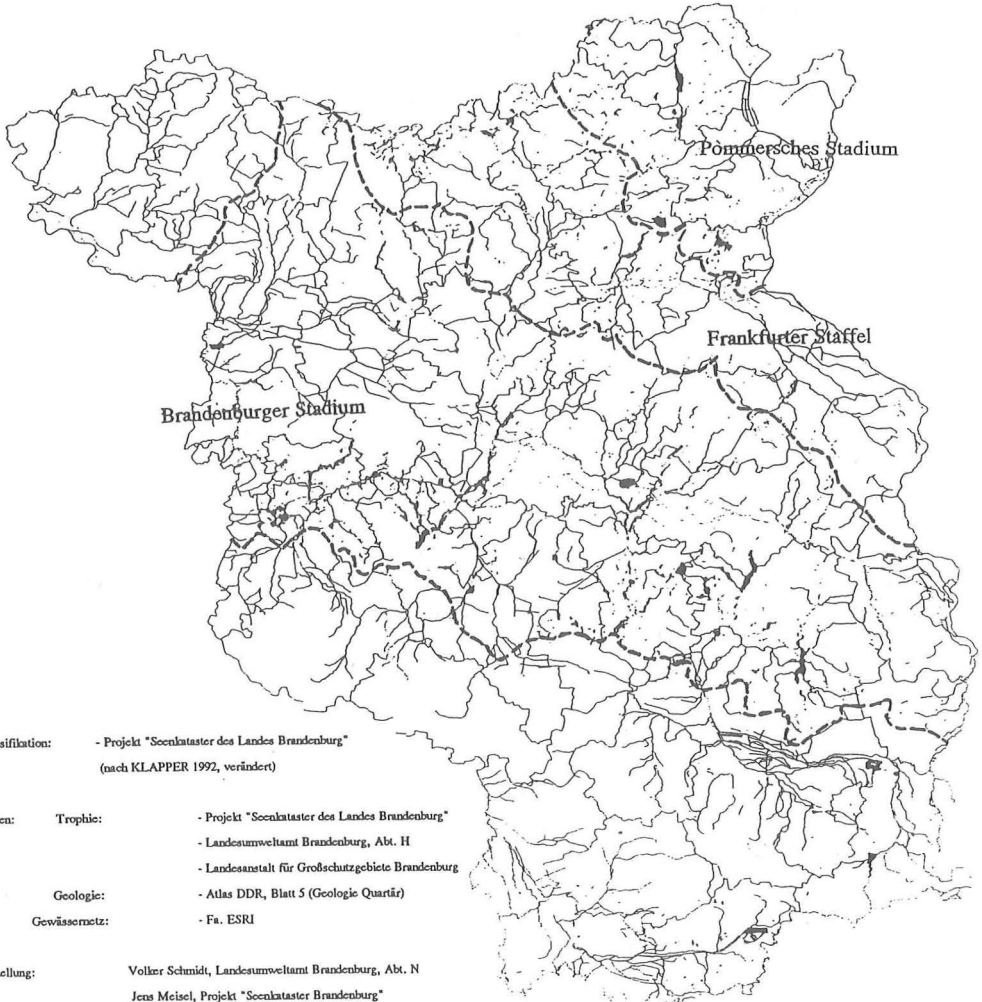
Diese Gründe zählen zu den wichtigsten, die zur Installierung des Projektes Seenkataster im Land Brandenburg (MIETZ 1994) geführt haben. Innerhalb von 20 Monaten zwischen März 1992 und Oktober 1993 konnten 534 Seen nach dem Trophieansatz von KLAPPER (1992) klassifiziert werden (MIETZ 1994). Die räumliche Unterteilung erfolgte nach geomorphologischen Gesichtspunkten der räumlichen Gliederung des Weichselglazials, also nach genetischen Grenzen. Mit dem unterschiedlichen Alter des Jungmoränengebietes, und den daraus folgenden sehr verschiedenen periglaziären Überprägungsphasen, sind voneinander abweichende Landschaftsstrukturen entstanden. Der darauf aufbauende Ansatz der Typenbildung ist gewählt worden, weil die Seen und ihre Einzugsgebiete als ökologische Systeme eine untrennbare Einheit darstellen. Die Seen sind als ein Abbild der Struktur, Intensität und Nutzung ihrer Einzugsgebiete zu verstehen.

Die Abbildung 1 zeigt die Trophieverteilung zwischen Nord- und Zentralbrandenburg bezogen auf die Seenanzahl und die Seenfläche. Im Ergebnis ist ein deutliches Nord-Süd-Gefälle der Trophiezunahme zu verzeichnen. Im gesamten zentralbrandenburgischen Seengebiet fehlt bereits der oligotrophe Seetyp. Der mesotrophe Seetyp nimmt mit 11 Prozent Anteil an den Seen und nur 4,2 Prozent der Seefläche nur noch eine untergeordnete Stellung ein. Dieser Ökosystemtyp gehört in Brandenburg zu den bedrohtesten Lebensräumen. Der Anteil der bedrohten Tier- und Pflanzenarten (KNUTH 1992; KNUTH 1994) nimmt zu. Der poly-hypertrophe Seetyp tritt bezogen auf die Seenanzahl mit 45,7 Prozent und der Fläche mit 60,7 Prozent bereits am häufigsten auf.

Ein deutlich differenzierteres und nicht so stark durch Eutrophierung gekennzeichnetes Verteilungsbild der trophischen Niveaus weisen die nordbrandenburgischen Seen auf. 20,4 Prozent der Seen zeigen noch oligotrophe-mesotrophe Gewässergütezustände. Der charakteristische und häufigste Seetyp mit jeweils 60 Prozent ist allerdings der eutrophe See. Aber auch in Nordbrandenburg sind bereits 20,4 Prozent aller Seen und 10,8 Prozent bezogen auf die Fläche in einem poly-hypertrophen Niveau.

Dieses charakteristische Nord-Süd-Verteilungsmuster resultiert vor allem aus den natürlichen geologisch-geomorphologischen Strukturen, den Bevölkerungs-

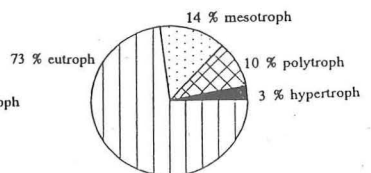
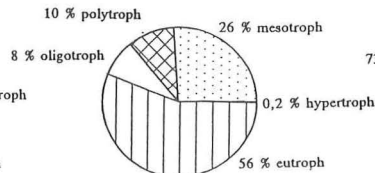
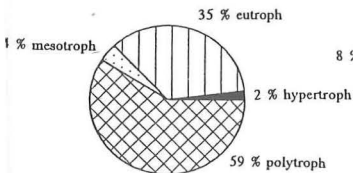
Abb. 1: Die Trophiesituation Brandenburgischer Seen in Regionen gleichen geologischen Alters — Anteile bezogen auf die Seeflächen



Brandenburger Stadium
238 Seen

Frankfurter Staffel
189 Seen

Pommersches Stadium
107 Seen



zahlen in den See-Einzugsgebieten und der Industrieverteilung im Land Brandenburg. Dieses Verteilungsmuster wird zusätzlich noch durch ein Ost-West-Gefälle überlagert. Ein Vergleich der Trophiesituation der Seen der Frankfurter Staffel und der Seen des Brandenburger Stadiums verdeutlicht die Trophiezunahme von Ost nach West. So befinden sich die meisten Seen der Frankfurter Staffel des Weichselglazials im eutrophen Bereich (56 %). Im südlicher gelegenen Jungmoränenland des Brandenburger Stadiums dominiert dagegen schon der polytrophe Trophietyp mit 59 Prozent. Insgesamt wiesen von 238 untersuchten Seen dieser Region bereits 61 Prozent poly-hypertrophe Trophiezustände auf. Zugleich zeigt dieser räumliche Vergleich aber auch, daß der Schutz der Seen bezogen auf ihre Gewässergüte und ihre Artenausstattung zu den wichtigsten Aufgaben des Natur- und Umweltschutzes gehört (MIETZ 1994). Innerhalb der Seenregion der Frankfurter Staffel existieren immer noch 26 Prozent mesotrophe und 8 Prozent oligotrophe Seen, bezogen auf die Gesamtfläche der Seen. Zu den letzteren zählt einzig der 425 ha große Stechlinsee (KOSCHEL et al. 1994).

Neben diesen beiden umfassenden Verteilungsmustern sind in den verschiedenen Landflächen der Rückzugsstaffeln große regionale Trophieunterschiede zu verzeichnen. So besitzt das Teupitzer Seengebiet gegenüber dem Potsdamer Seengebiet eine eindeutig günstigere Trophiesituation, obwohl sie beide zum geomorphologischen Formenkomplex des Brandenburger Stadiums des Weichselglazials zählen (MIETZ 1994). Die Gründe für die Differenziertheit des Tempos der Eutrophierung sind vielgestaltig. Allgemein läßt sich aber sagen, daß die naturfernstes Trophiesituationen im unmittelbaren Umland der Großstädte anzutreffen sind (z. B. Potsdam und Brandenburg).

SCHRÖDER (1993) wies zurecht darauf hin, daß die flächenhafte Ausbreitung der Eutrophierung nur durch die Erstellung von Gewässergütekarten der Seen erfaßbar sein wird. Die Abbildung 2 zeigt dies für ein ausgewähltes Seengebiet (Potsdamer Seen).

Nach Abschluß der ersten Phase des Projektes Seenkataster im Sommer 1995 wird eine flächendeckende Erstbonitierung der Seen Brandenburgs auf der Grundlage von ausgewählten Parametern vorliegen.

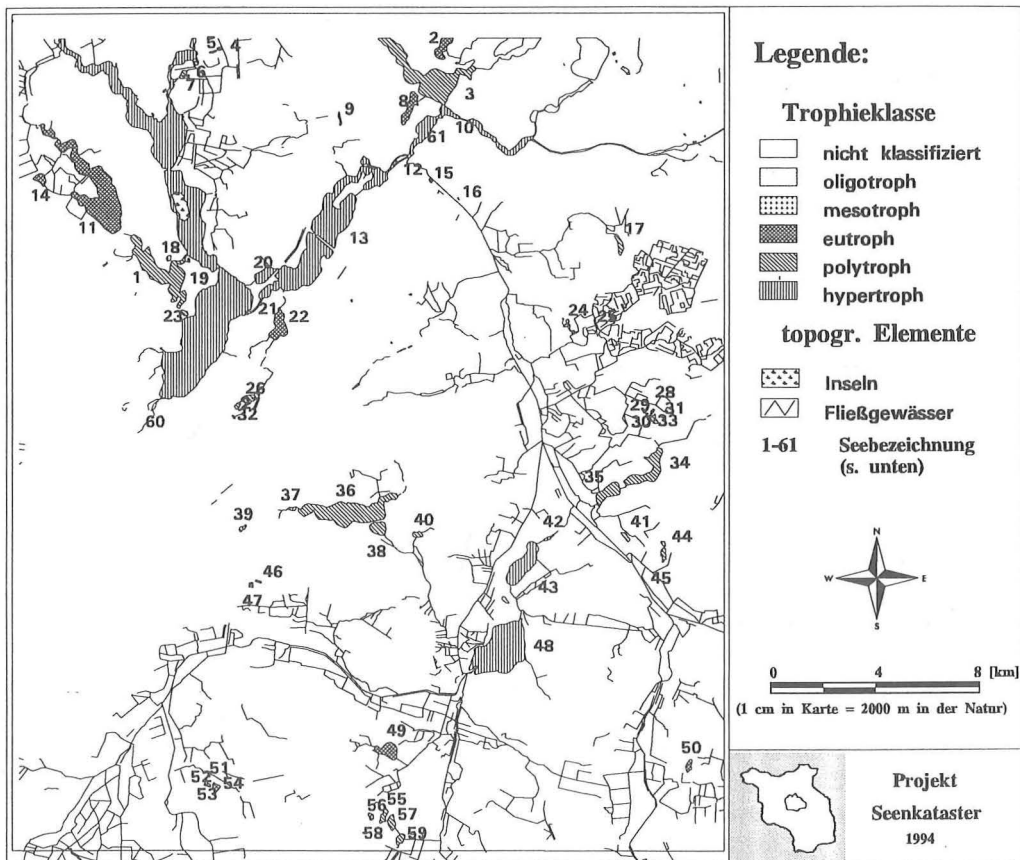
Die Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Gewässergütesituation vom Ausgang der 70er Jahre (KLAPPER 1980) und der Situation von 1992/1993 (MIETZ u. MARCINEK 1994).

Die erste wirklich flächenhafte Auswertung der Gewässergütesituation der Seen Nordostdeutschlands wurde 1980 durch KLAPPER durchgeführt. Dabei war das auszuwertende Datenmaterial von 524 Seen sehr heterogen zusammengesetzt. Es wurde durch die verschiedenen Wasserwirtschaftsdirektionen bereitgestellt. Die Seen lagen in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Daraus resultiert, daß ein ausschließlich regionaler Vergleich mit Brandenburg vom Datenmaterial her nur begrenzt aussagefähig ist. Er wird hier trotzdem diskutiert, da die Datensammlung von KLAPPER (1980) die einzige flächenhafte Gewässergüteaufnahme der Region in der Vergangenheit darstellt.

Es fällt auf, daß durch KLAPPER (1980) wesentlich weniger Seen im oligotrophen und mesotrophen Trophietyp nachgewiesen werden konnten. Die Ursachen liegen sicherlich nicht in einer deutlichen Verbesserung der Gewässer-

Abb. 2: Trophiesituation ausgewählter Seen im Potsdamer Seengebiet



- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 Glindower See | 22 Caputher See | 43 Grössinsee |
| 2 Sacrower See | 23 Petzower Haussee | 44 Kiesgrube 2 nördl. Großbenthen |
| 3 Jungferensee | 24 Kiesgrube b. Nudow | 45 Kiesgrube 1 nördl. Großbenthen |
| 4 DAV-Teich östl. Neu Grube | 25 Nudower Kiesgrube | 46 Beelitzer Kiesgrube 2 |
| 5 Mickleys See b. Grube | 26 Lienewitzsee, Gr. | 47 Beelitzer Kiesgrube 1 |
| 6 Erdelöcher südl. Grube | 27 Lienewitzsee, Kl. | 48 Blankensee |
| 7 Nattwerder Grube | 28 Ahrensdorfer Kiesgrube 2 | 49 Riebener See |
| 8 Heiliger See b. Potsdam | 29 Ahrensdorfer Kiesgrube 1 | 50 Kheslower See |
| 9 Bornstedter See | 30 Ahrensdorfer Kiesgrube 3 | 51 Witthrietzener Kiesgrube 4 |
| 10 Griehnitzsee | 31 Ahrensdorfer Kiesgrube 5 | 52 Witthrietzener Kiesgrube 3 |
| 11 Plessower See, Gr. | 32 Karinchensee | 53 Witthrietzener Kiesgrube 1 |
| 12 Havelgewässer | 33 Ahrensdorfer Kiesgrube 4 | 54 Witthrietzener Kiesgrube 2 |
| 13 Templiner See | 34 Siethener See | 55 Hintersee b. Dobbrikow |
| 14 Plessower See, Kl. | 35 Gröhener See | 56 Glieniksee b. Dobbrikow |
| 15 Aradosee Potsdam | 36 Seddiner See, Gr. | 57 Vordersee b. Dobbrikow |
| 16 Baggersee Pdm. Stern | 37 Seddiner See, Kl. | 58 Teufelsee b. Dobbrikow |
| 17 Haussee b. Güterfelde | 38 Kühndorfer See | 59 Bauernsee b. Dobrikow |
| 18 Klärteich b. Glindow | 39 Teufelsee Seddin | 60 Havelgewässer Schwielowsee/Gr. Zernsee |
| 19 Kl. Glindowsee | 40 Fredsdorfer See | 61 Havelgewässer Tiefer See |
| 20 Petziensee | 41 Kiesgrube 1 nordw. Klein Benthen | |
| 21 Caputher Gemeinde | 42 Schiasser See | |

Tab. 1: Vergleich der Gewässergütesituation von KLAPPER (1980) und MIETZ u. MARCINEK (1994) bezogen auf die Seeanzahl.

Trophiesituation	KLAPPER (1980)	MIETZ u. MARCINEK (1994)
	524 Seen	534 Seen
oligotroph-mesotroph	3,4 %	15,3 %
eutroph	59,4 %	53,0 %
polytroph-hypertroph	37,2 %	31,7 %

gütesituation zum Ausgang der 70 er Jahre im Vergleich zur Situation von heute. Vielmehr dürfte hier die Auswahl der Untersuchungsgewässer eine Rolle gespielt haben. Durch die ehemaligen Wasserwirtschaftsdirektionen der DDR wurden mehr die großen als die kleinen Seen untersucht. MIETZ (1994) konnte an Hand eines Vergleichs zwischen der Gütesituation der Großseen und der Kleinseen im Teupitzer Seengebiet nachweisen, daß die Kleinseen in der Regel günstigere Trophiesituationen aufweisen als die Großseen.

Mit 59,4 Prozent bzw. 53 Prozent sind die eutrophen Seen die jeweils am häufigsten auftretenden Seetypen. Sie bilden die Lebensgrundlage einer Vielzahl von Organismen und zählen zugleich zu den wichtigsten charakteristischen Landschaftsbildern der Mark Brandenburg.

MIETZ (1993) konnte für das Potsdamer Seengebiet nachweisen, daß sich die allgemeine Gewässergütesituation in den letzten 5 Jahren weiter verschlechtert hat. Das Datenmaterial von KLAPPER (1992) und die durch das Seenkatasterprojekt Brandenburg erhobenen Daten eignen sich nicht um eine allgemeine Aussage zu treffen. Dieser Fragenkomplex kann erst mit einem landesweiten Langzeitmonitoring abschließend beantwortet werden.

Die Zahl der poly-hypertrophen Seen liegt bei beiden Untersuchungen über 30 Prozent. Diese Größenordnung ist ein eindeutiges Indiz dafür, wie gravierend das Problem der Gewässereutrophierung zu bewerten ist. Nach KLEE (1991) gehören diese Seetypen bereits nicht mehr zum natürlichen Verteilungsbild. Sie sind ein Produkt der anthropogenen Überprägung der Landschaft.

Im Vergleich zu den Bundesländern im süddeutschen Raum zeigt sich, daß die Eutrophierungsproblematik in Brandenburg andere Dimensionen aufweist.

4. Allgemeine Lösungsansätze und Strategien zum Gewässerschutz in Brandenburg

Die Eutrophierung der Gewässer Brandenburgs ist eine unmittelbare Folge der unterentwickelten Abwassertechnik und der massiven, diffusen Nährstoffeinträge durch die Intensivierung der Landwirtschaft in der jüngsten Vergangenheit. Zum

ersteren gehört vor allem der relativ geringe Anschlußgrad von 54 Prozent der Haushalte an Kläranlagen (HAASE 1992). Hinzu kommt, daß die meisten Anlagen, die heute arbeiten, nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen und somit die Klärleistungen insgesamt nicht ausreichend sind.

Lediglich zirka 10 Prozent der Standgewässer und zirka 1780 km der Fließgewässer sind in den vergangenen 30 Jahren bonitiert und klassifiziert worden (MIETZ 1994). Daraus ergibt sich, daß das Wissen über die Gewässerökosysteme eingeschränkt ist. Neben den flächenhaft fehlenden limnologischen und hydrochemischen Grunddaten sind die Kenntnisse über die hydrologischen und hydrogeographischen Verhältnisse ebenfalls als gering zu bezeichnen. Grunddaten fehlen vor allem zu den Seenvolumina, den Verweilzeiten und zu den Wechselbeziehungen zwischen dem Grund- und Oberflächenwasser, um nur die wichtigsten Punkte zu nennen.

Vor einem Eingriff in das Gewässer sollte als oberstes Prinzip der Lehrsatz von ROHDE (1979) stehen: „Ohne korrekte Diagnosen für gestörte Seeökosysteme und realistische Prognosen für ihre Heilung auf limnologischer Grundlage sind langzeitige Verbesserungen der Trophiesituation nicht zu erreichen“. Das heißt: ohne genaue Kenntnisse über das Ökosystem See sind keine Eingriffe in das selbige vorzunehmen. Ein landesweites Monitoringprogramm der Überwachung der Gütesituation der Seen, das seit 1993 in Brandenburg existiert, legt einen wichtigen Grundstein für einen effektiven Seenschutz der Region. Die Langzeitvariabilitäten können mit diesem Meßprogramm ebenso erfaßt werden wie die Schwerpunkte der Gewässereutrophierung im Land Brandenburg. Die gewonnene große Datenbank ermöglicht die Entwicklung von neuen Forschungsschwerpunkten in der angewandten Gewässerökologie und liefert so wertvolle Erkenntnisse für die Eutrophierungsforschung.

Die allgemeinen Ursachen und Quellen für die Eutrophierung sind im wesentlichen bekannt (u.a. BARTHELMES 1981; UHLMANN 1985; UHLMANN 1988; SAS 1989). Die Vielzahl der regional sehr unterschiedlich ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen den Einzugsgebieten und den Gewässern, sowie die Mannigfaltigkeit der Prozesse im Gewässer selbst, sind aus wissenschaftlicher Sicht bis heute nicht ausreichend geklärt worden.

Insgesamt kann gesagt werden, daß die Wissenslücken auf dem Gebiet der „Angewandten Gewässerökologie“ in Brandenburg groß sind und im Interesse einer möglichst komplexen, sowie gleichzeitig ökologisch orientierten Entwicklung der Wirtschaft, möglichst schnell geschlossen werden müssen.

Zu den schwerwiegendsten Umweltproblemen im Land Brandenburg zählt die Eutrophierung der Seen (u. a. MIETZ u. MARCINEK 1993; MIETZ 1994; VIETINGHOFF 1994; KOSCHEL et al. 1994; BARTHELMES 1994). Diese setzte nicht erst in den letzten Jahren verstärkt ein, sondern ist als ein Prozeß zu verstehen, der seit Mitte der 60er Jahre immer deutlicher in Erscheinung trat (u. a. KLOSE 1969; SCHARF 1969; SCHARF 1971; KALBE 1971; KALBE 1972; ROHDE 1973; KALBE 1973; MIETZ 1991a; MIETZ u. KASPRZAK 1992; KNUTH 1993).

Mit der Eutrophierung geht eine Vielzahl von weiteren Problemen direkt einher. Der ständige Verlust von oligotrophen und mesotrophen Seen und die damit unmittelbar verbundene, ansteigende Zahl der bedrohten Pflanzen- und Tierarten

(ROTE LISTE DER TIERARTEN DES LANDES BRANDENBURG 1992) zählen dabei zu den gravierendsten Auswirkungen.

Nach KOSCHEL (1992, mündliche Mitt.) besitzt nur noch der Stechlinsee zum Ende der Phase der Sommerstagnation ein bis zum Seeboden reichendes sauerstoffhaltiges Hypolimnion. Damit ist er der einzige natürlich entstandene oligotrophe See mit einer Fläche von mehr als 250 ha in Brandenburg. Viele der anderen großen Maränenseen, wie der Werbellinsee, der Wittwesee u.a., weisen hingegen zum Ende der Sommerstagnation bereits anaerobe Verhältnisse im gesamten Hypolimnion oder zumindest in Teilen davon auf. Mit dem Trend der Vergrößerung des prozentualen Anteils der anaeroben Hypolimnionwassermenge zur Gesamtwassermenge der Seen Brandenburgs sind große Bereiche der Seen durch die Ausbreitung von lebensfeindlichem Schwefelwasserstoff als Lebensraum für Organismen, die auf den Sauerstoff angewiesen sind, wie zum Beispiel für Fische, nicht mehr verfügbar.

Andere Folgen der Eutrophierung sind durch den Rückgang der Artendiversität, die Veränderung des Artenspektrums und den Rückgang des Schilfes gekennzeichnet (KLEE 1991; SCHUHMACHER u. THIESMEIER 1991; KNUTH 1994). Die Artenverarmung in den naturfernen Trophiebereichen des poly- und hypertrophen Seetyps führt zu einer Verschlechterung des Biotopwertes und einer Einschränkung des Selbstreinigungspotentials des Gewässers (SUCCOW u. KOPP 1985). Die Gewässer verlieren ihren Wert in wirtschaftlicher und ästhetischer Hinsicht sowie als Lebensraum für Fauna und Flora (MIETZ 1991b).

Nach KOSCHEL (1994) und BENNDORF u. KOSCHEL (1988) führen zwei prinzipiell unterschiedliche Strategien aus dem Dilemma und den Problemen der Eutrophierung heraus:

1. Der wichtigste Weg ist die drastische Senkung der Nährstofflasten, um ökologisch sinnvolle Gleichgewichte in der Biosphäre herzustellen oder zu stabilisieren.
2. Der zweite Weg ist die Nutzung von ökologischen Wirkprinzipien zur Verbesserung der Selbstreinigung von Ökosystemen.

Danach müssen vor allem die hohen Nährstoffeinträge, die vor allem diffus aus den ehemals stark überdüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen der See-Einzugsgebiete und punktuell aus den Klär- und Industrieanlagen, den Siedlungen, den Teich- und Fischwirtschaften stammen, drastisch gesenkt werden, um wirksam gegen die Gewässereutrophierung vorzugehen. Nur mit der Erhöhung des Anschlußgrades der Kommunen an Kläranlagen kann eine flächenhafte Entspannung der Eutrophierungsproblematik erreicht werden.

Besonders problematisch in diesem Zusammenhang ist die Situation im ländlichen, dünnbesiedelten Raum im Norden und Süden des Landes. Die relativ wenigen und nicht immer optimal arbeitenden Kläranlagen, sowie die damit verbundenen geringen Anschlußzahlen an Kanalnetze, führten in der jüngsten Vergangenheit zu einer deutlichen, flächenhaften Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen im Grundwasser.

Ein Mangel besteht heute immer noch darin, daß bei der Abwasserbehand-

lung fast ausschließlich technische Lösungswege beschränkt werden. In der Zukunft sollte vor allem an gesamtökologisch orientierten Abwasserkonzeptionen gearbeitet werden, die das natürliche Selbstreinigungspotential des Bodens zusätzlich zur technischen Lösung nutzen. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die Versickerung von gereinigtem Abwasser auf geomorphologisch geeigneten Formationen, um eine Minimierung der Nährstofffrachten der Fließgewässer und eine Erhöhung der Retention des Wassers in der Landschaft zu erreichen (RISSE 1994). Eine besondere Eignung zur Infiltration weitgehend vorbehandelter Abwässer weisen insbesondere die glazial entstandenen Schmelzwasserabfließbahnen sowie die ausgedehnten Dünen- und Sandergebiete auf.

Wichtig ist es in kürzester Zeit abgestimmte Konzepte der verschiedenen Wassernutzer zu erarbeiten, damit integrierte Planungen zu einer Stabilisierung des Gesamtlandschaftswasserhaushaltes führen (WOHLRAB et al. 1993).

Die trophische Struktur eines Gewässers kann nach BENNDORF (1994) prinzipiell über drei Wege beeinflusst werden:

1. über den Stoffhaushalt, mit direkten Wirkungen auf die chemischen Verhältnisse im See,
2. über den Energiehaushalt, mit direkten Wirkungen auf die physikalische Struktur im See,
3. über eine direkte biologische Steuerung des Nahrungsnetzes im See.

Im Mittelpunkt einer jeden Seesanieungsmaßnahme steht die Verbesserung der trophischen Struktur. Die trophische Struktur eines jeden Sees kann jedoch durch den Stoff- und Energiehaushalt nur indirekt gesteuert werden. Daraus resultiert, daß keine einfache Beziehung zwischen der Sanierungsmaßnahme und der Reaktion der trophischen Struktur existiert (BENNDORF 1994). Damit sind Vorhersagen über Auswirkung und Erfolg einer Sanierungsmaßnahme hinsichtlich der Verbesserung der trophischen Struktur überaus problematisch.

Es ist fraglich, ob mit Hilfe von einfachen Regressionsmodellen, unter der Verwendung einer unabhängigen Variablen, die trophische Struktur eines Sees als Resultierende hinreichend genau prognostizierbar sein wird. In der Literatur (u. a. EDMONDSON u. ABELLA 1988; SAS 1989; KOSCHEL et al. 1993; KASPRZAK et al. 1993; BENNDORF 1994) wird davon ausgegangen, daß die Struktur nicht mit stofflichen Belastungsmodellen zu quantifizieren ist.

Wesentlich einfacher ist die Prognose der Veränderung des Chlorophyll-a-Gehaltes als einfaches Strukturmerkmal durch die Veränderung der physikalischen und chemischen Bedingungen im Gewässer (u. a. STRASKRABA 1978; OECD 1980; UHLMANN 1988; SAS 1989; KLEIN 1989). Es ist heute unbestritten, daß die Reaktion eines Gewässers auf eine drastische Senkung des Nährstoffangebotes zeitverzögert einsetzt. Die Reaktion wird in der Regel um so größer, desto höher der Trophiezustand eines Gewässers ist. Das Pufferungs- und Akkumulationsvermögen der Sedimente, der Austausch mit dem Grundwasser und der Atmosphäre sind dafür die wesentlichen Gründe.

„Die Anwendung von Ökotechnologien ist keine Alternative zur Abwassertentsorgung. Eine sinnvolle Anwendung stellt aber eine wichtige Ergänzung zum Schutz und zur Nutzung der Naturressourcen dar“ (KOSCHEL 1994, 46).

Das Wissensgebiet der Ökotechnologie gehört zu den jungen Wissenschaftsdisziplinen, die erste Erfolge bei der Anwendung bei der Gewässersanierung verzeichnen konnte. Dazu gehören vor allem die Biomanipulation (u. a. HRBACEK 1962; SHAPIRO u. WRIGHT 1984; KASPRZAK et al. 1988; BENDORF 1993) und die autochtone Kalzitfällung (u. a. KOSCHEL 1990; KOSCHEL 1994 u. KLAPPER 1994).

Ein weiteres Problem vieler Seen Brandenburgs stellt die Gewässerverlandung und Seespiegelabsenkung dar (VIETINGHOFF 1993; VIETINGHOFF 1994). Nach MARCINEK u. ROSENKRANZ (1989) gibt es eine natürliche Sukzession von Seen: „Seen werden und Seen vergehen“. Diese natürliche Seenalterung wird heute durch die rasante anthropogene Seenalterung überlagert.

Die Ursachen, die zu den gravierenden Defiziten im Landschaftswasserhaushalt geführt haben, sind zum einen natürlicher Art und zum anderen anthropogenen Ursprungs. Zu den ersteren gehören die klimatischen Bedingungen (WICHURA 1993), die in Klimapendelbewegungen ihren Ausdruck finden (HEYER 1979). Hier soll und kann die Frage nicht erörtert werden, ob die aktuellen Klimapendelbewegungen ein weitgehend natürlicher Prozeß sind oder einen anthropogenen Ursprung besitzen.

Zu den typischen anthropogenen Eingriffen in den Landschaftswasserhaushalt zählen die Begradigung und Regulierung einer Vielzahl von Fließgewässern (WOHLRAB et al. 1993), die Melioration und Entwässerung von Feuchtgebieten, die künstliche Vertiefung des Gewässerbettes und die nicht einzugsgebietsbezogene Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Fast 20 Prozent aller Seen im Gebiet des Brandenburger Stadiums des Weichselglazials, die im Meßtischblatt 1:10 000, AV (1985) mehr als 1 ha Fläche aufweisen, sind heute kleiner oder aber gar nicht mehr vorhanden (MIETZ 1994). Auch bei Großseen, wie zum Beispiel dem Gr. Seddiner See, lag der Seespiegel im Sommer 1992 um 80–90 cm unter dem normalen Pegelstand (VIETINGHOFF 1993). Durch die allgemein großen Wasserbilanzdefizite in den brandenburgischen Landschaftseinheiten und Seen wird die Eutrophierungstendenz noch verstärkt. Große Bereiche des Gelegestreifens sind trockengefallen. Damit wurde das Selbstreinigungsvermögen der Gewässer herabgesetzt. Zusätzlich werden mit der Verminderung der mittleren Tiefe größere Nährstoffmengen aus dem Sediment durch den direkten Windeinfluß freigesetzt (MÜLLER u. MIETZ 1991).

Die Bebauung und Verbauung der Uferzonen und der sich teilweise unkontrolliert entwickelnde Tourismus, um nur einige wenige Punkte zu nennen, beeinflussen die Entwicklung der Gewässergütesituation in Brandenburg direkt (HENKER 1993).

Die Entwicklung von allgemeinen Strategien zur Lösung von gewässerökologischen Problemen gehört heute zu den wichtigsten umweltpolitischen Aufgaben in Brandenburg. Dabei ist es wichtig zu verdeutlichen, daß die Seen nicht nur als Wasserressource anzusehen sind, sondern vielmehr einen wertvollen Lebensraum darstellen, der unbedingt besser geschützt und in seiner Qualität verbessert werden muß.

Die ganzheitliche Betrachtung der Ökosysteme, vor allem ihre gegenseitigen Wechselbeziehungen und direkten Beeinflussungen, müssen im Mittelpunkt der Arbeit auf dem Gebiet der „Angewandten Gewässerökologie“ stehen.

Eine einseitig auf die Wassermengen- und Gewässergütesituation ausgerichtete Bewertung des Naturpotentials sollte durch integrative Ansatzpunkte und Vernetzungen ersetzt werden.

Es ist heute unbestreitbar, daß eine Vielzahl von Gewässergüteproblemen, deren Ursachen in der Vergangenheit liegen, aus einer nicht aufeinander abgestimmten Nutzung der Gewässer resultiert (KALBE 1973; KLAPPER 1994). Raumorientierte Gewässernutzungskonzeptionen sollten zu einem ausgewogenen Verhältnis der verschiedenen Haupt- und Nebennutzungsarten führen. Mit Hilfe des Monitoringprogramms des Projektes „Seenkataster Brandenburg“ werden verschiedene gewässerkundliche Daten erhoben und bewertet, um in gesamtökologische Planungsansätze einzufließen. Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen dabei die geographischen und räumlichen Analysen der Gewässer, die Erarbeitung von Gewässergütekarten des Landes Brandenburg, die Betrachtung und Analyse der Wechselwirkungen zwischen den terrestrischen und aquatischen Ökosystemen und Detailuntersuchungen an ausgewählten Gewässern zur Ermittlung von Biotop- und Habitatstrukturen, sowie zur Quantifizierung von Faunen- und Florenelementen in bestimmten Trophieebenen in Anlehnung an die FFH-Richtlinie vom 21.05.1992 der EWG (1.973/92).

Es kann eingeschätzt werden, daß die Landschaft des Landes Brandenburg vor allem durch seine Gewässer geprägt wird. Sie stellen eines der wichtigsten Naturpotentiale dar, die es zu bewahren und sinnvoll weiterzuentwickeln gilt. In der Zukunft sind intakte Gewässer sicherlich ein Garant für die wirtschaftliche Entwicklung der gesamten Region.

5. Zusammenfassung

Durch das Projekt Seenkataster des Landes Brandenburg sind erstmalig innerhalb von drei Jahren über 1000 Seen des Landes nach ihrer Trophiesituation klassifiziert worden.

Im Rahmen einer ersten Zusammenstellung sind von MIETZ u. MARCINEK (1994) 534 Seen, die in den drei Rückzugsstaffeln Brandenburger Eisrandlage, Frankfurter Staffel und Pommersche Eisrandlage gelegen sind, nach den Richtlinien von KLAPPER (1992) und der LAWA (1992) bonitiert worden. Neben den allgemeinen Trophieverteilungsmustern einer Trophiezunahme von Nord nach Süd bzw. Ost nach West wurde der hohe Grad der Eutrophierung der Seen, wie ihn KLAPPER (1980) bereits andeutete, bestätigt.

Mit 31,7 Prozent der Seen der Untersuchungsstichprobe befinden sich zirka 1/3 aller Seen Brandenburgs in einem naturfernen Trophiezustand und sind in ihrem ökologischen wie ökonomischen Wert stark degradiert. In der Umgebung der größeren Städte Brandenburgs, die traditionelle stark frequentierte Naherholungsgebiete sind, tritt dabei die Eutrophierungsproblematik noch verstärkt auf. So beträgt die Zahl der poly-hypertrophen Wasserflächen im Potsdamer Seengebiet über 60 Prozent (MIETZ u. VIETINGHOFF 1994).

Die Lösung der Eutrophierungsproblematik kann nur in der ganzheitlichen Betrachtung von See und Einzugsgebiet liegen (SAS 1989). Wichtigste Grundvoraussetzung dabei ist ein flächenhaftes Monitoring der Gewässergüteüberwachung (MIETZ 1994).

Eine Reduzierung der Stoffeinträge kann vorrangig durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Erhöhung des Anschlußgrades der Kommunen an Kläranlagen, Verbesserung der Klärleistungen in Bezug auf die Nährstoffeliminierung,
- extensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen, die unmittelbar an den Gewässern gelegen sind,
- Beseitigung der Defizite im Landschaftswasserhaushalt,
- verstärkte Nutzung der natürlichen Klärmechanismen und Abbauleistungen,
- Verbot jeglicher Einleitungen in Seeökosysteme,
- Entwicklung von aufeinander abgestimmten Seenutzungskonzeptionen und Bewirtschaftungsformen.

Erst nach der Sanierung der Einzugsgebiete und der Klärung der Bewirtschaftungsformen sollte eine Restaurierung der Seekörper erfolgen. Hierbei ist vor allem der Schwerpunkt auf den präventiven Gewässerschutz zu legen. Als Restaurierungsmaßnahmen im Land Brandenburg wurden in den vergangenen vier Jahren verschiedene Objekte gefördert, die sehr unterschiedlichem Erfolge aufwiesen:

- Seenentschlammung (Falkenhagener See)
- Tiefenwasserbelüftung (Sacrower See)
- Tiefenwasserableitung (Motzener See)
- Biomanipulation (Gr.Seddiner See)
- Nährstofffällung im See (Glienickesee)
- Einbau von Sedimentfallen (Rangsdorfer See).

6. Danksagung

Es ist uns ein aufrichtiges Bedürfnis an dieser Stelle allen Dank zu sagen, die am Zustandekommen, der Finanzierung und Durchführung des Projektes „Seenkataster Brandenburg“ beteiligt waren. In diesem Zusammenhang möchten wir uns vor allem beim Ministerium für Umweltschutz, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg und dem Landesumweltamt Brandenburg bedanken.

Literatur

- BARTHELMES, D. 1981: Hydrobiologische Grundlagen der Binnenfischerei. Jena, Gustav Fischer Verlag, 252 S.
- BARTHELMES, D. 1994: Die fischereiliche Bedeutung der Eutrophierung und des Seenkatasters. In: Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands, 1, S. 124—128.
- BENNDORF, J. et al. 1988: Food — web manipulation by enhancement of piscivorous fishstock: longterm effects in hypertrophic Bautzen reservoir. *Limnologia*, 19, pp. 97—110.
- BENNDORF, J. 1994: Sanierungsmaßnahmen in Binnengewässern: Auswirkungen auf die trophische Struktur. In: *Limnologia*, 24, 2, S. 121—135.
- BRAUN, P. 1983: Das Eutrophierungsmodell ERNA. Diss. A., Techn. Univ. Dresden, 99 S.
- CARLSON, R. E. 1977: A trophic state index for lakes. In: *Limnol. Oceanogr.* 22, 361—369 S.
- DILLON, P. J. u. F. H. RIGLER 1974: The phosphorus chlorophyll relationship in lakes. In: *Limnol. Oceanogr.* 19, 763—773.
- EDMONDSON, W. T. u. S.E.B. ABELLA 1988: Unplanned biomanipulation in lake Washington. In: *Limnologia* 19, 1, pp. 73—79.
- FFH Richtlinie 1992: Nr. 1, 973/92, vom 21. 5. 1992.
- FORSBERG, C. u. S. J. RYDING 1980: Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes. In: *Arch. Hydrobiol.* 89, 189—207.
- HAASE, W. 1991: Gründung des Landesumweltamtes Brandenburg — Bilanz der Aufbauphase —. In: Berichte aus der Arbeit des Landesumweltamtes Brandenburg 1991, S. 13—28.
- HENKER, Jean 1993: Die Gewässergütesituation in Brandenburg. In: Landwirtschaft und Gewässerschutz in Brandenburg, Tagungsband Potsdam, S. 11—19.
- HENNING, E. 1986: Bewertung des Zustandes von Seen — Eine Literaturstudie —. Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein, LW 311-5.37.03-02. Kiel, 143 S.
- HEYER, E. 1979: Witterung und Klima. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 342 S.
- HRBACEK, J. 1962: Species composition and the amount of the zooplankton in relation to the fish stock. In: *Rozpr. CSAV, rada matem. a priir. ved* 72, pp. 1—116.
- KALBE, L. 1971: Zur limnologischen Beurteilung von eutrophen Flachseen nach ihrer Biomasse. In: *Limnologia*, 8, 2, S. 311—320.
- KALBE, L. 1972: Sauerstoff und Primärproduktion in hypertrophen Flachseen des Havelgebietes. In: *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 57, 6, S. 825—862.
- KALBE, L. 1973: Über Sauerstoff und Primärproduktion in hocheutrophen Flachseen des Havelgebietes. Diss. B., Techn. Univ. Dresden, 113 S.
- KASPRZAK, P. 1988: Klare Seen durch Eingriffe in die Nahrungskette? *Wissenschaft und Fortschritt.* 38, 2, S. 37—41.



- KASPRZAK, P. et al. 1988: Applicability of the food — web manipulation in the restoration programm of a hypertrophic stratified lake: Model studies for lake Haussee (Feldberg, GDR). In: *Limnologica*, 19, pp. 87—95.
- KLAPPER, H. 1980: Experience with lake and reservoir restoration in the GDR. In: *Hydrobiologia*. 71, S. 31—41.
- KLAPPER, H. 1992: *Eutrophierung und Gewässerschutz*. Gustav Fischer Verlag, Jena u. Stuttgart, 277 S.
- KLAPPER, H. 1994: Technologie zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit eutrophierter Seen. In: *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands*, 1, S. 40—45.
- KLEE, O. 1991: *Angewandte Hydrobiologie*. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New York, 272 S.
- KLEIN, G. 1989: Anwendbarkeit des OECD-Vollenweider-Modells auf den Oligotrophierungsprozeß an eutrophierten Gewässern. In: *Vom Wasser*, 73, S. 365—373.
- KLOSE, H. 1969: Zur Wassergüte im Raum Lychen — Templin. In: *Wiss. Zeitschrift der Univ. Rostock*, 18, 1969, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, 7, S. 755—761.
- KNUTH, D. 1992: Rote Liste der Rundmäuler und Fische. in: *Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (1992 : Gefährdete Tiere im Land Brandenburg — Rote Liste*, Unze Verlagsgesellschaft, Potsdam, 288 S.
- KNUTH, D. 1994: Ergebnisse der ichthyologischen Untersuchungen an Kleinseen im Rahmen des Seenkatasters Brandenburg im Jahre 1992 — *Fischkataster Brandenburg* —. In: *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie in Norddeutschland*, 1, S. 130—141.
- KOSCHEL, R. 1987: Grundlagen zum Stoffhaushalt geschichteter Seen, Nährstoffhaushalt, Primärproduktion des Phytoplanktons und trophischer Status von Seen des Stechlin — Feldberger Seengebietes und des Tollensesees. Diss. B., Techn. Univ. Dresden, 192 S.
- KOSCHEL, R. 1990: Pelagic calcit precipitation and trophic state of hardwater lakes. In: *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 33, pp. 713—722.
- KOSCHEL, R. et al. 1993: Long-term effects of reduced nutrient loading and food-web manipulation on plankton in a stratified Baltic hardwater lake. In: *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25, pp. 647—651.
- KOSCHEL, R. 1994: Ökotechnologische Möglichkeiten zur Sanierung von Standgewässern. In: *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie in Norddeutschland*, 1, S. 46—51.
- KÜMMERLIN, R. et al. 1995: *Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg*, Band 13 und 14, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- LAMPERT, W. u. U. Sommer 1993: *Limnoökologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New York, 440 S.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1992: *Klassifizierung und Bewertung von Standgewässern als Grundlage zur Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen*. Posterausstellung der DGL — Tagung in Konstanz, 1992.
- MARCINEK, J. 1969: *Das Havel — Spree — Einzugsgebiet zwischen dem*

- Nördlichen und Südlichen Landrücken. *Wiss. Abh. Geograph. Gesell. DDR*, Bd. 10
- MARCINEK, J. u. L. ZAUMSEIL 1993: Brandenburg und Berlin im physisch-geographischen Überblick. In: *Geographische Rundschau*, 45, 10, S. 556—563.
- MIETZ, O. u. P. KASPRZAK 1991: Limnologische Zustandsanalyse eines eutrophen Flachsees im Potsdamer Seengebiet (Gr. Seddiner See). In: *Limnologica*, 22, 3, S. 265—276.
- MIETZ, O. 1992: Die Erstellung eines Seenkatasters für das Land Brandenburg als eine ökologische Planungsgrundlage für den Naturschutz und die Wasserwirtschaft. In: *Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung der DGL 1992 in Konstanz*, S. 265—269.
- MIETZ, O. u. J. MARCINEK 1993: Die Gütesituation ausgewählter Seengebiete im Land Brandenburg, Beiträge aus dem Seenkatasterprojekt Brandenburg. In: *Erweiterte Zusammenfassung der Vorträge des 49. deutschen Geographentages in Bochum*, im Druck.
- MIETZ, O. 1994: Aufbau und Entwicklung eines Seenkatasters als Grundlage zur Lösung wichtiger gewässerökologischer Fragestellungen im Land Brandenburg dargestellt am Beispiel des Teupitz- Köriser Seengebietes (Land Brandenburg). In: *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands*, 1, S. 10—39.
- MIETZ, O. u. H. VIETINGHOFF 1994: Die Gütesituation von 62 Seen des Potsdamer Seengebietes. In: *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg*, 2, S. 29—34.
- MÜLLER, B. u. O. MIETZ 1991: Zum Einfluß von morphometrischen Faktoren auf Prozeßabläufe in Binnenseen am Beispiel von Seengruppen des Jungmoränengebietes im nördlichen Mittel- und Osteuropa. In: *PGM 2*, S. 123—132.
- OECD 1982: *Eutrophication of waters — Monitoring, assessment and control*. OECD, Paris, 155 p.
- PORCELLA, D. B., PETERSON, S. A. u. D. P. LARSEN 1979: Proposed method for evaluation the effects for restoring lakes. In: *Limnological and socioeconomic evaluation of lake restoration projects. Approaches and preliminary results*. Corvallis environmental research laboratory, EPA — 600/3-79-005, pp. 265—310
- RECKNAGEL, F. 1980: Systemtechnische Prozedur zur Modellierung und Simulation von Eutrophierungsprozessen in stehenden und gestauten Gewässern. *Diss. A., Tech. Uni. Dresden*, 155 S.
- RISSE, H. 1994: Technische Möglichkeiten und Voraussetzungen der Infiltration weitergehend vorbehandelter Abwässer. Vortrag 2. Seenkatastertagung, unveröff.
- ROHDE, E. 1973: Zur Mehrfachnutzung des Plessower Sees. In: *WTW*, 23,9, S. 302—304.
- ROHDE, W. 1979: The life of lakes. In: *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 13, 1979, 5—9 p.
- SAS, H. (ed.) 1989 : *Lake restoration by reduction of nutrient loading: Ex-*

- pections — Experiences — Extrapolation. Academia Verlag AV Richarz GmbH, St. Augustin, 497 pp.
- SCHARF, R. 1969: Beiträge über die Limnologie und Wassergüte einiger Seen der Uckermark. In: *Wiss. Zeitschrift der Univ. Rostock*, 18, 1969, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, 7, S. 777—781.
- SCHARF, R. 1971: Nährstoff- und Sauerstoffverhältnisse der Seen Ostbrandenburgs. In: *Limnologica*, 8, 2, S. 393—414.
- SCHRÖDER, R. u. H. SCHRÖDER 1978: Ein Versuch zur Quantifizierung des Trophiegrades von Seen. In: *Arch. Hydrobiol.* 32, 1/4, S. 240—262.
- SCHRÖDER, R. 1991: Relevant parameters to define the trophic state of lakes. In: *Arch. Hydrobiol.*, 121, S. 463—472.
- SCHRÖDER, R. 1993: Bestimmung des trophischen Zustandes von Seen mittels reduktionistischer Verfahren. Überlingen/Bodensee, unveröff. Manuskript (in Druck), 39 S.
- SCHRÖDER, R. 1994: Lake trophic level determination using empirical reductionistic approaches. In: *Limnologica*, 24, 3, 195—211 pp.
- SCHUHMACHER, H. u. B. THIESMEIER 1991: Urbane Gewässer. Westarp Wissenschaften, 528 S.
- SHANNON, E. E. u. P. L. BREZONIK 1972: Eutrophication analysis: a multivariate approach. In: *J. San. Eng. Div. ASCE*, Vol. 98, no. SA. 1, Proc. Paper 8735, 37—57 pp.
- SHAPIRO, J. u. D. I. WRITH 1984: Lake restoration by biomanipulation: Round lake, Minnesota, the first two years. In: *Freshw. Biol.*, 14, pp. 371—383.
- STRASKRABA, M. 1978: Theoretical considerations on eutrophication. In: *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20, pp. 2714—2720.
- STRASKRABA, M. u. A. GNAUK 1985: *Freshwater Ecosystems. Modelling and Simulation. Developments in Environmental Modelling*, 8, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 309 pp.
- SUCCOW, M. u. D. KOPP 1985: Seen als Naturraumtypen. In: *PGM*, 3, S. 161—170.
- UHLMANN, D. 1985: Die anthropogene Eutrophierung der Gewässer — ein umkehrbarer Prozeß? In: *Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, Band 118, Heft 5, Akademie Verlag, Berlin, 32 S.
- UHLMANN, D. 1988: *Hydrobiologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 298 S.
- VIETINGHOFF, H. 1991: Der Einfluß der Flächennutzung im Einzugsgebiet der Potsdamer Landseen auf deren Chlorophyll-a-Gehalt. Dipl. Arbeit, Humboldt Universität zu Berlin, 52 S.
- VIETINGHOFF, H. 1993: Der Wasserhaushalt des Gr. Seddiner Sees — eine Problemdarstellung. In: *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg*, H. 2, S. 22—27.
- VIETINGHOFF, H. 1994: Zur Bedeutung der Flächennutzung in den Einzugsgebieten ausgewählter Seen auf deren Nährstoff- und Chlorophyll-a-Gehalte. In: *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie in Norddeutschland*, 1, 1994, S. 76—81.
- VOLLENWEIDER, R. A. 1979: *Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage*

- für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozeß stehender Gewässer und Talsperren. Z. f. Wasser- und Abwasserforschung 12, H. 2, S. 46—56
- VOLLENWEIDER, R. A. 1982: Eutrophication of waters — Monitoring, assessment and control. OECD, Paris, 155 p.
- WICHURA, B. 1993: Untersuchungen zur klimatischen Wasserhaushaltsbilanz anhand von Daten verschiedener meteorologischer Stationen des Landes Brandenburg. unveröff. Gutachten, Seenkataster Brandenburg, Mai 1993, 49 S.
- WOHLRAB, B., ERNSTBERGER, H., MEUSER, A. u. V. SOKOLLEK 1992: Landschaftswasserhaushalt, Paul Parey, Hamburg und Berlin, 352 S.