



Das Lebensministerium



Fischereiliche Nutzung von Bergbaurestseen

Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft
Heft 4 - 8. Jahrgang 2003

Freistaat  Sachsen
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fischereiliche Nutzung von Bergbaurestseen

Inhaltsverzeichnis

Frank Rümmler, Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow Gert Füllner, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Jürgen Mencke, Regierungspräsidium Magdeburg, Land Sachsen-Anhalt Stefan Jurrmann, Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Frankfurt/O.	
Die fischereiliche Nutzung von Braunkohletagebaurestsee	1
Frank Rümmler, Susan Schiewe, Herbert Ebel und Erika Wellner, Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow Gert Füllner, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft	
Untersuchung der Fischbestände in bestehenden sächsischen Braunkohletagebau- restseen	13
Frank Rümmler, Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow Gerald Ackermann und Swantje Koch, Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen Volker George, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Ingrid Carmienke, Staatliches Umweltfachamt Leipzig	
Entwicklung der fischereilichen Seebewirtschaftung und Nährstoffeinträge durch die Netzgehegeproduktion auf dem Speicherbecken Borna	36

Die Fischereiliche Nutzung von Braunkohletagebaurestseen

Frank Rümmler, Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow

Gert Füllner, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Jürgen Mencke, Regierungspräsidium Magdeburg, Land Sachsen-Anhalt

Stefan Jürmann, Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Frankfurt/O.

1 Allgemeine fischereirechtliche Grundlagen

Die Fischereigesetze der Bundesländer regeln die Fischerei in den Oberflächengewässern einschließlich der Braunkohletagebaurestseen. Für die Bundesländer Brandenburg (BbgFischG v. 13.05.1993), Sachsen (SächsFischG v. 17.02.1993) und Sachsen-Anhalt (FischGLSA v. 31.08.1993) ergeben sich aus diesen Gesetzen inhaltlich ähnliche Festlegungen.

Der Gewässergrundstückseigentümer ist als Inhaber des Eigentumsfischereirechts zur Hege eines der Größe und Beschaffenheit des Gewässers entsprechenden heimischen Fischbestandes in naturnaher Artenvielfalt verpflichtet. Das Fischereirecht beinhaltet daneben das ausschließliche Aneignungsrecht an den Fischen und anderen dem Fischereirecht unterliegenden Wasserorganismen.

Ist der Gewässergrundstückseigentümer nicht befähigt, die Fischereiausübung selbst vorzunehmen, muss er diese durch Abschluss eines Pachtvertrages an einen Fischereiausübungsberechtigten, der die erforderliche Qualifikation (Fischereischein) besitzt, übertragen. Pächter sind in der Regel Berufsfischer oder Anglerorganisationen. Davon abweichende Verhältnisse können sich zumindest zeitweise für entstehende Braunkohletagebaurestseen ergeben (s. 5).

Der Hegeverpflichtung unterliegen sämtliche offenen Gewässer, in denen Fische „herrenlos“ sind, mit einer Fläche > 0,05 ha in Sachsen-Anhalt, > 0,5 ha in Brandenburg und > 0,03 ha in Sachsen sowie kleinere Gewässer mit Verbindung zu anderen.

Das Fischereirecht besteht unabhängig von anderen Nutzungsarten der Seen und Fließgewässer. Dies muss bei der Regionalplanung für die stillgelegten oder stillzulegenden Braunkohletagebaue berücksichtigt werden.

2 Ordnungsgemäße Fischerei

Ordnungsgemäße Fischerei auf Gewässern, in denen die Fische „herrenlos“ sind, liegt nach heutigem Verständnis vor, wenn die Fischereiausübung so erfolgt, dass ein der Größe, Be-

schaffenheit und Ertragsfähigkeit des Gewässers angepasster einheimischer, artenreicher und gesunder Fischbestand erhalten und gefördert wird (Piwernetz u.a. 1992). Damit wird der in den Fischereigesetzen der Bundesländer festgelegten Hegeverpflichtung voll entsprochen und die Zielrichtung der Ausübung des Aneignungsrechts an den Fischen fixiert.

Hegemaßnahmen auf Braunkohletagebaurestseen dienen generell dem Aufbau, dem Erhalt und der Entwicklung einer den Gewässerbedingungen angepassten Fischfauna sowie der Sicherung der nachhaltigen fischereilichen Nutzungsfähigkeit der Gewässer.

Im Einzelnen ergeben sich folgende Ziele der Hege und Bewirtschaftung:

- eine naturnahe und vielfältige Fischartenzusammensetzung entsprechend der Morphometrie, Hydrologie, Wasserchemie, Trophie und Biologie des Gewässers,
- ein ausgewogenes Reproduktions-, Rekrutierungs- und Altersverhältnis der verschiedenen Fischarten,
- ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Fried- und Raubfischbeständen.

Fischfang, Schonung und erforderlichenfalls Besatz sind wesentliche Instrumente der Hege. Zur Schonung gehören vor allem Schonzeiten, Schonmaße und der Schutz bestimmter Arten, Vorgaben für den Bau und die Verwendung der Fanggeräte sowie Festlegungen zu Schongebieten.

3 Umsetzung des Fischereirechts auf den Braunkohletagebaurestseen

Die Sanierungsziele für die Gebiete des stillgelegten Braunkohletagebaus beinhalten nach den Maßgaben des Bundesberggesetzes (BBergG) sowie der Landesplanung und Raumordnung (Sanierungspläne, Sanierungsrahmenpläne, regionale Teilgebietsentwicklungsprogramme) die Gestaltung einer vielfach nutzbaren, sicheren, nachsorgefreien und akzeptanzfähigen Bergbaufolge- und Bergbaunachbarlandschaft, die die Voraussetzung für die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Natur- und Landschaftshaushaltes bildet (Luckner u.a. 1997). Neben der Wiederherstellung

eines ausgeglichenen, sich weitgehend selbst regulierenden Wasserhaushaltes steht dabei vor allem die Gefahrenabwehr zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit stillgelegter Tagebaue und Tagebaurestlöcher im Vordergrund.

Projekträger der Sanierung der stillgelegten Tagebauflächen sowie der Organisation der Verwertung der Liegenschaften ist die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV). Zu diesem Zweck ist die LMBV bergrechtlich verantwortlicher Eigentümer der vom Braunkohletagebau genutzten Flächen. Die Vermarktung der entstandenen Gewässerflächen wird ebenfalls durch die LMBV vorgenommen.

Bei der Flutung der Braunkohletagebaurestlöcher mit Oberflächenwasser gelangen auch immer Fische oder zumindest Fischbrut in die entstehenden Gewässer. Ebenso konnte in Braunkohletagebaurestlöchern, die durch Grundwassereigenaufgang oder mit Sumpfungswasser gefüllt wurden, eine sehr schnelle Besiedelung mit Fischen nachgewiesen werden. Aufgrund der Zufälligkeit dieser Ereignisse kommt es aber meist zu ökologisch und fischereilich unerwünschten Massenentwicklungen weniger Erstbesiedlerarten (Rümmler 2001).

Einschränkungen der Lebensmöglichkeiten für Fische können sich in entstehenden Braunkohletagebaurestseen insbesondere durch geogene Versauerung ergeben. Bei pH-Werten ab 4,0 bis 5,0 ist zumindest zeitweise eine Existenz von Barschen, Hechten und karpfenartigen Fischen möglich. Stabile Wachstums- und Reproduktionsverhältnisse stellen sich für die meisten Fischarten aber erst bei pH-Werten über 6,0 ein. Es ist daher die Frage zu klären, unter welchen Voraussetzungen die fischereiliche Hegeverpflichtung des Gewässereigentümers einsetzt.

Ein Aussetzen der Hegeverpflichtung ist in Sachsen-Anhalt in Ausnahmefällen möglich, solange dem Fischereiberechtigten der Erfüllung wegen der Beschaffenheit des Gewässers nicht zumutbar ist (§ 41 Abs. 4 FischGLSA). In Sachsen können die Hegemaßnahmen auf Antrag zeitlich befristet ausgesetzt werden, wenn die Beschaffenheit des Gewässers dies erfordert (§ 15 Abs. 4 SächsFischG). In Brandenburg gibt es eine derartige Regelung nicht. Das Aussetzen der Hegepflicht für den Zeitraum bis zur Einstellung einer Wasserbeschaffenheit, die eine Entwicklung von Fischbeständen ermöglicht, wird durch die Fischereiverwaltung des Landes aber akzeptiert.

Mit der Wahrnehmung der Hegeverpflichtung des Fischereirechts auf den Braunkohletagebaurestseen muss aber begonnen werden, wenn der Endwasserstand annähernd erreicht ist und die Wasserqualität stabile Wachstums- und Reproduktionsbedingungen für gewässertypische Fischbestände gewährleistet. Insbesondere müssen pH-Werte über 6,0 vorhanden sein. Gleichzeitig müssen die bergsicherheitstechnischen Voraussetzungen für die Betretung bzw. Befahrung des Gewässers durch unterwiesenes Personal vorhanden sein. Die Hegemaßnahmen können durch einen Benannten, der die erforderliche Qualifikation besitzt, ausgeführt werden.

Die Verpachtung des Fischereirechts mit der Übertragung der Hegeverpflichtung an einen fischereilichen Bewirtschafter kann erst vorgenommen werden, wenn die Sicherheit für die Fischereiausübenden gewährleistet ist. Unter diesen Voraussetzungen ist für einige Gewässer die Verpachtung bereits vor der Entlassung aus der Bergaufsicht möglich.

In beiden Fällen, also des Einsetzens der Hegeverpflichtung des Fischereirechtsinhabers LMBV bzw. der Übertragung der Hegeverpflichtung und des Aneignungsrechts an den Fischen durch Pachtvertrag an einen Berufsfischer oder eine Anglerorganisation, bedarf es der Ermittlung des gegenwärtigen fischereilichen und fischfaunistischen Zustandes, der Definition des fischereilichen und fischfaunistischen Leitbildes sowie der Erarbeitung der Zielrichtung der Hege und Bewirtschaftung für den jeweiligen Restsee.

4 Fischereirecht und Naturschutzgesetze

Im Rahmen der gesetzlichen Regelungen zum Schutz und der Pflege wildlebender Tier- und Pflanzenarten und ihrer Lebensbedingungen ist u. a. festgelegt worden, dass das Fischereirecht von den Vorschriften des Bundesnaturschutzgesetzes über den Artenschutz unberührt bleibt (§ 39 Abs. 2 BNatSchG, Braun 2000).

Im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes ist die ordnungsgemäße forst- und fischereiwirtschaftliche Bodennutzung nicht als Eingriff in Natur und Landschaft zu sehen, soweit dabei die Ziele und Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden. Die dem Recht der Binnenfischerei entsprechende gute fachliche Praxis bei der fischereiwirtschaftlichen Flächennutzung widerspricht in der Regel nicht diesen Zielen (§ 18 Abs. 2 BNatSchG).

Nach § 9 Abs. 1 BNatSchG können die Länder bestimmen, dass Eigentümer oder Nutzer von Grundflächen Naturschutzmaßnahmen zu dulden haben, wenn die Nutzung nicht unzumutbar beeinträchtigt wird. Über den Ausgleich von Nutzungsbeschränkungen des Fischereirechts über die Anforderungen der guten fachlichen Praxis hinaus erlassen die Länder entsprechende Vorschriften (§ 5 Abs. 2 BNatSchG). Vom Standpunkt des Eigentumsschutzes ergibt sich die Entschädigungspflicht durch die Überschreitung der Grenze zur Enteignung im Sinne des Artikels 14 Abs. 3 des Grundgesetzes (Piwernetz u. a. 1992, Meyer-Ravenstein 1994).

Mit der Ausweisung von Schutzgebieten können Einschränkungen der Fischereiausübung festgelegt werden, wenn die Erreichung des jeweiligen Schutzzwecks dies nachweislich begründet erfordert. Darüber hinaus ist in Brandenburg in Ausnahmefällen in Naturschutzgebieten die Ausweisung von Totalreservaten möglich, die der wirtschaftlichen Nutzung grundsätzlich entzogen sind. Die fischereiliche Hege bleibt von diesen Einschränkungen unberührt, so dass Ihre Ausübung im Rahmen der fischereigesetzlichen Regelungen zu gewährleisten ist.

Die in den Unterlagen der Regionalplanung (Sanierungspläne, Sanierungsrahmenpläne, regionale Teilgebietsentwicklungsprogramme) angegebenen allgemeinen Nutzungsziele für die entstehenden Gewässer (z.B. Landschaftssee) beinhalten keine aus fischereirechtlicher Sicht eingrenzenden bzw. beschränkenden Vorgaben (s. 1).

Wird die Ausübung der Fischerei durch andere Einflüsse eingeschränkt (z.B. Motorbootrennstrecken, Stege), so kann der Verursacher zu schadensverhütenden Maßnahmen bzw. Entschädigungszahlungen herangezogen werden.

5 Fischereilicher Zustand der Braunkohletagebaurestseen

Durch die Füllung der Restlöcher des ehemaligen Braunkohletagebaus werden im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier bis zum Jahr 2060 ca. 104 größere Seen mit einer Gesamtfläche von etwa 42 Tsd. ha entstehen. Dabei handelt es sich überwiegend um Gewässer mit einer Fläche von 250 bis über 1000 ha, die aufgrund ihrer Tiefe fast ausschließlich geschichtet sein werden.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Fläche und die Anzahl der entstehenden Braunkohletagebaurestseen in den Ländern Brandenburg,

Sachsen-Anhalt und Sachsen (Thüringen). In Tabelle 2 sind die wichtigsten Braunkohletagebaurestseen, die sich im Zuständigkeitsbereich der LMBV befinden bzw. befanden, zusammengefasst. Die bereits vor 1990 gefluteten Restlochseen und die infolge des aktiven Bergbaus zukünftig noch entstehenden Gewässer wurden in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt.

Das Gewässergüteziel der sanierten Braunkohletagebaurestseen liegt überwiegend in einem mesotrophen, pH-neutralen Zustand. Die Versauerungsgefahr ist im Mitteldeutschen Revier in den meisten Fällen gering; in der Lausitz aber in einigen Gebieten sehr hoch. In diesen Fällen wird auch nach der Füllung der Restlöcher ein längerer Nachsorgeprozess, bei dem die Oberflächenwasserzufuhr weitergeführt wird und gelegentlich Konditionierungsmaßnahmen vorgenommen werden, notwendig sein.

Als Fischnährtiergrundlage ist das Zooplankton (tierisches Plankton) sofort vorhanden. Die Bodentiere (Insektenlarven, Schnecken usw.) bilden bereits in den ersten Jahren nach der Flutung den Gewässerbedingungen entsprechende Biomassen aus (Rümmler 2001). Nach dem Aufkommen von Unterwasserpflanzen entsteht auch in diesem Gewässerbereich kurzfristig eine gut entwickelte Kleintierwelt, die eine reiche Fischnährtierbasis darstellt.

In den großen, tiefen Braunkohletagebaurestseen ist der bedeutendste Lebensraum für Fische das Freiwasser mit dem tierischen Plankton als Nahrungsgrundlage. Derartige Seen weisen meist hohe Sauerstoffgehalte bis zum Gewässergrund auf. Die fischereilich sehr bedeutsame Unterwasserpflanzenzone ist aufgrund der Steilscharigkeit der Gewässer aber meist begrenzt.

Biologische Verhältnisse, die denen in vergleichbaren natürlichen Seen ähneln (Klimax), werden sich in den Braunkohletagebaurestseen erst nach einer Übergangsphase einstellen, die bis zu mehreren Jahrzehnten dauern kann. Braunkohletagebaurestseen sind daher in ihrer ersten Entwicklungsphase meist „oligotropher“ als morphometrisch und hydrologisch vergleichbare Naturseen (Klapper 1995).

In Anlehnung an die fischereiliche Seenklassifizierung der natürlichen norddeutschen Seen können Morphometrie, Schichtung, Trophie und Fischnährtiergrundlage der großen, tiefen, oligotrophen Braunkohletagebaurestseen mit dem Maränensee II nach Bauch (1955) und dem Maränensee nach Müller (1966) verglichen werden.

Tabelle 1: Übersicht über Fläche (o.) und Anzahl (u.) der entstehenden Braunkohletagebaurestseen in den Ländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen (Thüringen)

	Brandenburg	Sachsen-Anhalt	Sachsen (Thüringen)	Gesamt
vor 1990 entstandene größere Seen	1.361	1.064	1.083	3.508
Seen des nach 1990 stillgelegten oder ausgelaufenen Bergbaus (LMBV)	7.912	6.562	13.395	27.869
zukünftige Seen der A-Tagebaue ¹	3.720	2.256	4.715	10.691
Gesamt bis 2040² - 2060³	12.993	9.882	19.193	42.068
LMBV bis 2010	4.280	6.037	11.919	22.236
Anteil bis 2010	33 %	54 %	62 %	53 %

	Brandenburg	Sachsen-Anhalt	Sachsen (Thüringen)	Gesamt
vor 1990 entstandene größere Seen	3	6	5	14
Seen des nach 1990 stillgelegten oder ausgelaufenen Bergbaus (LMBV)	26	18	33	77
zukünftige Seen der A-Tagebaue ¹	3	6	4	13
Gesamt bis 2040² - 2050³	32	30	42	104
LMBV bis 2010	20	12	27	59
Anteil bis 2010	63 %	33 %	64 %	57 %

¹ gegenwärtig aktive oder zukünftig geplante Braunkohletagebaue,

² Brandenburg,

³ Sachsen-Anhalt, Sachsen

Die Leitfischart dieser Seen ist die Kleine Maräne. Als kaltstenotherme, zooplanktonfressende und ausschließlich im Freiwasser lebende Fischart ist sie den Bedingungen nährstoffarmer und sauerstoffreicher Seen am besten angepasst. Gelegentlich treten in diesen Seen auch Großmaränen auf, die sich überwiegend von den Bodentieren des Tiefenwassergrundes ernähren.

Als Raubfische kommen im Freiwasser meist große Barsche vor. Nach der Ausbildung von Unterwasserpflanzenbeständen ist mit einem stärkeren Aufkommen an Hecht und Plötze zu rechnen. In norddeutschen Seen dieses Typs kommen weiterhin Aal, Blei, Schleie und verschiedene Kleinfischarten vor.

Daneben weisen einige entstehende Braunkohletagebaurestseen auch morphometrische und trophische Ähnlichkeiten mit den großen, tiefen Seen des Voralpengebietes auf, die im Freiwasser lebenden Großmaränen (Felchen, Renken) gute Wachstums- und Reproduktionsbedingungen bieten.

Für weniger steilscharige Seen mit geringfügig höheren Nährstoffgehalten im mesotrophen Bereich ist nach der Ausbildung der Über- und Unterwasserpflanzenvegetation die Entwicklung einer Fischgesellschaft absehbar, die mit der des Maränensees I oder des Maränensees III nach Bauch (1955) bzw. des Maränen-Aal-Hecht-Sees nach Müller (1966) vergleichbar ist. Diese bieten neben der Kleinen Maräne auch Hecht, Aal, Schleie sowie Plötze, Barsch, Blei und verschiedenen Kleinfischarten gute bis ausreichende Lebensbedingungen und weisen gelegentlich auch ein Aufkommen an Großmaränen oder Zandern auf.

Flache Braunkohletagebaurestseen werden nach der Entstehung ausgedehnter Unterwasserpflanzenbestände Hecht-Schlei-Seen nach Bauch (1955) bzw. Müller (1966) sein. Neben den beiden Leitfischarten bieten diese Gewässer weiterhin Rotfeder, Plötze, Blei und Aal gute bis ausreichende Lebensbedingungen.

Tabelle 2: Übersicht über die wichtigsten nach 1990 entstandenen bzw. entstehenden Braunkohletagebaurestseen (ohne die zukünftigen Seen des aktiven Bergbaus) (HAFERKORN u.a. 1999, LUCKNER u.a. 1996, 1997, Angaben IfB)

Mitteldeutsches Revier

Bezeichnung	Bundesland*	Fläche (ha)	maximale Tiefe (m)	mittlere Tiefe (m)	Flutungsende	Flutungswasser**	Versauerungsgefahr#	Trophie***	fischereiliche Bewertung+	fischereiliche Nutzung++
Cospuden	Sa	436	54,0	24,9	2000	SWF	nein	o	vorhanden	in Vorbereitung
Markkleeberg	Sa	252	58,0	25,9	2011	SWF	nein	o	vorhanden	
Störmthal	Sa	733	52,0	21,0	2011	SWF	nein	m	vorhanden	
Hain	Sa	387	49,0	17,8	2006	SWF	nein	o	vorhanden	
Haubitz	Sa	158	26,0	16,0	2006	SWF	nein	m	vorhanden	
Kahnsdorf	Sa	112	43,0	17,5	2006	SWF	gering	o	vorhanden	
Bockwitz HRL	Sa	170	19,0	11,0	2005	GWA	vorhanden	o	vorhanden	
Harthsee	Sa	87	13,0	5,8	1993	GWA	versauert	o	vorhanden	verpachtet (sauer)
Haselbach III	Sa, Th	335	33,0	7,3	1999	SWF	nein	o	vorhanden	in Vorbereitung
Zwenkau	Sa	911	43,5	19,8	2015	SWF	gering	o		
Werben	Sa	61	27,5	8,9	1999	SWF	nein	m	vorhanden	verpachtet
Luckaer See	Sa, Th	187	25,0	12,0	2003-27	GWA		k. A.		
Breitenfeld	Sa	220	29,0	11,4	2012	GWA	gering	m	vorhanden	
Delitzsch Südwest	Sa	441	36,0	9,7	2006	Luppe	nein	m	vorhanden	
Grabschütz	Sa	98	31,0	3,8	2015	GWA	vorhanden	e		
Holzweißig West	Sa	155	26,0	11,7	2014	GWA	k.A.			
Paupitzsch	Sa, SaAn	93	17,0	9,6	2015	GWA	nein			(NSG i.V.)
Innenkippezufahrt	SaAn, Sa	85	34,0	17,1	2015	GWA	nein			(NSG i.V.)
Goitsche	SaAn	1332	75,0	16,0	2005	Mulde	k.A.		i.V.	
Rösa	Sa, SaAn	613	28,0	12,0	2003	Mulde	k.A.			
Köckern	SaAn	109	14,0	6,1	2000	GWA	gering			verpachtet
Golpa-Nord	SaAn	543	33,0	12,9	2002	Mulde	k.A.			
Gröbern	SaAn	366	53,0	18,3	2006	Mulde	k.A.			
Merseburg Ost 1a	SaAn	314	28,0	10,5	2001	Weißer Elster	nein, salzig	o / m	i. V.	
Merseburg Ost 1b	SaAn	344	37,0	13,7	2000	Weißer Elster	nein, salzig	o / m	i. V.	
Geiseltalsee	SaAn	1842	78,0	22,3	2008	Saale	nein	m	vorhanden	
Großkayna	SaAn	225	37,0	24,4	2002	Saale	nein, Sanierung	k.A.		

Bezeichnung	Bundesland*	Fläche (ha)	maximale Tiefe (m)	mittlere Tiefe (m)	Flutungsende	Flutungswasser**	Versauerungsgefahr#	Trophie***	fischereiliche Bewertung+	fischereiliche Nutzung++
Kayna Süd	SaAn	255	22,0	10,6	1999	SWF	nein	m	i. V.	teilverpachtet
Nachterstedt	SaAn	578	64,5	29,8	2023	Selke	nein	m/e		
Königsau	SaAn	156	17,0	6,6	2023	GWA	nein	m	i.V.	
Wulfersdorf	SaAn	250	37,0	9,6	2080	GWA	nein	k.A.		

Lausitzer Revier

Olbersdorf	Sa	60	37,0	10,3	1999	Grundbach	nein	mo	i.V.	verpachtet
Berzdorf	Sa	960	70,0	34,4	2006	Neiße, Pließnitz	nein	o		
Bärwalde	Sa	1357	59,5	12,2	2005	Schöps, Spree	nein	m		
Dreiweibern	Sa	286	35,0	12,2	2000	Kleine Spree	gering	mo	i. V.	
Lohsa II	Sa	1070	56,0	9,3	2005	Spree, Kleine Spree	möglich	m/e		
Burghammer	Sa	445	49,4	8,1	2003	SWF, Kleine Spree, Lohsa II	vorhanden	o	vorhanden	
Scheibe	Sa	700	48,5	15,9	2006	Kleine Spree	vorhanden	o/m		
Spreetal-NO	Sa	341	58,0	28,4	2004	Kleine Spree, RA Schwarze Pumpe	vorhanden	m		
Spreetal-Bluno	Sa	1360	8-60 4 Teilseen	11,2	2007	Schwarze Elster, Spreetal-NO, Spree	vorhanden	o/m		
Skado	Sa, Bbg	1120	48,6	11,6	2007	Schwarze Elster, Spree, Koschen, Bluno	vorhanden	m		
Sedlitz	Bbg	1330	43,0	15,5	2012	Spree, Skado	vorhanden	o		
Koschen	Sa, Bbg	620	35,0	10,5	2003	GWA, Schwarze Elster	versauert	m		
Meuro	Bbg	754	56,0	20,3	2015	SWF RA Raitzta, Sedlitz	vorhanden	o		
Knappenrode D u. F	Sa	138			2004					
Laubuscher See und Koritzmühle	Sa	215	10,0/6,2	4,5/5,3	2003		gering	m/e		
Heide VI	Sa, Bbg	103	8,1	8,1	2002		vorhanden			

Bezeichnung	Bundesland*	Fläche (ha)	maximale Tiefe (m)	mittlere Tiefe (m)	Flutungs-ende	Flutungs-wasser**	Versauerungs-gefahr#	Trophie***	fischereiliche Bewertung+	fischereiliche Nutzung++
Restloch 28 u. 29	Bbg	138			2010	Schwarze Elster	gering	m		RL 29 NSG
Bergheider See	Bbg	290	53,0	14,0	2007	RL 28, 29, RA Lichterfeld	gering	m		
Heidensee RL 129/130/131	Bbg	165		13,9	2008	Bergheider See, RL 28, 29, RA Lichterfeld	vorhanden			
Greifenhain	Bbg	1016	69	32,5	2015	RA Rainitz	nein	o/m		
Gräbendorf	Bbg	425	46,5	21,9	2004	Südumfluter Spree	gering	o/m	vorhanden	
Klinger See	Bbg	394	67,5	25,9	2020	Tranitz, Talsperre Spremberg	gering	o/m		
Schönfelder See	Bbg	138	14,0	7,8	2000	Südumfluter Spree	nein	m	vorhanden	verpachtet
Drehnaer See	Bbg	218		6,9	2006	Südumfluter Spree, Schrake	vorhanden	m		
Lichtenauer See	Bbg	233	31,0	10,7	2003	Südumfluter Spree	vorhanden	m		
Schlabendorfer See	Bbg	615	32,2	7,8	2006	Südumfluter Spree, Lorenz-graben	vorhanden	o/m		
Stoßdorfer See	Bbg	101		4,2	2001				i.V.	verpachtet
Bischdorfer See	Bbg	260	27,2	7,2	2004	Südumfluter Spree	gering	m		
Kahnsdorfer See	Bbg	70		3,0	2005	Bischdorfer See	gering			

* Sa - Freistaat Sachsen, Th - Freistaat Thüringen, SaAn - Sachsen-Anhalt, Bbg – Brandenburg

** SWF - Flutung durch Sumpfungswasser des aktiven Bergbaus, GWA - Grundwassereigenaufgang, RA - Grubenwasserreinigungsanlage

unter Zugrundelegung der geplanten Sanierungsmaßnahmen

*** o - oligotroph, m - mesotroph, e - eutroph, k.A. - keine Angabe

+ i.V. - in Vorbereitung

++ ETFR - Eigentumsfischereirecht

Für die Braunkohletagebaurestseen der aufgeführten Seetypen ist aber eine Tendenz zu einer Fischgemeinschaft und einer Fischbiomasse zu erwarten bzw. bereits festgestellt worden, die nährstoffärmeren Verhältnissen gegenüber natürlichen Seen vergleichbarer Morphometrie und Hydrologie entspricht. Daneben wird noch eine große Anzahl flacher Kippenseen entstehen, über deren Fläche und Wassergüte sowie fischereilichen Zustand gegenwärtig noch keine Aussagen getroffen werden können.

Im Gegensatz zum eiszeitlichen Einwanderungsprozess der Fischarten in den Seen Norddeutschlands können die Leitfischart Kleine Maräne aber auch Großmaräne und Aal nur durch Besatzmaßnahmen in den Braunkohletagebaurestseen eingebürgert werden.

Das notwendige Artenspektrum der Initialbesatzmaßnahmen ist daneben auch von der Flutungsart der Gewässer abhängig. Bei der Füllung der Seen mit Oberflächenwasser der nahegelegenen Fließgewässer können meist alle anderen gewässertypischen Fischarten in die Braunkohletagebaurestseen gelangen. In isolierten Seen mit Grundwassereigenaufgang sowie bei der Flutung mit Sümpfungswasser oder aufbereitetem Oberflächenwasser und fehlender Anbindung an die fließende Welle muss auch ein Initialbesatz mit allen anderen Arten erfolgen bzw. die vorhandene zufällige Erstbesiedelung ergänzt werden.

Anhand von ersten Besatzmaßnahmen in einem oligotrophen und drei mesotrophen Braunkohletagebaurestseen ist gesichert, dass die Einbürgerung der Kleinen Maräne in geeigneten Braunkohletagebaurestseen relativ problemlos verläuft und zum Aufbau sich selbst reproduzierender Bestände führt (Rümmler u. Schiewe 1999, Rümmler 2001). Aal muss infolge des nicht vorhandenen bzw. nicht ausreichenden natürlichen Aufstiegs kontinuierlich besetzt werden.

Besatz zur Stützung des Bestandes, z.B. bei Großmaränen, Hecht, Schleie oder Zander wird nur in Ausnahmefällen notwendig sein. Ein den Gewässerbedingungen angepasster geringer Karpfenbesatz zur Hebung der anglerischen Attraktivität der Gewässer sollte toleriert werden.

6 Fischereiliche Nutzbarkeit der Braunkohletagebaurestseen

Auf den nährstoffarmen Braunkohletagebaurestseen werden nach ersten groben Abschätzungen fischereiliche Erträge im Bereich von

5 bis 20 kg/ha*a erzielt werden können. Infolge der unterschiedlichen Bedingungen sind vereinzelt auch darüber und darunter liegende Ertragswerte absehbar.

Generell ist ein Anstieg der Ertragsfähigkeit mit der Zunahme der Trophie und der Verringerung der mittleren Tiefe des Gewässers zu erwarten. Zur Ertragsverbesserung werden weiterhin die Ausbildung der Litoralzone und die Bodentierbesiedelung des Tiefenwassers beitragen.

Die Kleine Maräne ist eine berufsfischereilich bewirtschaftete Edelfischart, die als Räucherware angeboten gute Preise erzielt. Sie kann die Grundlage für die Nutzung der großen, tiefen Seen durch die Berufsfischerei sein. Nach den bisherigen Erfahrungen bildet die Kleine Maräne insbesondere in mesotrophen Braunkohletagebaurestseen nach wenigen Jahren nutzbare Bestände mit vermarktungsfähigen Stückmassen aus (Rümmler u. Schiewe 1999, Rümmler 2001). Bisher sind in Brandenburg und Sachsen vier Braunkohletagebaurestseen mit der Kleinen Maräne vom Arendsee (Sachsen-Anhalt) besetzt worden.

Daneben wird in diesen Seen das Aufkommen an Großmaräne, Zander, Hecht, Barsch und Aal für die Berufsfischerei als auch für die Angelfischerei von Bedeutung sein.

Die Braunkohletagebaurestseen werden infolge ihrer Nährstoffarmut insgesamt relativ niedrige fischereiliche Gesamterträge erbringen. Durch eine funktionierende Maränenwirtschaft, akzeptable Aalfänge, gelegentliche Zandererträge (ab mesotrophen Verhältnissen) sowie ergänzende Hecht- und Barschfänge werden die Erträge an verkäuflichen „Wertfischen“ aber mit denen aus Seen höherer Trophie vergleichbar sein. Die Bewirtschaftung der Maränenbestände ist erst ab einem mittleren oligotrophen Zustand (> 10 µg Gesamtphosphor/l) sinnvoll (Rümmler u. Schiewe 1999, Rümmler 2001).

Auf den Braunkohletagebaurestseen wird sich die Hege und Bewirtschaftung der Fischbestände in den meisten Fällen auf die Feststellung der anfänglichen Fischbesiedelung, den Initialbesatz (Aal kontinuierlich) und die Entnahme des natürlichen Fischertrags mit den Fangmitteln der Seenfischerei beschränken können. Die entnommene Fischmasse wird schnell wieder ausgeglichen. Verantwortlich dafür sind der vorhandene Reproduktionsüberschuss und die infolge des begrenzten Nahrungsangebotes nur zum Teil ausgenutzte Wachstumspotenz der Fischbestände. Dabei handelt es sich um eine naturnahe nachhaltige Bewirtschaftungsform.

Als Fischereigeräte der Berufsfischerei werden auf diesen Gewässern im Wesentlichen Stellnetze und in geringerem Umfang Reusen eingesetzt. Die Leitfischart Kleine Maräne ist in Norddeutschland ein beliebter Speisefisch, für den der Bedarf nicht gedeckt werden kann. Der Absatz von Aal und Zander ist ebenfalls problemlos.

Die Verpachtung des Fischereirechts auf den großen, tiefen und nährstoffarmen Braunkohletagebaurestseen sollte vorrangig an Berufsfischereibetriebe im Haupterwerb erfolgen. Auf dieser Basis werden Arbeitsplätze begründet, und die fachgerechte Bewirtschaftung der praktisch nicht angelbaren Leitfischart Kleine Maräne wird gewährleistet. Gleichzeitig wird durch den Verkauf von Angelkarten die Ausübung der Angelfischerei entwickelt und gefördert.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Verpachtung der Seen an Anglerorganisationen. In diesem Fall sollte auf die Bestandsentwicklung angelbarer Großmaränen orientiert werden.

Die berufsfischereiliche Seenbewirtschaftung allein wird sich wie auf den natürlichen Gewässern in den meisten Fällen ökonomisch nicht selbst tragen (Rümmler u. Schiewe 1999, Rümmler 2001). Die Betriebe leben neben dem eigenen Fischfang von der Verarbeitung und Vermarktung der selbst gefangenen sowie zugekaufter Fische. Daneben gewinnen gastronomische (Imbiss, Gaststätte) und touristische Aktivitäten (Bootsverleih, Ferien auf dem Fischerhof) immer mehr an Bedeutung.

Der mehrere Jahre dauernde Fischbestandsaufbau und die für Maränenseen charakteristischen Ertragsschwankungen stellen weitere Probleme für die Berufsfischerei auf den Braunkohletagebaurestseen dar.

Am vorteilhaftesten ist die Anpachtung dieser Seen durch Fischereibetriebe, die bereits über gewinnbringende Geschäftsfelder, wie z.B. Teichwirtschaften oder Forellenanlagen, verfügen und die Seenbewirtschaftung langsam aus eigener Kraft aufbauen können.

Neben den fischereigesetzlichen Maßgaben stellt die Entwicklung der Fischbestände und deren Nutzung durch die Berufs- und Angelfischerei auch einen nicht zu vernachlässigenden Faktor im Rahmen der Herstellung und ökologisch verträglichen Nutzung des Natur- und Landschaftshaushaltes der Bergbaufolgelandschaften dar.

7 Pachtgestaltung

Nach der Sanierung werden die neu entstandenen Seen durch die LMBV zum Verkauf angeboten. Kommunen sowie juristische und natürliche Personen werden die häufigsten Käufer sein. Lediglich für wasserwirtschaftliche Speicher ist eine Überführung in Landeseigentum wahrscheinlich. Der Erwerb eines Sees zum Zweck der eigenen fischereilichen Nutzung wird ein sehr seltener Ausnahmefall sein.

Der Pachtzins des Fischereirechts der Seen sollte in einem Bereich liegen, der auch für die betriebswirtschaftlich gebundene Berufsfischerei tragbar ist und den aufgeführten Problemen Rechnung trägt.

Nach 1990 wurde bei der Neuverpachtung der Landesgewässer in Brandenburg und Sachsen-Anhalt meist eine pauschale Pachthöhe festgelegt, die sich weniger an der tatsächlichen Ertragsfähigkeit der Gewässer orientierte, sondern in erster Linie die Entwicklung der neu gegründeten Fischereibetriebe unterstützen sollte. Die Pachten lagen im Bereich von 2,50 bis 5,00 EUR/ha*a (5,00 bis 10,00 DM/ha). Die meisten neueren Pachtverträge für die berufsfischereiliche Nutzung von Seen in Landeseigentum liegen in Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt in der Größenordnung von 5,00 bis 7,50 EUR/ha*a. Bei der Verpachtung des Fischereirechts von Seen an Anglerorganisationen werden im Allgemeinen höhere Preise verlangt.

Die Festlegung des Pachtpreises muss in erster Linie durch die Schätzung des fischereilichen Ertragswertes des Gewässers erfolgen. Daneben spielen für die Berufsfischerei aber auch die Vermarktungsbedingungen (Lage, regionale Absatzmöglichkeiten) und Bewirtschaftungsbeschränkungen (z.B. in Naturschutzgebieten) eine wichtige Rolle.

Die Mindestpachtzeit beträgt 12 Jahre. Eine gesetzlich zwingende Voraussetzung für den Pächter ist seine fischereiliche Sachkunde einschließlich der nachgewiesenen Befähigung, die fischereiliche Hege fachgerecht auszuüben. Der Pächter hat den Pachtvertrag bei Abschluss oder Änderung der Fischereibehörde zur Genehmigung vorzulegen bzw. den Pachtvertrag anzuzeigen (Sachsen-Anhalt, Sachsen).

In Brandenburg kann die Fischereibehörde den Vertrag darüber hinaus beanstanden, wenn u.a. der vom Verpächter geforderte Pachtzins in starkem Missverhältnis zum Ertragswert steht (§ 12 BbgFischG).

8 Fischereiliche Ertragswertschätzung von Seen

Aus rechtlichen Gründen und zur Sicherung gleicher Wettbewerbsbedingungen zwischen den Fischereibetrieben sollte auch nach Festlegung von vorläufigen Pachtpreisen eine Schätzung des fischereilichen Ertrags auf naturwissenschaftlicher Grundlage erfolgen.

Die Ermittlung des fischereilichen Ertragswertes von neu entstandenen Braunkohletagebaurestseen, die zum Verkauf oder zur Verpachtung anstehen, ist gegenüber der fischereilichen Bewertung natürlich entstandener Gewässer sehr viel schwieriger und setzt Kenntnisse nicht nur auf fischereilichen sondern auch auf limnologischen, wasserchemischen und hydrologischen Gebieten voraus. Zudem kann die fischereiliche Ertragschätzung nicht wie üblich auf der Grundlage von Erträgen der vergangenen Jahre vorgenommen werden, sondern muss auf der Basis von Modellrechnungen prognostiziert werden. Dabei ist aufgrund der Sukzession zusätzlich zwischen dem gegenwärtigen Zustand und dem sich erst später einstellenden natürlichen Zustand (Klimax) zu unterscheiden.

Zur Abschätzung des fischereilichen Ertrags von Braunkohletagebaurestseen kommen in erster Linie Korrelationen des Nährstoffgehaltes oder der Bioproduktion zum Fischertrag in Betracht. Am Institut für Binnenfischerei (IfB) wird seit Mitte der 90er Jahre ein Verfahren auf der Grundlage der Gesamtposphorkonzentration angewandt (Knösche u. Barthelmes 1998). Da die fischereiliche Ertragsberechnung nur für den Zustand des Klimax vorgenommen werden kann, müssen neben den aktuellen Messwerten der Gesamtposphorkonzentration auch die zukünftig zu erwartenden Phosphorwerte, die sich auf der Basis einer Phosphorbilanz und des Vollenweider-Modells (Nixdorf u. Leßmann 1999) abschätzen lassen, berücksichtigt werden.

Im Vergleich zu natürlichen Gewässern gleichen Typs ist für die Braunkohletagebaurestseen zumindest für den ersten Pachtzeitraum von einem deutlich geringeren fischereilichen Ertragswert auszugehen. Ursachen sind der meist niedrige Phosphorgehalt und die sich erst entwickelnde Fischgemeinschaft. Letztere ist von der sich ausbildenden Fischnährtierbasis, den Besatzmaßnahmen und der Flutungsart abhängig.

Diese Besonderheiten der Braunkohletagebaurestseen müssen durch zusätzliche Korrekturfaktoren bei der Berechnung berücksich-

tigt werden. Die notwendigen Aufwendungen für den Erstbesatz sind ebenfalls zu beachten.

Obwohl die Genauigkeit der fischereilichen Ertragschätzung von Seen durch die Vielzahl der Einflussfaktoren begrenzt ist, hat diese Verfahrensweise im Vergleich zu pauschalen Festsetzungen eine nachvollziehbare objektive Grundlage.

Die Bewertung des Fischereirechts der Gewässer, die üblicherweise als Ertragswertschätzung und anschließende Kapitalisierung des jährlichen Pachtpreises vorgenommen wird, hat insbesondere für die Ermittlung des Verkehrswertes beim Verkauf der entstandenen Braunkohletagebaurestseen Bedeutung.

Nur für das Fischereirecht an Gewässern hat sich ein eigener Wert herausgebildet. Die anderen Nutzungsformen von der Abwassereinleitung über die Freizeitnutzung bis zur Schifffahrt gelten als Gemeingebrauch, der, abgesehen von eventuellen Gebühren, jedermann kostenfrei zusteht und dementsprechend nicht bewertet wird (Proske 1997).

9 Fischereiliche Aspekte der Gestaltung und Sanierung von Braunkohletagebaurestseen

Grundsätzlich stimmt die wasserwirtschaftliche Zielstellung der Erreichung einer dauerhaft hohen Gewässergüte mit neutralen pH-Werten, niedriger Trophie und geringen Salz- und Schadstofflasten mit den Erfordernissen für die Entwicklung gesunder gewässertypischer Fischbestände und einer nachhaltigen fischereilichen Bewirtschaftung überein.

Darüber hinaus gibt es folgende spezielle Anforderungen der Fischerei an die Planungs- und Sanierungsträger:

1. Die Sohle der entstehenden Braunkohletagebaurestseen sollte möglichst eben sein, um die spätere Ausübung der Fischerei mit Stellnetzen und eventuell auch Zugnetzen nicht zu behindern. Gegebenfalls sind zumindest Auszugstellen für die Zugnetz-fischerei vorzusehen. Tagebauausrüstungen und höhere Vegetation (Bäume, Sträucher) sollten entfernt werden. Vorhandene Abraumrippen im sublitoralen Bereich können eine positive Rolle spielen, da algenbürtige Feindetritusgyttja wahrscheinlich zuerst in die tieferen Bereiche zwischen den Rippen verfrachtet wird und die höheren Teile lange Zeit gyttjafreie Laichareale für Maränen sein können (Klapper 1998).

2. Die Abflachung von Uferbereichen, die die Ausbildung der Überwasser- und Unterwasserpflanzenvegetation unterstützt, ist für die Entwicklung litoraler Fischbestände in Braunkohletagebaurestseen von großer Wichtigkeit. Es sollten möglichst umfangreiche Uferbereiche in die Einebnung einbezogen werden. Durch eine zusätzliche Strukturierung der Uferlinie, z.B. durch den Erhalt von Innenkippen, kann die Wasserpflanzenbesiedelung weiter unterstützt werden. Daneben sollten systematische Initialbepflanzungen mit Rohr- oder Schilfbeständen vorgenommen werden. In Seen, die zur Versauerung neigen, können sich in wasserpflanzenbesiedelten Uferbereichen kleinräumige Gebiete mit erhöhten pH-Werten ausbilden, die wichtige Mikrohabitate für Fischlarven und frühe Lebensstadien der Fische darstellen (Nixdorf u. Leßmann 1996).
Die abgeflachten Uferbereiche bieten gleichzeitig gute Möglichkeiten zur Ausübung der Angelfischerei.
3. Der wasserwirtschaftliche Betrieb der Seen im Nebenschluss und der weitgehende Verbund der gefluteten Gewässer bieten gute Möglichkeiten einer natürlichen Besiedelung der Braunkohletagebaurestseen mit Fischen und stellen die Voraussetzung für eine ökologische Durchgängigkeit dar.

Als Mindestforderung zur Verhinderung einer Einengung des genetischen Potentials sollte ein für Fische oder Fischbrut passierbarer Zulauf von der fließenden Welle zum jeweiligen Braunkohletagebaurestsee oder einer Restseekette gewährleistet werden. Im einfachsten Fall können Pumpenanlagen oder Wehre zur Flutung mit Oberflächenwasser der Fließgewässer diesen Zweck erfüllen. Für den Bau von ablaufseitigen Fischaufstiegen, z.B. in Seen, die mit Sumpfungswasser geflutet wurden, liegen entsprechende technische Lösungen vor (DVWK 1996, Jens u.a. 1997).

Ablaufseitig ist die Abwanderung der Blankaale an Wehren unproblematisch. Dem Fischer sollte die Installation eines Aalfangs gestattet werden. Dazu ist ein Gefälle von ca. 0,5 m erforderlich.

Die aufgeführten Fragen müssen im Rahmen der Planung der Zu- und Ablaufbauwerke unter Einbeziehung der Fischereibehörde rechtzeitig geklärt werden.
4. Bei der Wasserzuführung im Prozess der Nachsorge muss in versauerungsgefährdeten Seen eine möglichst kontinuierliche und vollständige Durchströmung gewährleistet werden, um temporäre und partielle Versauerungseffekte auszuschließen. Ein Negativbeispiel war in dieser Hinsicht die Versauerung des Senftenberger Sees im Winter und Frühjahr 1994 bis 1995, die zum fast völligen Ausfall einer Jahrgangsstufe der Kleinen Maräne führte (Rümmler u. Schiewe 1999).
5. Die Braunkohletagebaurestseen Lohsa I und II, Senftenberger See, Bärwalde, Dreiwiefern, Burghammer, Scheibe, Geiseltal sowie weitere Seen sind als wasserwirtschaftliche Speicher mit unterschiedlich hohen Staulamellen vorgesehen. Bei Wasserstandsschwankungen über 1 m kann sich in diesen Seen kein Gelege mehr ausbilden. Angesichts der Vielzahl der entstehenden Speicher sollte versucht werden, die Wasserstandsschwankungen bei der Speicherbewirtschaftung auf die auch in der Natur vorkommenden Werte von maximal 0,7 m zu begrenzen. Unter diesen Voraussetzungen ist der Uferschutz durch Gelegepflanzen realisierbar, und es bilden sich die für die Fischfauna bedeutungsvollen Litoralstrukturen aus (Klapper 1998). Bei Verbauungen zur Ufersicherung gegen Wellenschlag bzw. zum Schutz von Uferbepflanzungen muss der Fischwechsel zwischen Gelegezone und dem übrigen Litoral bzw. Sublitoral gewährleistet bleiben.
6. Da zwischen der Erreichung des Endwasserstandes und eines pH-neutralen Gewässerzustandes sowie dem Verkauf bzw. der Verpachtung des Fischereirechts der Seen zum Teil größere Zeiträume liegen, ist in der Zwischenzeit die LMBV als Fischereirechtseinhaber für die fischereiliche Hege verantwortlich. Im Vordergrund steht dabei die Durchführung und weitere Verfolgung des Initialbesatzes insbesondere mit der Kleinen Maräne.

10 Literatur

- Bauch, G.: Norddeutsche fischereiliche Seentypen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 22 (1955), S. 278 - 285
- Braun, M.: Fischerei & Naturschutz. Rechtliche Einordnung des Fischartenschutzes. Schriftenreihe des VDSF, 2000, 37 S.
- DWVK: Fischaufstiegsanlagen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232 (1996)

- Haferkorn, B. u.a.: Schaffung von Tagebaurestseen im mitteldeutschen Bergbaurevier. Herausgeber LMBV, Mai 1999, 140 S.
- Jens, G. u.a.: Fischwanderhilfen - Notwendigkeit, Gestaltung, Rechtsgrundlage. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamten und Fischereiwissenschaftler, 11 (1997), 114 S.
- Klapper, H.: Forschungen Braunkohletagebaurestseen - Wege zu einer sinnvollen Wassergütebewirtschaftung. *Limnologie aktuell* 7 (1995), S. 1 - 25
- Klapper, H.: Sanierungsstrategien für die Braunkohletagebaurestgewässer unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen an die Wasserqualität für die fischereiliche Nutzung, Studie im Auftrag des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, 1998, 57 S.
- Knösche, R. u. Barthelmes, D.: A new approach to estimate lake fisheries yield from limnological basic parameters and first result. *Limnologica* 28 (1998), S. 133 - 144
- Luckner, L. u.a.: Sanierungskonzept der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in den Bergbaufolgelandschaften der Niederlausitz. Gutachten im Auftrag der LMBV, 1996, 113 S.
- Luckner, L. u.a.: Restlochflutung. Gefahrenabwehr, Wiedernutzbarmachung und Normalisierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Lausitzer Revier. Gutachten im Auftrag der LMBV, 1997, 85 S.
- Meyer-Ravenstein, D.: Fischereirecht in Sachsen-Anhalt. Textausgabe mit Erläuterungen. Eigenverlag Hannover, 1994, 247 S.
- Müller, H.: Eine fischereiwirtschaftliche Seenklassifizierung Norddeutschlands und ihre limnologischen Grundlagen. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 16 (1966), S. 1145 - 1160
- Nixdorf, B. u. Leßmann, D.: Zur Limnologie von extrem sauren Tagebaurestseen als Grundlage für die Entwicklung von Sanierungsstrategien. DGL-Tagungsbereich 1995 (Berlin), Krefeld 1996, S. 933 - 937
- Nixdorf, B. u. Leßmann, D.: Zur Prognose der Trophieentwicklung in Tagebauseen der Lausitz - Ansätze und Probleme. *Gewässereport* (Nr. 5): Methoden der limnologischen Untersuchung und Bewertung von Stand- und Fließgewässern. Aktuelle Reihe Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Herausgeber Kapfer u. Nixdorf, 1999, S. 50 - 64
- Proske, Ch.: Kauf- und Pachtpreise fischwirtschaftlich nutzbarer Binnengewässer. Vortrag 46. SVK-Diskussionstagung, 1997, 11 S.
- Piwernetz, D. u.a.: Fischerei in Naturschutzgebieten. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamten und Fischereiwissenschaftler, 6 (1992), 91 S.
- Rümmler, F.: Fische und Fischerei in Braunkohletagebaurestseen. In: Dethlefsen, V. u. Hilge, V.: Aktuelle Probleme der Gewässerverschmutzung. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes*, Band 77, Cottbus 2001, S. 86 - 106
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Untersuchungen zu den fischereilichen Nutzungsmöglichkeiten von Braunkohletagebaurestseen. Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, 1996-1999, Fördernr.: 0339673, Abschlußbericht 1999, 124 S.

1 Einleitung

Im Freistaat Sachsen entstehen aus den Restlöchern des ehemaligen Braunkohletagebaus bis zur Mitte dieses Jahrhunderts ca. 20 Tsd. ha neuer Seen (Tabelle 1). Mehr als 80 % der sächsischen Seenfläche werden große, tiefe (Abbildung 1) und oligo- bis mesotrophe Gewässer sein, die sich unter fischereilichem Gesichtspunkt als Maränenseen einstufen lassen. Die Versauerungsgefahr dieser Seen ist im Mitteldeutschen Revier meist gering; in der Lausitz in einigen Gebieten aber sehr hoch. Hier werden sich pH-neutrale Verhältnisse, die die Voraussetzung für die Entwicklung von Fischbeständen darstellen, erst nach einer zum Teil längeren Nachsorgephase einstellen (Rümmler u. Schiewe 1999).

Die Braunkohletagebaurestseen sind zur Gewährleistung der fischereilichen Hege und Bewirtschaftung nach den Maßgaben des Fischereigesetzes des Freistaates zu verpachten. Ausnahmen können unter Naturschutz stehende Gewässerflächen bilden.

Für die Fischerei bedeutet die Flutung der Restlöcher des Braunkohletagebaus einen bedeutenden Potenzialzuwachs, dessen Nutzung eine zielgerichtete Vorbereitung erfordert.

In diesem Sinne sollen die vorliegenden Forschungsarbeiten einen Beitrag dazu leisten, die Möglichkeiten und Probleme bei der Entwicklung und Bewirtschaftung der Fischbestände dieses speziellen Gewässertyps abzuklären.

Tabelle 1: Übersicht über die Fläche und die Anzahl der entstehenden Braunkohletagebaurestseen in Sachsen (Thüringen)

	Fläche (ha)	Anzahl
vor 1990 entstandene größere Seen	1.083	5
Seen des nach 1990 stillgelegten oder ausgelaufenen Braunkohletagebaus (LMBV) ¹	13.395	33
zukünftige Seen der A – Tagebaue ²	4.715	4
Gesamt bis 2050	19.193	42
LMBV¹ bis 2010	11.919	27
Anteil (%) bis 2010	62	64

¹ Lausitzer und Mitteldeutscher Bergbau – Verwaltungsgesellschaft – Sanierungsträger

² gegenwärtig aktive oder zukünftig geplante Braunkohletagebaue

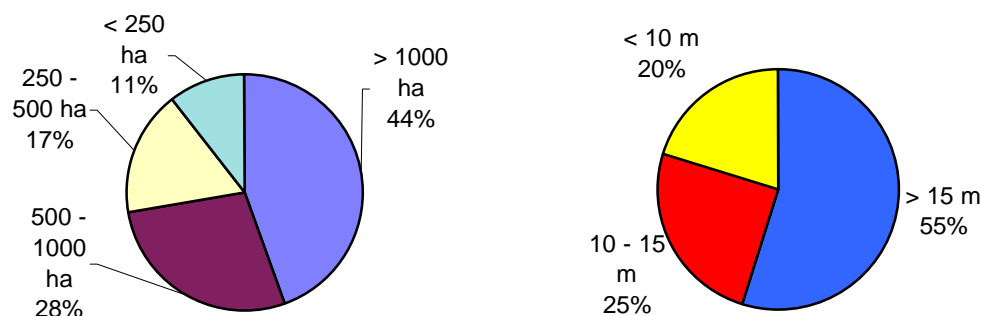


Abbildung 1: Anteil der Seen unterschiedlicher Größen- (l.) und Tiefenbereiche (r.) an der Gesamtfläche der in Sachsen entstehenden Braunkohletagebaurestseen

Bisher liegen zu dieser Thematik nur Überblickshafte Angaben von Müller (1959a) für die damals existierenden meist kleineren und flacheren Seen sowie Einzeluntersuchungen mit zum Teil nur grober Erhebung der Fischfauna (Sell 1986, Geisler u. Haubold 1993, Rümmler u. Schiewe 1998, 2000a, b, c) vor.

Erste Untersuchungen der Fischbestände in bereits bestehenden Braunkohletagebaurestseen, in denen ein Besatz mit Maränen erfolgt ist sowie umfangreiche konzeptionelle Arbeiten sind von Rümmler und Schiewe (1999) durchgeführt worden.

Im Rahmen der hier dargestellten Untersuchungen sind im Jahr 2000 die Fischbestände in zwei bereits bestehenden sächsischen Braunkohletagebaurestseen, den Speicherbecken Borna und Morka, untersucht worden. Zusätzlich wurden Fangdaten dieser Seen ausgewertet, die bereits 1999 erhoben wurden.

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend dargestellt. Detailliertere Angaben sind dem Bericht zu diesem Forschungsthema (Rümmler u. Schiewe 2001) zu entnehmen.

2 Charakterisierung der untersuchten Seen

Beide Gewässer werden als wasserwirtschaftliche Speicher, die durch die Landestalsperrenverwaltung bewirtschaftet werden sowie als Fischereigewässer genutzt. Dabei spielt die fischereiliche Seenbewirtschaftung gegenüber der auf beiden Seen genehmigten Fischproduktion in Netzgehegen gegenwärtig noch eine untergeordnete Rolle. Die Flutung der Seen erfolgte bereits vor 25 bzw. 30 Jahren.

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Gewässerdaten zusammengefasst. Die Angaben zur Wasserqualität erfolgten auf der Grundlage von Daten und Untersuchungsergebnissen der Landestalsperrenverwaltung sowie eigenen ergänzenden Messungen.

Das Speicherbecken Borna besitzt eine Fläche von 256 ha sowie eine mittlere Tiefe von 19,5 m. Der Grundwasserdurchsatz spielt im Vergleich zur Oberflächenwasserzufuhr eine bedeutende Rolle. Der trophische Zustand liegt im Grenzbereich oligotroph zu mesotroph. Das Hypolimnion weist während der gesamten Sommerstagnation hohe Sauerstoffgehalte über 5 mg/l bis zum Grund auf.

Das Speicherbecken Morka besitzt eine Fläche von 222 ha und eine mittlere Tiefe von 8 m. Hydrologisch bestimmend ist die Speicherbewirtschaftung im Nebenschluss zur Kleinen Spree. Der See weist einen mesotrophen Zustand auf. Während der sommerlichen Vegetationsperiode kommt es zu einem starken hypolimnischen Sauerstoffschwund, der am Ende der thermischen Schichtung zu anoxischen Verhältnissen unterhalb von 8 bis 9 m Tiefe führt. Durch die Nährstoffbindung im vorgelagerten Speicherbecken Friedersdorf werden die mesotrophen Verhältnisse stabilisiert oder langfristig noch verbessert.

Beide Seen besitzen stabile neutrale pH-Werte. Im Speicherbecken Borna sind die Sulfat-, Leitfähigkeits- und Härtewerte, wie in vielen Braunkohletagebaurestseen, sehr hoch (Mittel: 689 mg/l SO₄, 1570 µS/cm, 46°dH). Unter pH-neutralen Verhältnissen werden die Lebensbedingungen für Fische dadurch nicht beeinflusst. Im Speicherbecken Morka werden die chemischen Wasserparameter in erster Linie durch die Wasserzufuhr aus der Kleinen Spree bestimmt.

3 Zielstellung und Methodik der Arbeiten

Das Ziel der Arbeiten bestand darin, den bisher geringen Erkenntnisstand zum fischfaunistischen und fischereilichen Leitbild, über Erfolg und Notwendigkeit von Besatzmaßnahmen sowie das Wachstum und die Reproduktion von Maränenartigen in den tiefen nährstoffarmen Braunkohletagebaurestseen zu erweitern. Zu diesem Zweck wurde der Zustand der Fischbestände in den untersuchten Gewässern durch Befischungen erfasst und die bisherigen Hege- und Bewirtschaftungsmaßnahmen der Fischereiausübungsberechtigten ausgewertet.

Zur Einschätzung der Fischnährtiergrundlage wurden Zooplankton- und Benthosuntersuchungen durchgeführt bzw. Zooplanktonuntersuchungen der Landestalsperrenverwaltung aus den Jahren 1996 bis 1999 ausgewertet. Die Probenahme und Auswertung erfolgte nach den üblichen limnologischen Untersuchungsmethoden (Schwoerbel 1994, Schulze u.a. 1997).

Zur Erfassung und Bewertung der Fischbestände wurden beide Seen im Sommer und Herbst 1999 und 2000 befischt. Dabei kamen Multimaschenstellnetze und Maränenetze im Pelagial, Multimaschengrundstellnetze im tieferen Litoral und Sublitoral sowie Elektrobefischungen im

Gelege zur Anwendung. Die Angaben zur Beschaffenheit, dem Einsatzort und der Einsatzdauer der Fischereigeräte sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Im Speicherbecken Morka konnten die Netze aufgrund der starken Sauerstoffzehrung während der Herbstbefischung nur oberhalb 8 bis 9 m Wassertiefe gestellt werden.

Die Fänge mit Multimaschenstellnetzen und Elektrofischerei ermöglichen einen Überblick über die Fischarten- und Fischgrößenzusammensetzung in den verschiedenen Habitaten eines Sees. Die Fänge mit Maränennetzen, die in dieser Bauart auch durch die Berufsfischerei angewandt werden, sollen Aussagen zu den berufsfischereilichen Nutzungsmöglichkeiten der Bestände der Kleinen Maräne liefern.

Von den gefangenen Fischen wurde Art (Müller 1987), Länge und Masse bestimmt. Die Einheitsfänge (CPUE) sind als Fang-

masse / Netznacht und 100 m² Stellnetzfläche sowie Fangmasse / 100 m elektrisch befischter Uferlänge berechnet worden. Daneben wurde von einem Teil der Fische das Alter anhand der Jahresringe der Schuppen bestimmt. Zusätzlich sind Mageninhaltsuntersuchungen bei Maränen und Raubfischen durchgeführt worden. Zur Bewertung des Ernährungszustandes wurde für die häufigsten Fischarten die Bruttoenergie der Gesamtkörperbestandteile bestimmt (Schreckenbach u.a. 2001).

Der Stand der gegenwärtigen fischereilichen Bewirtschaftung beider Seen ist anhand der Besatz- und Fangstatistiken und weiterer Angaben der ansässigen Berufsfischereibetriebe eingeschätzt worden. Diese führen die Netzgehehaltung auf den Gewässern durch und haben gleichzeitig die fischereiliche Seenbewirtschaftung gepachtet.

Tabelle 2: Nutzung, Morphometrie und Wasserbeschaffenheit der untersuchten Seen (nach Angaben der Sächsischen Talsperrenverwaltung und ergänzenden Messungen der Autoren)

Bezeichnung	Speicherbecken Borna	Speicherbecken Morka
Lage	Landkreis Leipziger Land	Landkreis Kamenz
Nutzung	Bade- und Erholungssee, Hochwasserrückhaltebecken, Netzgehege, Seenfischerei+	Bade- und Erholungssee, Hochwasserrückhaltebecken, Netzgehege, Seenfischerei+
Flutungsjahr	1977 - 1978	1971 - 1973
Morphometrie und Hydrologie		
Fläche (ha)	256	222
max. Tiefe (m)	34	22
Durchschnittstiefe (m)	19,5	8,0
hypolimnischer Flächenanteil (%)	78	74
Tiefengradient	3,9	3,04
Uferentwicklung	1,3	2,37
Wasserverweilzeit (a), (Zulauf)	ca. 25 (Pleiße, sehr selten)	1,43 (Kleine Spree)
Trophie	(Mittel 1994 -2001)	(Mittel 1996 -1999)
Einstufung nach LAWA (1998)	Index 1,4; oligo-mesotroph	Index 2,0; mesotroph
GPO ₄ -P (µg/l)*	18	18
Chlorophyll a (µg/l)**	1,7	6,6
Sichttiefe (m)**	4,8	3,1
O ₂ - Konz. 5 m ü. G. (mg/l)***	7,5	0 (> 4mg/l über 8 m Tiefe)
Phytoplankton **:		
Zellenanzahl (Mio. Zellen/l)	3,16	13,2
Volumen (mm ³ /l)	0,43	0,93

+ einschließlich Angelfischerei

* Frühjahrsvollzirkulation

** während der Vegetationsperiode

*** Sauerstoffkonzentration 5 m über Grund am Ende der Stagnationsphase

Tabelle 3: Beschaffenheit, Einsatzort und Einsatzdauer der angewandten Fanggeräte

	pelagische Multi- maschenstellnetze	Multimaschen- grundstellnetze	Elektrofischerei	Maränennetze
befischter Seebereich	Pelagial	tieferes Litoral, Sublitoral	Gelege	Pelagial
	unteres Epilimnion, Metalimnion, oberes Hypolimnion*	B.: 5 - 17 m Tiefe, hintereinander M.: 3 - 13 m bzw. 8 m Tiefe*, einzeln	B.: 1999 Einleiter, 2000 Westseite, M.: Westseite der Hauptinsel	Pelagial, Metalimnion, oberes Hypolimnion*
Geräte- beschreibung**	3 Netze je 168 m x 3 m, 14 Maschen- weiten 6 - 75 mm	2 Netze je 46 m x 3 m, 14 Ma- schenweiten 6 - 75 mm	E-Fischfanggerät EFGI 5000 (Gleichstrom)	1 - 2 Netze je 200 m x 2,35 m, Ma- schenweite 23, 24, 26 und 28 mm
Einsatzdauer**	4 x ca. 6 h tags, ca. 15 h nachts	4 x ca. 6 h tags, ca. 15 h nachts	jeweils im Herbst	4 x ca. 6 h tags, ca. 15 h nachts
Fischereiauf- wand CE	B.: 19,5 NN*** M.: 19,25 NN	B.: 13 NN*** M.: 10,5 NN	B.: 841 m Ufer M.: 800 m Ufer	B.: 13 NN*** M.: 9,5 NN

B. – Borna

M. – Mortka

* im Hypolimnion im Herbst in Mortka nicht gestellt (sauerstofffrei)

** notwendige operative Abweichungen von der geplanten Einsatzdauer und der Geräteanzahl sind im Fischereiaufwand berücksichtigt

*** Netzächte bezogen auf ein Netz und 12 Stunden / Netznacht

4 Ernährung- und Habitatgrundlage für Fische

Das Speicherbecken Borna weist einen ausgeprägten Unterwasserpflanzengürtel auf. Armleuchteralgen (*Chara sp.*) wurden bis in 13 m Tiefe nachgewiesen. Nach einer zwischenzeitlichen Wasserstandsabsenkung war 2000 wieder ein nahezu durchgängiger Überwasserpflanzenbestand vorhanden.

Das Zooplanktonaufkommen von 64 bis 84 Stück/l bzw. 0,5 mm³/l liegt im mittleren Bereich der bisher in Braunkohletagbaurestseen ermittelten Werte (Rümmler u. Schiewe 1998, 2000a, b, c). Es dominierten die Copepoden *Eudiaptomus gracilis* und *Cyclops strenuus* sowie die kleine Cladocere *Bosmina longirostris*, die alle wichtige Nährtiere für planktivore Fische, wie zum Beispiel die Kleine Maräne, darstellen.

Auf der Basis von 10 Bodenproben aus 5 bis 14 m Tiefe wurde eine mittlere Bodentieranzahl von 1876 Stück/m² im Epilimnion und 4173 Stück/m² im Hypolimnion sowie eine mittlere Trockenmasse von 5 g/m² bestimmt. Dieses Bodentieraufkommen ist im Vergleich zu anderen Braunkohletagebaurestseen (Rümmler u. Schiewe 1999, 2000a, b, c, Rümmler 2001) sowie Baggerseen (DGL 1991) als gut einzu-

stufen. Es dominierten Schlammröhrenwürmer (*Tubificidae*), Zuckmückenlarven (*Chironomidae*) der Gattung *Tanytarsus sp.* sowie die Gemeine Federkiemenschnecke oder Plötzschnecke (*Valvata piscinalis*).

Die Chironomiden der Gattung *Tanytarsus sp.* sind charakteristisch für oligotrophe und mesotrophe Gewässer, die auch Maränen gute Lebensbedingungen bieten (Bauch 1956). Insgesamt stellt die Bodentierfauna des Speicherbeckens Borna eine gute Nahrungsgrundlage für sich ausschließlich oder fakultativ benthivor ernährnde Fischarten wie Große Maräne, Plötze, Schleie, Karpfen und Blei dar.

Im Speicherbecken Mortka ist der Gewässergrund nur teilweise mit Unterwasserpflanzen bewachsen. Der Gelegegürtel ist nahezu geschlossen.

Mit einer mittleren Zooplanktondichte von 195 bzw. 522 Stück/l und 0,7 mm³/l kann der See für diesen Gewässertyp als zooplanktonreich eingestuft werden. Die Zusammensetzung der als Fischnährtiere bedeutungsvollen Cladoceren und Copepoden ähnelt der im Speicherbecken Borna. Unter den Cladoceren tritt neben einem hohen Aufkommen an *Bosmina longirostris* verstärkt *Daphnia longispina* auf.

Anhand von 11 Proben aus 1 bis 10 m Tiefe wurde ein Bodentieraufkommen von durchschnittlich 852 Stück/m² mit einer Trockenmasse 0,3 g/m² ermittelt. Diese Werte liegen im unteren Bereich der aus anderen Braunkohletagebaurestseen sowie Baggerseen bekannten Bodentierbesiedelung. Allerdings wurde das massenhafte Aufkommen der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) in einer Probe nicht berücksichtigt. Es dominierten Chironomiden und Tubificiden. Neben *Tanytarsus sp.* war unter den Chironomiden bereits häufiger *Chironomus plumosus sp.* vertreten. Parallel zu den Sauerstoffverhältnissen und den übrigen trophischen Kriterien kennzeichnen diese Verhältnisse die höhere Trophie gegenüber dem Speicherbecken Borna. Neben der Dreikantmuschel waren auch weitere Schnecken- und Muschelarten vertreten.

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen weist insbesondere das Pelagial eine gute Nahrungsbasis für planktivore Fische auf.

5 Fischfaunistische und fischereiliche Klassifizierung der Seen

Die Erarbeitung von fischfaunistischen und fischereilichen Leitbildern der Braunkohletagebaurestseen, die eine wichtige Grundlage für alle Besatz- und Bewirtschaftungsmaßnahmen darstellen, steht noch am Anfang. Als grundlegender Orientierungsmaßstab können die fischereilichen Seenklassifizierungen der norddeutschen Seen (Bauch 1955, 1966, Müller 1966) herangezogen werden, da die Braunkohletagebaurestseen zum großen Teil vergleichbare oder ähnliche Merkmale besitzen und im Wesentlichen auch denselben Entwicklungsbedingungen unterworfen sind. Besonderheiten der Bergbaurestseen sind insbesondere die Grundwasserdurchströmung und das geringe Alter der Gewässer. Letzteres ist durch niedrige Nährstoffkonzentrationen und die erst beginnende biologische Entwicklung gekennzeichnet. Erste fischereiliche Besonderheiten von Braunkohletagebaurestseen wurden ebenfalls festgestellt (Rümmler und Schiewe (1999).

Praktisch nutzbare Leitbilder können nur für einen relativ stabilen, natürlichen Bedingungen weitgehend angenäherten Gewässerzustand aufgestellt werden. Dieses sogenannte Klimax dürfte in beiden untersuchten Seen annähernd erreicht sein.

Nach der zu bevorzugenden Seenklassifizierung von Bauch (1955, 1966) (Barthelmes 1993) können Morphometrie, Schichtung, Trophie und Bodenbesiedelung des Speicherbe-

ckens Borna mit dem Maränensee I verglichen werden. Aufgrund der größeren fischereilichen Bedeutung des tiefen Rinnenbeckens im Speicherbecken Mortka kann dieser See nach denselben Parametern dem Maränensee III zugeordnet werden.

Die Leitfischart dieser Seen ist die Kleine Maräne (*Coregonus albula*). Als kaltstenotherme, zooplanktivore und ausschließlich pelagisch lebende Fischart ist sie den Bedingungen nährstoffarmer und sauerstoffreicher Seen am besten angepasst. Die Kleine Maräne ist eine berufsfischereilich bewirtschaftete Edelfischart, die im Verkauf als Räucherware gute Preise erzielt. Sie kann die Grundlage für die Nutzung dieser Seen durch die Berufsfischerei bilden. In natürlichen Seen mit hohen Sauerstoffkonzentrationen bis zum Grund kommen gelegentlich auch Großmaränen (*Coregonus lavaretus*) vor. Die Großmaräne der norddeutschen Seen ist in der Lage, ein breites Nahrungsspektrum zu nutzen, das neben der überwiegenden Aufnahme von Bodentieren des Tiefenwassers auch eine räuberische (Binnenstinte) und zooplanktivore Lebensweise einschließt (Barthelmes 1981, Steffens 1981, Dauster 1995). In den großen Alpen- und Voralpenseen ernähren sich diese hier als Schwebrenken oder Felchen bezeichneten Fische ausschließlich oder überwiegend von Zooplankton (Mayr 2000, Lampert 1971).

In norddeutschen Seen dieses Typs kommen weiterhin im größeren bis mäßigen Umfang Plötze (*Rutilus rutilus*), Hecht (*Esox lucius*), Blei (*Abramis brama*), Schleie (*Tinca tinca*), Aal (*Anguilla anguilla*), Barsch (*Perca fluviatilis*) und Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) vor. Daneben können verschiedene Kleinfischarten (Ukelei, Gründling, Steinbeißer, u. U. Bitterling) auftreten. Die wichtigsten Raubfische sind große Barsche. Im Freiwasser kommen unter mesotrophen Bedingungen gelegentlich auch Zander (*Sander lucioperca*) vor.

Der Maränensee III stellt gegenüber dem Maränensee I den weniger tiefen, etwas nährstoffreicheren Typ mit deutlichem Sauerstoffschwund in der Tiefe dar. Fischereilich sind diese Unterschiede neben der Erhöhung des Fischbestandes insgesamt (Bauch 1954, Barthelmes 1987) mit einer verbesserten Stückmasse und meist auch Ertragslage der Kleinen Maräne, einem weiterhin hohen Barschbestand und einem ansteigenden Cyprinidenaufkommen verbunden. Daneben kommt es zum schrittweisen Verschwinden der Großmaräne zugunsten steigender Aal- und Bleibestände (Bauch 1966, Barthelmes 2000).

6 Einwanderungsmöglichkeiten für Fische und erfolgte Besatzmaßnahmen

Beide Seen besitzen eine zeitweise oder ständige Verbindung mit der fließenden Welle, über die ein Großteil der Fischarten des Leitbildes einwandern konnte bzw. kann.

Für Maränen und Aal bestehen aber Einwanderungsbarrieren, die nur durch gezielten Besatz überwunden werden können. Die Maränen haben in diesen Gewässern gute Reproduktionsmöglichkeiten. Die fehlende oder nur dünne Feindetritusschicht im Sublitoral gewährleistet hohe Sauerstoffkonzentrationen an der Sedimentoberfläche und ermöglicht die Entwicklung der hier während der Homothermie abgelegten Eier (Bauch 1966, Müller 1959b, Barthelmes 1981, Müller 1987).

Es werden daher nur Initialbesatzmaßnahmen notwendig sein (Rümmler u. Schiewe 1999). Aalbesatz ist aufgrund des fehlenden oder äußerst geringen Aufstiegs bis in die Gebiete der Braunkohletagebaurestseen kontinuierlich erforderlich.

In beiden Gewässern wurde die Leitfischart Kleine Maräne durch ein- bzw. dreimaligen Besatz (Borna 1997 17,6 Tsd. Stück Mo*/ha, Mortka 1986, 1988, 1996 je 4,5 Tsd. Stück Mo/ha) eingebürgert. Daneben sind umfangreiche Besatzmaßnahmen mit Schwebreusen aus dem Bodenseegebiet (*Coregonus lavaretus* sp.) vorgenommen worden (Borna 1994 bis 1998, 2000, 3,9 Tsd. GMo*/ha bzw. je 2,9 Tsd. GMa*/ha, Mortka 1992 bis 1996 je 2,3 Tsd. Stück GMa/ha). Aalbestände sind durch Besatz in Borna oder Zuwanderung aus dem besetzten Speicherbecken Friedersdorf in Mortka ebenfalls vorhanden.

Daneben wurden in beiden Seen Besatzmaßnahmen mit weiteren Arten durchgeführt, um den natürlichen Bestandsaufbau insbesondere wichtiger Wirtschaftsfische zu unterstützen. Im Speicherbecken Mortka sind Hecht und Schleie sowie Zander besetzt worden. In Borna hat sich ein Zanderbestand ohne dokumentierte Besatzmaßnahmen etabliert. Plötze, Blei, Rotfeder, Barsch und weitere Arten werden in Mortka durch den ständigen Zufluss aus der Kleinen Spree eingeführt. Angesichts der seltenen Pleißewasserüberleitung in Borna ist das Fischartenspektrum in diesem See durch Besatz mit Wildfischen aus Teichwirtschaften nachträglich gestützt worden.

Insgesamt wurden in beiden Seen alle Arten des Leitbildes durch Wasserzufluss aus der

fließenden Welle oder Besatz eingeführt. Die Besatzzahlen liegen im Bereich der empfohlenen Werte für natürliche Gewässer (Rümmler u. Schiewe 1999).

Im Rahmen des anfänglich verfolgten fischfaunistischen und fischereilichen Leitbildes der tiefen, großen und nährstoffarmen Alpen- und Voralpenseen erfolgte neben der Einbürgerung von Großmaränen auch ein Besatz mit See- bzw. Bachforelle (*Salmo trutta*) in Mortka (1995 bis 1996) sowie Elsässer Saibling (*Salvelinus fontinalis* * *Salvelinus alpinus*) in Borna (1995 bis 1999).

Daneben wurden bzw. werden Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) und Karpfen (*Cyprinus cyprinus*) zur Hebung der anglerischen Attraktivität der Gewässer in geringem Umfang besetzt. Zusätzlich gelangen immer wieder z.T. größere Stückzahlen an Forellen und Karpfen in Borna sowie Karpfen in Mortka durch Vandalismus aus den Netzgehegeanlagen in die Seen. In Mortka spielt daneben auch das Eindringen des Fischotters in die Netzgehege eine bedeutende Rolle.

7 Gegenwärtige fischereiliche Bewirtschaftung der Seen und fischereiliche Ertragswartung

Beide Seen werden durch die ansässigen Berufsfischereibetriebe mit Reusen und Stellnetzen bewirtschaftet. Die Fänge setzen sich vor allem aus Hecht, Aal, Zander, Barsch und Karpfen zusammen. Die mittleren Erträge der Jahre 1999 bis 2000 sind mit insgesamt 4,4 kg/ha*a in Borna und 2,8 kg/ha*a in Mortka sehr gering (Tabelle 4). Das Aufkommen an gut vermarktbareren „Wertfischarten“ (Aal, Zander, Hecht mit Einschränkungen) von nur ca. 1 kg/ha*a mit einem dominierenden Hechtanteil unterstreicht dies. Die niedrigen Einheitsfänge (Zander: 0,07 kg/Stellnetzfleet*d in Borna bzw. 0,13 kg/Stellnetzfleet*d in Mortka, Aal: 0,03 kg/Reuse*d in Mortka) und weitere Einschränkungen der Fischereiausübung ermöglichen auf beiden Seen keine nennenswerte Steigerung der Erträge dieser Fischarten. Neben der niedrigen Fischereieffektivität begrenzen die geringe Ausdehnung der Flachwasserbereiche sowie die Gefahr der Zerstörung und des Diebstahls der Stellnetze und Reusen die Anzahl und die Einsatzdauer der Fanggeräte. Vergleichsdaten der Einheitsfänge von Aal und Zander aus dem Havelgebiet weisen ca. 10fach höhere Werte aus (Rümmler u.a. 2001).

Die Angelfischerei hat an beiden Seen eine nicht unwesentliche Bedeutung. Die Fang-

nachweise der Angler in Mortka ergaben einen hohen Ertrag von 7,6 kg/ha*a. Davon sind 5,1 kg/ha*a Karpfen, die u.a. auf bedeutende Abgänge aus der Netzkäfiganlage im Jahr 1999 infolge von Otterschäden zurückzuführen sind. Die Erträge entsprechen insgesamt 25 kg/Jahreskarte und 8,5 kg/Jahreskarte ohne Karpfen. Wird ein geringerer „normaler“ Karpfenanteil zugrunde gelegt (z. B. 13 kg/Jahreskarte im Jahr 2000), so liegen die Angaben in der Nähe der Werte von Jens (1980) mit 20 kg/Jahreskarte bzw. Lederer (1997) mit 17 kg/Angler*Jahr. Für das Speicherbecken Borna wurden die Erträge der Angelfischerei anhand der überschlägig erfassten Anglertage und einer festgelegten Karteneinheit von 0,5 kg bzw. 20 kg/Jahreskarte (s.o.) mit 3,2 kg/ha*a abgeschätzt. Die Nutzungsintensität der Seen durch die Angelfischerei ist mit 0,25 bzw. ,31 Jahreskarten/ha gegenüber Erhebungen aus Nordostdeutschland, die 0,44 Jahreskarten/ha ausweisen (Hiller u.a. 1998), relativ gering. Ursachen dürften die begrenzten Erträge und die Morphometrie der Gewässer sein.

Unter Einbeziehung der erhobenen bzw. abgeschätzten Anglererträge ergibt sich gegenwärtig ein Gesamtertrag von 7,6 kg/ha*a in Borna und 10,5 kg/ha*a in Mortka. Diese niedrige Ertragslage hat zur Folge, dass die Seenfischerei gegenüber der Fischproduktion in Netzgehegen gegenwärtig noch eine untergeordnete Bedeutung für die ansässigen Fischereibetriebe hat (Rümmler u.a. 2003).

Für beide Seen ist eine Abschätzung der fischereilichen Ertragserwartung auf der Grundlage der P-PP-Fisch-Methode (Knösche u. Barthelmes 1998), die für die glazial entstandenen norddeutschen Seen erarbeitet wurde, vorgenommen worden. Dabei handelt es sich um eine Korrelation der Primärproduktion zum Fischertrag. Zur Berücksichtigung der gegenwärtigen landesüblichen Fischereiausübung, die in erster Linie auf wenige vermarktungsfähige „Wertfischer“ ausgerichtet ist, wurde der errechnete Wert auf 75 % reduziert (Brämick 1998). Es ergibt sich ein Ertragserwartungswert von jeweils 19,7 +/- 9,9 kg/ha*a (Tabelle 4). Die weitere Differenzierung der Ertragserwartung erfolgte nach Erfahrungen aus ähnlichen natürlichen Gewässern. Für die Kleine Maräne wurde zusätzlich der hypolimnische Flächenanteil berücksichtigt (Knösche u. Barthelmes 1998).

Angesichts der gegenwärtigen Erträge erscheint eine nachhaltig erzielbare fischereiliche Ertragslage im unteren Konfidenzintervall der

berechneten Werte wahrscheinlich. Auch die gegebenenfalls hinzukommenden Maränenenerträge werden diese Tendenz nicht grundlegend verändern. Der anfänglich „oligotrophe“ Zustand der Braunkohletagebaurestseen gegenüber natürlichen Seen vergleichbarer Morphometrie und zum Teil auch vergleichbarer Nährstoffgehalte könnte damit zusammenhängen (Klapper 1995, 1998, Rümmler 2001). Letztere Verhältnisse liegen augenscheinlich in Borna vor (s. 8.1) und führen durch das angewandte Verfahren zu einer Überschätzung der Ertragserwartung. Daneben sind in diesen überwiegend steilscharigen Seen Differenzen zwischen den potenziellen Ertragsmöglichkeiten und den praktisch nachhaltig erzielbaren fischereilichen Erträgen durch die Begrenzung der einsetzbaren fischereilichen Mittel zu erwarten. Die Reusenfischerei als das Hauptfanggerät auf natürlichen Seen hat in diesen Gewässern meist nur geringe Bedeutung. Die Fischereiausübung ist im Wesentlichen auf die Stellnetzfischerei beschränkt.

In Übereinstimmung mit dem Leitbild und dem Ergebnis der Abschätzung der fischereilichen Ertragserwartung werden Steigerungen der berufsfischereilichen Erträge in beiden Gewässern in erster Linie durch die Bewirtschaftung der Maränenbestände möglich sein.

In beiden Seen wurden die Bestände der Kleinen Maräne noch nicht zielgerichtet bewirtschaftet. Die Befischungsintensität im Speicherbecken Mortka hat gegenwärtig noch „Probefischungscharakter“ (Tabelle 4). Die bisherigen Großmaränenfänge im Speicherbecken Borna sind mit 0,6 kg/ha gering. Der Einheitsfang dieser Grundstellnetzfischerei von 0,2 bis 0,4 kg/Fleet*d ist für eine praktische Bewirtschaftung noch nicht vertretbar (Tabelle 5).

Erste betriebswirtschaftliche Abschätzungen haben gezeigt, dass die berufsfischereiliche Seenbewirtschaftung allein in den meisten Fällen ökonomisch nicht tragfähig sein wird (Rümmler u. Schiewe 1999, Rümmler u.a. 2003). Dieselben Verhältnisse liegen auf natürlichen Gewässern vor. Die Betriebe können nur durch die zusätzliche Verarbeitung und Vermarktung der selbst gefangenen sowie zugekaufter Fische rentabel wirtschaften. Der mehrere Jahre dauernde Fischbestandsaufbau stellt ein weiteres Problem dar. Am vorteilhaftesten ist die Anpachtung von Braunkohletagebaurestseen durch Fischereibetriebe, die bereits über gewinnbringende Geschäftsfelder, wie z. B. Teichwirtschaften und Forellenanlagen verfügen, und die Seenbewirtschaftung langsam aus eigener Kraft entwickeln können.

Tabelle 4: Mittlere Erträge der Berufs- und Angelfischerei der Jahre 1999 und 2000 und abgeschätzte Ertragserwartung (in kg/ha*a)

		Speicherbecken Borna	Speicherbecken Mortka	
Erträge 1999 - 2000:				
Erträge Berufsfischerei 1999 - 2000		4,4	2,8	
davon	Maränen	0,55*	0,18**	
	Hecht	0,8	0,6	
	Aal u. Zander	0,22	0,18	
	Barsch	0,13	0,14	
	Karpfen	2,3	1,0	
Erträge Angelfischerei		3,2	7,7	
Erträge gesamt		7,6	10,5	
Abschätzung Ertragserwartung:				
Gesamtfischertrag n. BULON und VINBERG (1981)***		26,3 ± 13,2	26,3 ± 13,2	
Gesamtfischertrag landesübliche Fischereiausübung		19,7 ± 9,9	19,7 ± 9,9	
davon	Raubfischertrag	5,9 ± 3,0	5,9 ± 3,0	
	davon:	Hecht	3,9	3,9
		Aal, Zander, Barsch	2,0	2,0
	Maränen	5,2 ± 2,6	5,2 ± 2,6	
	Übrige (Schlei, Karpfen, Angelfischerei)	8,6	8,6	

* Großmaräne in Borna, Einzel Exemplare in Mortka

** Kleine Maräne in Mortka

*** s. Knösche u. Barthelmes 1998

Tabelle 5: Berufsfischereiliche Großmaränenfänge im Speicherbecken Borna (5 Stellnetzfleets 60 m * 3 m, MW 40 mm)

	1999	2000
Gesamtmasse (kg)	209	75
Ertrag (kg/ha)	0,82	0,3
mittlere Stückmasse (g)	538	517
Einheitsfang (kg/Fleet*d)	0,36	0,17

8 Ergebnisse der Fischbestandserhebungen

Die Einheitsfänge (Tabelle 6) unterliegen zum Teil recht großen Schwankungen, die die Grenzen der exakten Erfassung von Fischbeständen trotz erheblichen Aufwandes verdeutlichen (Barthelmes u. Doering 1996). Die Befischungsergebnisse der einzelnen Fangverfahren wurden als gewogenes Mittel der Einheits-

fänge aller vier bzw. zwei Befischungstermine zusammengefasst (Tabelle 6). In Tabelle 7 ist der prozentuale Masseanteil der einzelnen Fischarten an den mittleren Einheitsfängen dargestellt.

Insgesamt wurden in Borna 984 Fische mit einer Gesamtmasse von 77,06 kg und in Mortka 4481 Fische mit einer Gesamtmasse von 496,06 kg gefangen.

Tabelle 6: Einheitsfänge der einzelnen Fangverfahren und der verschiedenen Befischungstermine (Netzfangeräte in kg/100 m² * Nacht, Elektrofischerei in kg/100 m Uferlänge, PMN – pelagische Multimaschenstellnetze, MGN – Multimaschengrundstellnetze, EF – Elektrofischerei, MN - Maränennetze

Borna	26. - 27.7.99	5. - 6.10.99	31.7. - 1.8.00	10. - 12.10.00	Mittel*
PMN	1,04	0,43	0,41	0,05**	0,58
MGN	5,72	11,15	2,57	0,35**	5,30
EF		0,40		0,18**	0,27
MN	0,34	0,37	0,17	0,27**	0,29
Mortka	21. - 23.7.99	29. - 30.9.99	17. - 18.7.00	25. -26.10.00	Mittel*
PMN	2,88	2,93	2,43	2,72	2,74
MGN	4,23	19,42	16,00	9,53	11,37
EF		0,64		0,41	0,53
MN	12,52	15,64	7,68	3,73	11,16

* gewogen (Anzahl und Stellzeit der Netze bzw. elektrisch befischte Uferlänge)

** Sturm

Tabelle 7: Prozentualer Masseanteil der einzelnen Fischarten am mittleren Einheitsfang (PMN – pelagische Multimaschenstellnetze, MGN – Multimaschengrundstellnetze, EF – Elektrofischerei, MN – Maränennetze)

Borna	PMN	MGN	EF	MN
Kleine Maräne	15,7	0,3		33,1
Großmaräne	4,2	0,7		34,1
Barsch	56,0	40,6	10,9	30,1
Plötze	0,03	23,5	5,1	
Hecht	1,7	4,3	36,9	
Blei	0,7	16,1		
Aal			16,5	
Zander	5,7			
Schleie		0,01		
Rotfeder		3,4	30,6	
Güster		2,2		
Kaulbarsch		0,5		
Karpfen	13,0*	8,3*		
Regenbogenforelle	3,2	0,2		2,7
Gesamt	100	100	100	100
Mortka	PMN	MGN	EF	MN
Kleine Maräne	44,0	1,4		51,8
Großmaräne	1,5			0,4
Barsch	19,6	21,6	27,0	26,0
Plötze	11,8	48,2	6,3	16,8
Hecht			66,5	4,0
Blei	0,1	10,7		0,3
Zander	16,5			0,9
Güster		0,3		
Kaulbarsch		0,1	0,2	
Karpfen	4,9*	17,2**		
Stör	1,6	0,6		
Gesamt	100	100	100	100

* schweres Einzelexemplar

** 3 schwere Tiere

8.1 Speicherbecken Borna

Im Speicherbecken Borna sind insgesamt 14 Fischarten nachgewiesen worden. Für größere natürlich entstandene Seen des norddeutschen Gebietes (>130 ha) wurde durch die Auswertung der berufsfischereilichen Statistik von über 130 Seen (Anwand 1993) sowie durch Befischungen in 16 Seen (Eckmann 1995) eine mittlere Fischartenanzahl von 7 bis 8 bzw. 13 bis 14 ermittelt.

In den Fängen der pelagischen Multimaschenstellnetze war das Aufkommen an Barschen mit einem Masseanteil von 56 % dominierend. Die Kleine Maräne wies bereits einen Masseanteil von 16 % auf und bestimmte mit ca. 80 % die Stückzahlzusammensetzung des Fischbestandes im Freiwasser. Die Große Maräne spielte mit nur 4 % Masseanteil und 2 % Stückzahlanteil eine untergeordnete Rolle. Die Raubfischbestände des Freiwassers setzten sich neben den dominierenden großen Barschen (70 %**) aus geringen Anteilen Zander, Regenbogenforelle und Hecht zusammen, die sich wahrscheinlich auf die Kleine Maräne als Beutefisch eingestellt haben. Von den 10 untersuchten Raubfischen hatten drei im Pelagial gefangene Barsche im Längenbereich von 29 bis 32 cm bestimmbare Mageninhalte. In zwei Fällen war eine Kleine Maräne und in einem Fall ein Barsch gefressen worden.

Die Fänge der Multimaschengrundstellnetze im tieferen Litoral und Sublitoral setzten sich ebenfalls aus einem dominierenden Barschanteil (41 %) sowie einem hohen Cyprinidenanteil (54 %) zusammen. Neben den bestimmenden

Arten Plötze (24 %) und Blei (16 %) kamen Rotfeder und Güster sowie Spiegelkarpfen und Schleie in Einzelexemplaren vor. Der Raubfischbestand setzte sich in dieser Gewässerzone neben großen Barschen (93 %) aus Hecht und Regenbogenforelle mit geringen Masseanteilen zusammen. Von den Coregonen traten jeweils zwei Exemplare in diesen Fängen auf.

In der Gelegezone wurden fünf Arten, die für dieses Habitat charakteristisch sind, nachgewiesen. Neben geringen Masseanteilen an kleinen Barschen sowie Plötze und Rotfeder im Beutefischstadium dominierten Hecht und Aal. Als „raubfischfeste“ Friedfische wurden nur Rotfedern gefangen.

Die Fänge der Maränennetze setzten sich zu jeweils einem Drittel aus Barsch, Kleiner Maräne und Großmaräne zusammen. Die Einheitsfänge der Maränennetze sind infolge des selektiven Fangs noch sehr viel geringer als die der pelagischen Multimaschenstellnetze.

Alle Fischarten des Speicherbeckens Borna, die in größeren Masseanteilen vorkommen und von denen Bruttoenergiewerte bestimmt wurden, wiesen im Vergleich zu Mittelwerten aus norddeutschen Seen und bisher untersuchten Braunkohletagebaurestseen eine gute Kondition auf, die auf dementsprechende Ernährungsbedingungen schließen lässt (Tabelle 8). Lediglich Hecht und Kleine Maräne haben eine durchschnittliche, zu schlechteren Werten tendierende Bruttoenergie. Neben der niedrigen Trophie könnte für den Hecht zusätzlich noch das weitgehende Fehlen der Gelegezone während der Wasserstandsabsenkung 1997 bis 1999 von Bedeutung gewesen sein.

Tabelle 8: Mittlere Bruttoenergiewerte verschiedener Fischarten aus den Speicherbecken Borna und Morka und anderen Braunkohletagebaurestseen sowie norddeutschen Seen

Fischart	Helene-see	Senftenberger See	Kulkwitzer See	Werbener See	Mittel norddeutscher Seen ¹	Speicher Borna	Speicher Morka
Kleine Maräne	6,4*	7,5*			7,0 (± 1,0)**	6,5*	7,4*
Großmaräne						5,7***	6,7
Barsch	6,7	7,1	5,2	5,8	4,8 (± 0,35)	7,0	7,1
Hecht	5,1	4,9	4,5	4,9	5,0 (± 0,4)	4,7	5,4
Zander		5,9		5,1	5,4 (± 0,7)	7,3	6,7
Blei	7,4	5,7	9,1	6,6	5,2 (± 1,0)	7,4	7,4
Karpfen		8,2	4,9		7 (± 1,8)**		8,8
Plötze	6,1	5,9	5,8	6,5	5,1 (± 0,3)	6,8	7,6
Aal		8,2	4,7	15,1	11,5 (± 2,4)	10,9	
Rotfeder					4,9 (± 0,2)	7,4	
Regenbogenforelle		6,2			8,8 (± 1,0) [†]	8,0	

* ab 2+-Fische, ** Werte nur eines Gewässers

*** ab 3+, [†] unter Produktionsbedingungen

** aus Teichen und Seen, ¹ Schreckenbach u.a. 2001

Grundsätzlich stimmen das Fischartenspektrum und die Dominanzverhältnisse mit dem fischfaunistischen und fischereilichen Leitbild des Gewässers überein. Abweichungen stellen der gegenwärtig noch geringe Masseanteil der Kleinen Maräne im Pelagial sowie das hohe Barschaufkommen dar.

Für die Kleine Maräne ist der Bestandsaufbau noch nicht abgeschlossen. Hohe Barschanteile, insbesondere als große Raubbarsche, sind ebenso typisch für mesotrophe Gewässer wie das Coregonenaufkommen (Barthelmes 2000, Persson u.a. 1991, Hartmann 1977). Dieser Sachverhalt ist in den fischereilichen Klassifikationen des norddeutschen Raumes nicht berücksichtigt oder nicht festgestellt worden. Nach den ersten vorliegenden Erkenntnissen bilden sich im Freiwasser der großen, tiefen und nährstoffarmen Braunkohletagebaurestseen aber hohe oder dominierende Barschbestände aus (Rümmler u. Schiewe 1999).

Das Altersspektrum der gefangenen Hechte lässt auf eine gute Reproduktion und eine ausgeglichene Alterspyramide schließen. Daneben bestätigen auch die berufsfischereilichen Erträge die Einstufung des Hechtes als eine wichtige Art des Leitbildes dieser Gewässer.

Als Übereinstimmung mit der Fischartenzusammensetzung der natürlich entstandenen Maränenseen ist ebenfalls das reichliche Vorkommen an Plötze und gut genährten großen Bleien im tieferen Litoral und Sublitoral zu werten. Die Schleie hatte in den berufsfischereilichen Fängen (0,06 kg/ha) und den Fischbestandserhebungen nur ein sehr geringes Aufkommen, obwohl Besatzmaßnahmen erfolgt sind und ein guter Schneckenbestand sowie epilimnische Unterwasserpflanzenbestände vorhanden sind. Mögliche Einflüsse, wie die Steilscharigkeit und Trophie des Gewässers, das Auftreten des Kiemenparasiten *Ergasilus*, das zeitweise Fehlen des Geleges und der mögliche Konkurrenzdruck großer Bleie und Karpfen, konnten in diesem Zusammenhang nicht genauer untersucht werden.

Die geringen Fänge an Großmaränen verdeutlichen den Charakter dieser Fischart als ergänzende Leitart gegenüber der Kleinen Maräne. Das Aufkommen an großen Bleien (7+*** und älter) sowie deren hoher Bruttoenergiewert könnten auf eine Konkurrenz um die Bodentiernahrung des Sublitorals und Profundals hinweisen.

Das geringe Großmaränenaufkommen, die Nahrungswahl dieser Tiere (s.u.) und der man-

gelnde Wiederfang der besetzten Saiblinge lassen erkennen, dass die Gewässerbedingungen und die sich ausbildende Fischartenzusammensetzung sehr viel mehr dem norddeutschen „Kleinmaränensee“ entsprechen als den Alpen- und Voralpenseen.

Alle Arten des fischereilichen Leitbildes sind eingebürgert worden und haben in unterschiedlichem Umfang Bestände ausgebildet. Weitere Besatzmaßnahmen zum Aufbau des gewässertypischen Fischbestandes erscheinen mit Ausnahme des Aals nicht notwendig.

Die Einheitsfänge im Pelagial sind mit 7,5 Fischen und 0,58 kg Fischmasse/100 m² Netzfläche und Nacht bedeutend geringer als die im tieferen Litoral und Sublitoral. Hier wurden 60 Fische und 5,3 kg/100 m² * Nacht gefangen. Die Einheitsfänge der Elektrofischerei von 7,3 Fischen und 0,27 kg/100 m Uferlinie sind ebenfalls niedrig und können den Bedingungen des gerade erst wieder entstandenen Geleges zugeordnet werden. Repräsentativer sind wahrscheinlich die vor der Wasserstandsabsenkung zur Auslaufsanierung ermittelten Ergebnisse von 1,65 kg/100 m (Rümmler u. Schiewe 1999).

Der Vergleich der Einheitsfänge zeigt die hohe fischereiliche Produktivität des tieferen Litorals und Sublitorals gegenüber dem Pelagial und dem Gelege in tiefen, nährstoffarmen Seen. Die gute Transparenz und die hohen hypolimnischen Sauerstoffkonzentrationen ermöglichen eine Ausdehnung des Unterwasserpflanzengürtels und die Besiedelung des Gewässergrundes bis in große Tiefen. Insbesondere die Kleintierbestände des Bodens und des Aufwuchses der Unterwasserpflanzen stellen eine gut entwickelte Nahrungsgrundlage für Fische dar.

Die bisher eingesetzten Fanggeräte der Berufsfischerei, Reusen und Grundstellnetze werden in diesem Gewässerbereich wirksam. Insbesondere werden die Erträge an Hecht und Zander sowie Teile des Barsch- und Karpfenaufkommens durch Stellnetzerei gefangen. Das Bodentieraufkommen sowie die hohe Bruttoenergie des untersuchten Aals zeigen die Bewirtschaftungsmöglichkeiten des Gewässers mit dieser Fischart auf begrenztem Niveau.

Infolge der Steilscharigkeit dieses Seetyps und des dadurch dominierenden Flächenanteils des Freiwassers ist die Nutzung der pelagischen Fischbestände, d.h. der Kleinen Maräne, trotz der geringeren pelagischen Einheitsfänge für den fischereilichen Ertrag von wesentlicher Bedeutung.

Die Kleine Maräne des Erstbesatzes aus dem Jahr 1997 hatte bereits als 1+-Fisch abgelaicht. Ab 1999 ist ein überwiegend gutes Aufkommen von 0+-Fischen festgestellt worden, so dass die eigene Reproduktion dieser Fischart auf der Basis von nur einer Besatzmaßnahme als nachgewiesen gelten kann (Tabelle 9).

Die mittlere Masse der bis zum Jahr 2001 gefangenen 1+- und 2+-Fische kann mit Ausnahme der Einjährigen 2001 im Vergleich zu anderen Braunkohletagebaurestseen und natürlichen Maränenseen als sehr hoch eingestuft werden (Abbildung 2) (Bauch 1966, Szczerbowski 1981, Waterstraat 1990, Anwand 1996, Rümmler u. Schiewe 1999). Der vollständige Aufbau der Alterspyramide der Kleinen Maräne war 2001 abgeschlossen.

Auffällig ist, dass die guten Fangstückzahlen älterer Fische der Besatzkohorte bei deren ersten Nachkommen (1+ im Jahr 2000, 2+ 2001) nicht mehr auftraten. Gleichzeitig ist im Jahr 2000 eine Verringerung der Bruttoenergie bis auf Werte unter 4,0 MJ/kg erfolgt, die als Konditionsmangel mit negativen physiologischen Auswirkungen eingestuft werden müssen (Schreckenbach u.a. 2001). Die Fänge des Jahres 2001 (unveröffentlichte Daten IfB) zeigten dagegen eine sehr niedrige durchschnittliche Stückmasse der 1+-Fische von 18 g bei gleichzeitig hoher Stückzahl (Abbildung 3, Tabelle 9). Die Schwankungen der Individuenanzahl und des Ernährungszustandes der einzel-

nen Kohorten sind neben dem Bestandsaufbau wahrscheinlich auch die Folge einer geringen und unterschiedlichen Nahrungsgrundlage, der guten Reproduktion und der Konkurrenz der einzelnen Altersstufen untereinander.

Nach LAWA (1998) entspricht die Chlorophyll a-Konzentration in Borna Phosphorwerten der Frühjahrsvollzirkulation von lediglich 5 µg/l. Phosphorwerte von 10 µg/l gelten als Grenze, bei deren nachhaltiger Unterschreitung mit einem deutlichen Rückgang der Maränenenerträge zu rechnen ist (Müller 1992, 1993).

Durch die guten Reproduktionsverhältnisse kommt es in diesen Seen häufig zu hohen Fischdichten mit starker intraspezifischer Konkurrenz um das limitierte Zooplanktonangebot. Die Folge ist ein schlechtes individuelles Wachstum mit geringen Stückmassen der fangfähigen Jahrgänge (Bauch 1955, 1956, Anwand 1996, Rümmler u. Schiewe 1999).

Infolge der gegenwärtig noch sehr niedrigen Primärproduktion sowie der vorhandenen Populationsschwankungen werden der Aufbau eines stabilen Bestandsgefüges und der Beginn der Nutzung der Maränenbestände im Speicherbecken Borna noch einen längeren Zeitraum erfordern. Die jetzigen sehr geringen Einheitsfänge der Maränennetze von 0,1 kg Kleiner Maräne/100 m² * Nacht unterstreichen dies.

Tabelle 9: Altersstruktur der bisherigen Fänge der Kleinen Maräne im Speicherbecken Borna (Mittelwerte der Länge, Masse und Bruttoenergie, PMN – pelagische Multimaschennetze, MGN – Multimaschengrundstellnetze, MN – Maränennetze, Daten vor 1999 nach Rümmler u. Schiewe 1999, Daten 2001 IfB unveröffentlicht)

Jahr	Alter (Jahre)	Fanggerät	Anzahl (Stück)	Länge (cm)	Masse (g)	Bruttoenergie (MJ/kg)
1997	0+	PMN	1	10,5	7,6	
1998	1+	PMN	31	19,7	70,4	7,0
		MN	41			
1999	0+	PMN	189	9,9	7,8	5,3
	2+	PMN	20	23,0	103,7	6,5
		MN	37			
2000	0+	PMN	179	12,6	12,8	4,2
	1+	PMN	2	22,9	80,5	3,8
		MN	7			
		MGN	1			
2001	0+	PMN	38	7,2	2,6	3,8
	1+	PMN	110	13,9	18,1	5,0
	2+	PMN	1	24,7	100,7	6,1

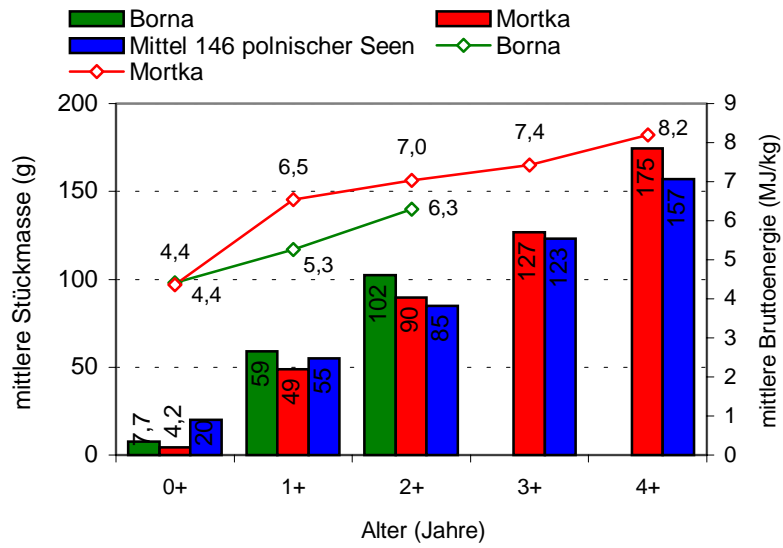


Abbildung 2: Mittlere Stückmasse (Säulen) und Bruttoenergie (Linie) der einzelnen Altersstufen der Kleinen Maräne in Borna und Mortka sowie mittlere Stückmasse aus 146 polnischen Seen (mittleres Wachstum) nach Szczerbowski (1981)

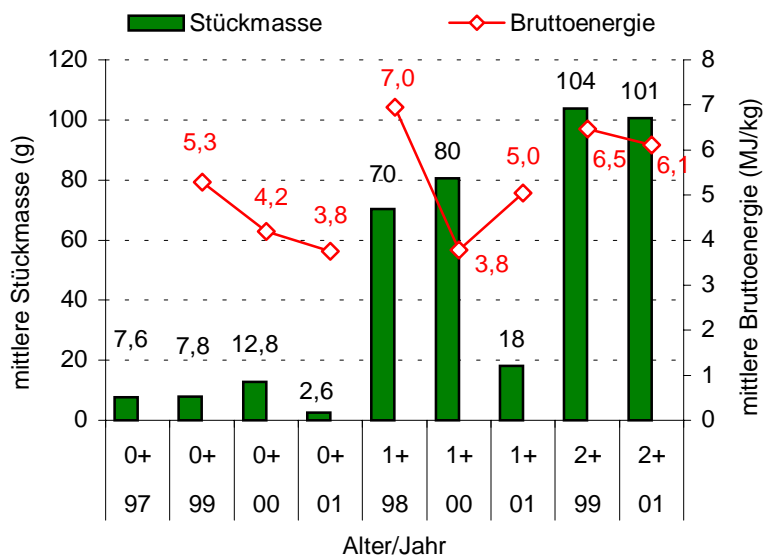


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Stückmasse und der Bruttoenergie der Kleinen Maräne nach dem Besatz in Borna

Der Masse- und Stückzahlanteil der Großen Maräne war in den Fängen im Pelagial sowie im tieferen Litoral und Sublitoral bisher gering. Für den Einheitsfang der Berufsfischerei trifft dasselbe zu. Eine Ausnahme bildeten die Fänge mit den Maränennetzen im Jahr 2000. Demgegenüber stehen aber umfangreiche und kostenaufwendige Besatzmaßnahmen (s. 6.). Ein geringes Aufkommen an 0+-Fischen 1999 und 1+-Fischen 2000 zeigt, dass eine eigene Reproduktion mit geringem Aufkommen vorhanden ist. Anzahl sowie mittlere Masse und

Länge der einzelnen Altersstufen der gefangenen Tiere sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Die durchgeführten Mageninhaltsuntersuchungen (Abbildung 4) bestätigen die „Einnischung“ insbesondere der älteren Exemplare der Großen Maräne (ab 4+) als ausschließliche Bodentierfresser. Damit einher geht eine Steigerung der Bruttoenergie, d.h. eine Konditionsverbesserung (Tabelle 10). Jüngere Tiere nehmen neben Bodentierernahrung zu größerem Anteil auch Zooplankton auf.

Tabelle 10: Altersstruktur der Fänge der Großen Maräne 1999 und 2000 im Speicherbecken Borna (Mittelwerte der Länge, Masse und Bruttoenergie)

Alter (Jahre)	Anzahl (Stück)	Länge (cm)	Masse (g)	Bruttoenergie (MJ/kg)
0+	6	12,4	13,6	5,2
1+	14	21,6	81	5,5
2+	21	24,4	124	5,5
3+	1	31,9	305	6,0
4+	6	37,9	462	6,5
5+	2	42,3	719	8,1

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

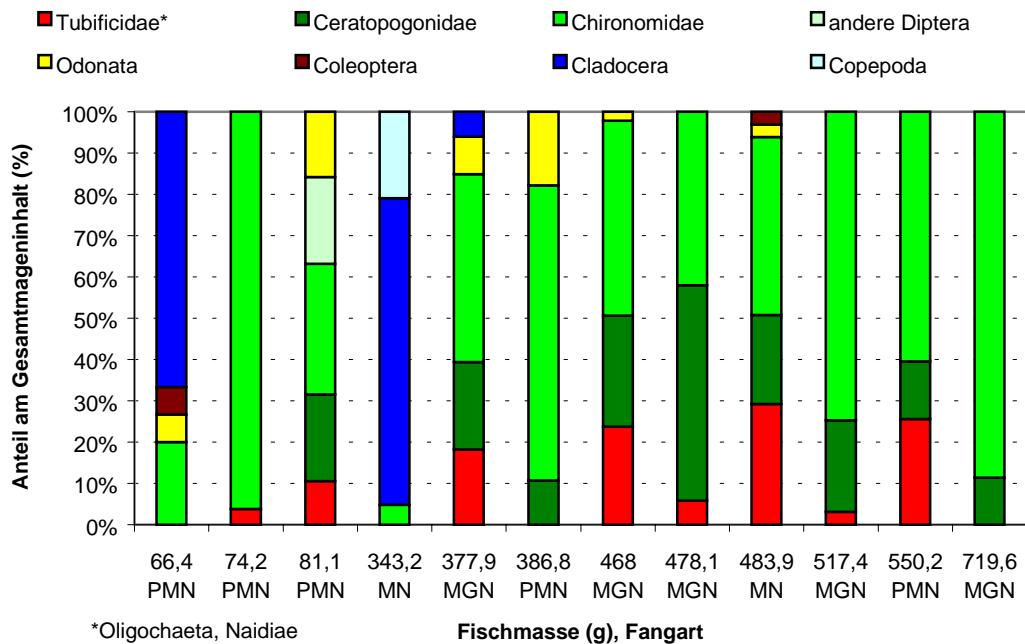


Abbildung 4: Anteile der einzelnen Nahrungsbestandteile in den Mageninhalt von 12 untersuchten Großmaränen aus dem Speicherbecken Borna nach Stückzahl der unterschiedlichen Tiergruppen

Der Vergleich der Fangverfahren mit der aufgenommenen Nahrung lässt keine ausgesprochene Habitatpräferenz erkennen. Großmaränen mit überwiegend oder ausschließlich Bodentieren im Magen wurden im Pelagial gefangen und umgekehrt wurden Tiere, die überwiegend Zooplankton gefressen hatten, mit Grundstellnetzen gefangen. Scheinbar ist die Große Maräne insbesondere in den ersten Lebensjahren sehr plastisch sowohl in ihrer Nahrungswahl als auch in ihren Habitatansprüchen.

8.2 Speicherbecken Mortka

Im Speicherbecken Mortka sind insgesamt 11 Fischarten nachgewiesen worden.

In den Fängen der pelagischen Multimaschenstellnetze war das Aufkommen der Kleinen Maräne sowohl mit einem Stückzahlanteil von 75 % als auch mit einem Masseanteil von 44 % dominierend. Daneben waren Barsch, Zander und Plötze mit Masseanteilen von 12 bis 20 % vertreten. Die Fänge an Großmaränen sind mit insgesamt drei Exemplaren nahezu bedeutungslos. Die Raubfischbestände des Freiwassers setzten sich aus Zandern (60 %) und großen Barschen (40 %) zusammen. Den Beutefischbestand bildeten in erster Linie die Kleine Maräne (80 %) und in geringerem Umfang Barsche (17 %).

Die Fänge der Multimaschengrundstellnetze im tieferen Litoral und Sublitoral setzten sich aus einem überwiegenden Cyprinidenanteil (78 %) mit den bestimmenden Arten Plötze (48 %) und Blei (11 %) sowie wenigen Exemplaren an Güster und schweren Karpfen zusammen. Daneben ist der Barschanteil bedeutungsvoll (22 %). Dieser bestand überwiegend aus großen Raubbarschen. Die Barsche bildeten mit 76 % den größten Beutefischanteil als auch den alleinigen Raubfischbestand dieses Gewässerbereiches. Die Plötzenfänge setzten sich in erster Linie aus „raubfischfesten“ größeren Exemplaren von 20 bis 35 cm Länge zusammen. Der Bleianteil bestand überwiegend aus großen Exemplaren ab 30 cm Länge.

In der Gelegezone wurden mittels Elektrofischerei lediglich vier Arten gefangen. Neben Barschen und Plötzen, ausschließlich im Beutefischstadium, waren Hechte in geringen Stückzahlen, aber in allen Längenbereichen vertreten. Die in den meisten Gewässern im Flachwasserbereich vorkommenden Arten Rotfeder, Schleie und Aal konnten nicht nachgewiesen werden. Ursache war wahrscheinlich die verminderte Fangeffektivität der Elektrofischerei in dem sehr dichten Gelege-

pflanzengürtel. Aal und Schleie sind aber in den berufsfischereilichen Fängen vorhanden und die Rotfeder wurde bei früheren Gelegebefischungen (Rümmeler u. Schiewe 1999) erfasst.

Die Fänge der Maränenetze bestanden zu mehr als der Hälfte (52 %) aus der Kleinen Maräne. Daneben traten Barsch (26 %) und Plötze (17 %) auf. Neben Barschen und Zandern wurden Hechte als weitere Raubfische im Pelagial nachgewiesen. Mit diesen Netzen ist lediglich eine Großmaräne gefangen worden.

Alle Fischarten des Speicherbeckens Mortka, die in größeren Masseanteilen vorkamen, wiesen ausreichende bis gute Bruttoenergiewerte auf, die auf dementsprechende Ernährungsbedingungen hinweisen (Tabelle 8). Die Bruttoenergiewerte der wichtigsten Arten des Leitbildes, Kleine Maräne, Plötze und Hecht, sind höher als im Speicherbecken Borna.

Insgesamt stimmen das Fischartenspektrum und die Dominanzverhältnisse mit dem fischfaunistischen und fischereilichen Leitbild des norddeutschen Kleinmaränensees überein.

Die Kleine Maräne ist im Freiwasser dominierend und bildet gute Stückmassen aus (s.u.). Die Plötze tritt auch im Freiwasser auf und ist im tieferen Litoral und Sublitoral dominierend. Gut genährte große Bleie ergänzen den Cyprinidenbestand.

Das „Barschmaximum“ ist im Vergleich zum Speicherbecken Borna weniger deutlich ausgeprägt, obwohl die großen Raubbarsche immer noch einen hohen Masseanteil besitzen und die dominierenden Raubfische sind.

Im Freiwasser treten daneben Zander mit ähnlichem Masseanteil wie die großen Barsche auf. Das gute Zanderaufkommen ist als eine Besonderheit mesotropher Braunkohletagebaurestseen zu werten (Rümmeler u. Schiewe 1999). Die Ursache könnte neben dem hohen Jungfischaufkommen der Kleinen Maräne als Nahrungsgrundlage in den partiellen und temporären Trübungerscheinungen durch Eisenaussfällung aus dem zuströmenden Grundwasser bestehen (Rümmeler 2001).

Das Altersspektrum der gefangenen Hechte zeigte eine ausgeglichene Alterspyramide, die auf gute Reproduktionsmöglichkeiten schließen lässt. Wie in Borna bestätigen auch die berufsfischereilichen Erträge die Einstufung des Hechtes als eine wichtige Art des Leitbildes dieser Gewässer.

Die sehr geringen Fänge der Großen Maräne von insgesamt nur vier Exemplaren (Tabelle 13) verdeutlichen die wenig geeignete Lebensbedingungen für diese Fischart im Speicherbecken Mortka. Dasselbe gilt für die besetzten See- und Bachforellen, für die in den Untersuchungsjahren keine Fänge mehr verzeichnet wurden. Durch den starken hypolimnischen Sauerstoffschwund während der Sommerstagnation wird die Besiedelungstiefe mit Benthosorganismen begrenzt und gleichzeitig auch die „Weidefläche“ für die Großmaränen über längere Zeiträume eingeschränkt. Zusätzlich müssen die Tiere vor allem mit den großen Bleien um diese Nahrungsressource konkurrieren. Ein Jungfischauflkommen aus eigener Reproduktion konnte nicht festgestellt werden. Für das Speicherbecken Mortka kann ebenfalls davon ausgegangen werden, dass alle Arten des fischereilichen Leitbildes eingebürgert wurden und deren Aufkommen weitgehend von den herrschenden Gewässerbedingungen abhängig ist.

Die Einheitsfänge im Pelagial sind mit 24 Fischen und 2,74 kg/100 m² * Nacht bedeutend geringer als die im tieferen Litoral und Sublitoral mit 72 Fischen und 11,4 kg/100 m² * Nacht. Die Einheitsfänge der Elektrobefischung von 28 Fischen und 0,5 kg/100 m sind ebenfalls als sehr niedrig zu bewerten. Frühere Befischungen wiesen einen deutlich höheren Wert von 1,5 kg/100 m aus (Rümmler u. Schiewe 1999). Der Vergleich der Einheitsfänge zeigt, wie in Borna den hohen Fischbestand des tieferen Litorals und Sublitorals gegenüber dem Pelagial und dem Gelege trotz hohem Zooplanktonaufkommen im Freiwasser.

Die Sommerfänge der pelagischen Maränennetze können als Orientierung für die berufsfischereilichen Fangmöglichkeiten der Kleinen

Maräne dienen. Die Einheitsfänge dieser Fischart von 11,4 kg/100 m² * Nacht 1999 und 7,5 kg/100 m² * Nacht 2000 sind sehr hoch. Der Mittelwert von 9,4 kg/100 m² * Nacht würde bei der Verwendung eines üblichen Maränennetzes von 100 m Länge und 2,4 m Höhe (240 m²) einem Fang von 22,7 kg/Nacht entsprechen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die realen Fänge wahrscheinlich noch höher sein werden, da in der Praxis meist nur zwei statt vier Maschenweiten verwandt werden, und der niedrigere Tagesfang entfällt.

Bei ca. 10 Fangwochen, einem Fangtag in der Woche sowie 200 m Netz wäre nach diesem Mittelwert mit einem Fang von mindestens 453 kg bzw. einem Ertrag über 2 kg/ha zu rechnen. Bei guten Vermarktungsbedingungen können auch höhere Fänge durch die Vergrößerung der Netzfläche und die Steigerung der Fangtage erzielt werden. Die Ergebnisse einer Probebefischung des Bewirtschafters von 2,7 kg/50 m-Fleet * Nacht unterstreichen diese Einschätzung.

Die mittlere Masse der fangfähigen 2⁺- und 3⁺-Fische von 90 g bzw. 127 g und die entsprechenden Bruttoenergiewerte (Abbildung 2, Tabelle 11) können trotz der vorhandenen Fischdichte als sehr hoch im Vergleich zu anderen Braunkohletagebaurestseen und natürlichen Seen eingestuft werden (Rümmler u. Schiewe 1999, Bauch 1966, Szczerbowski 1981, Waterstraat 1990, Anwand 1996).

Neben dem Senftenberger See (Rümmler u. Schiewe 1999) ist das Speicherbecken Mortka der zweite Braunkohletagebaurestsee, auf dem die berufsfischereiliche Bewirtschaftung der Kleinmaränenbestände beginnen kann und akzeptable Erträge dieser Fischart zu erwarten sind.

Tabelle 13: Altersstruktur der Fänge der Großen Maräne 1999 und 2000 im Speicherbecken Mortka (PMN – pelagische Multimaschenstellnetze, MN – Maränennetze)

Datum	Fanggerät	Länge (cm)	Masse (g)	Alter	Besatzjahr	Bruttoenergie (MJ/kg)
09.99	MN	37,8	531	5+	1994	8,4
09.99	PMN	33,9	374	4+	1995	7,9
09.99	PMN	33,6	364	4+	1995	8,2
09.00	PMN	53,6	1458	7+	1993	5,9

Die Fangzeit beschränkt sich infolge des Maränenwachstums einerseits und des hypolimnischen Sauerstoffschwundes sowie der Kormoraninvasion andererseits auf den Zeitraum Mitte Juni bis Ende August.

Das Wachstum der fangfähigen Altersstufen der Kleinen Maräne (2+ und 3+) war im Juli bereits weitgehend beendet. Im September waren die mittleren Stückmassen, Längen und Bruttoenergiewerte in den meisten Fällen signifikant verringert (Tabelle 12).

Diese Erscheinung ist sowohl aus Braunkohlentagebaurestseen (Rümmler u. Schiewe 1999) als auch aus natürlichen Seen (Bauch 1950, Müller 1959b, Hamrin 1986) belegt. Ursache ist die schlechtere Nahrungsgrundlage in dieser Jahreszeit insbesondere durch geringeres Cladocerenaufkommen.

Die Fangstückzahlen sowie die Mittelwerte der Länge, Stückmasse und Bruttoenergie der einzelnen Altersstufen der Jahre 1999 und 2000 spiegeln die zusätzlich noch vorhandenen jährlichen Schwankungen der Anzahl und des Ernährungszustandes der Fische wider (Tabelle 11).

In diesem Zusammenhang ist die Bruttoenergie ein sehr sensibler und früher Anzeiger von Veränderungen des Ernährungszustandes der Fische und damit der Nahrungsgrundlage.

In den Fängen der pelagischen Multi-maschenstellnetze ist ein stabiles, relativ hohes Zanderaufkommen festgestellt worden, das bis auf einen Fisch aus älteren Exemplaren (über sieben Jahre) mit hoher Stückmasse (über 2,6 kg) bestand und auf die früheren Besatzmaßnahmen zurückgeführt werden könnte.

Eine eigene Reproduktion lässt sich aus diesen Ergebnissen nicht ableiten, obwohl die grund-

sätzlichen Reproduktionsvoraussetzungen vorhanden sind.

Als begleitende Maßnahme zur weiteren Entwicklung der Maränenbestände ist eine „scharfe“ Befischung der Raubfischbestände mit Stellnetzen angebracht. Diese üben einen hohen Fraßdruck auf die ersten beiden Jahrgänge der Kleinen Maräne aus.

Die durchgeführten Mageninhaltsuntersuchungen von neun Raubbarschen (23 bis 36 cm Länge) konnten diesen Sachverhalt bestätigen. 44 % der Tiere hatten Maränen bzw. Fische mit Glattschuppen gefressen. Im Spätsommer und Herbst wird der Fraßdruck der Raubbarsche und Zander auf die Kleine Maräne durch Hechte verstärkt. Die Ursache besteht in den anoxischen Verhältnissen im Hypolimnion und dem Abdrängen der Kleinen Maräne in das sauerstoffreiche Epilimnion während dieser Jahreszeit. Eine verstärkte Befischung des Zanders ist neben der Steigerung der Erträge dieser sehr gut vermarktbareren „Wertfischart“ auch zur Verbesserung der Alterspyramide dieser Fischart sinnvoll.

Entsprechend der Klassifikation des Gewässers sollten die Möglichkeiten der Erhöhung der Aalerträge durch Besatz geprüft werden. Bei einem Besatz mit ca. 20 Vorgestreckten pro ha könnten bei entsprechender Fischereiintensität Erträge von ca. 1 kg/ha erzielt werden.

Nach den bisherigen Untersuchungen haben die Besatzmaßnahmen mit Karpfen und Regenbogenforelle sowie die Abgänge aus den Netzkäfiganlagen infolge von Vandalismus und Fischotterschäden nur einen sehr geringen Einfluss auf die quantitative Zusammensetzung des Fischbestandes. In Borna wurden zwei und in Morka fünf Karpfen und Regenbogenforellen wiesen hohe Bruttoenergiegehalte auf.

Tabelle 11: Altersstruktur der bisherigen Fänge der Kleinen Maräne im Speicherbecken Mortka (Mittelwerte der Länge, Masse und Bruttoenergie, PMN – pelagische Multimaschenstellnetze, MGN – Multimaschengrundstellnetze, MN – Maränennetze)

Jahr	Alter (Jahre)	Fanggerät	Anzahl (Stück)	Länge (cm)	Masse (g)	Bruttoenergie (MJ/kg)
1999	0+	PMN	380	9,2	4,6	4,4
	1+	PMN	231	19,7	56,6	6,7
		MN	97			
	2+	MGN	17	22,0	92,6	7,2
		PMN	310			
		MN	741			
	3+	MGN	10	24,1	129,5	7,7
		PMN	35			
		MN	127			
	4+	MGN	3	26,8	174,5	8,2
MN		6				
2000	0+	PMN	11	8,3	3,8	
	1+	PMN	271	17,9	41,3	6,4
		MN	3			
	2+	PMN	117	21,8	86,4	6,8
		MN	326			
	3+	PMN	33	23,9	123,7	7,2
		MN	8			
	4+	PMN	1	26,5	174,7	
		MN	2			

Tabelle 12: Vergleich der mittleren Länge, Masse und Bruttoenergie der Fänge der Kleinen Maräne mit Speisefischgröße im Sommer und Herbst im Speicherbecken Mortka (graue Felder – signifikante Abweichungen auf dem 5 %-Niveau zwischen Sommer und Herbst, U-Test n. Mann-Whitney)

		Länge (cm)		Masse (g)		Bruttoenergie (MJ/kg)	
		Sommer	Herbst	Sommer	Herbst	Sommer	Herbst
1999	2+	22,2	21,9	92,2	93,6	8,0	6,8
	3+	24,3	23,3	130,2	124,0	8,2	7,0
2000	2+	21,8	21,5	86,7	82,6	7,1	6,5
	3+	24,0	23,1	124,4	114,7	7,2	

8.3 Vergleich der Fischbestandserfassung beider Seen

Die Gegenüberstellung der Einheitsfänge (Abbildung 5) ergibt für die mesotrophen Bedingungen im Speicherbecken Mortka eine Verdoppelung der Werte im tieferen Litoral und Sublitoral und eine Vervielfachung im Pelagial gegenüber den oligo-mesotrophen Verhältnissen im Speicherbecken Borna.

Parallel zur Erhöhung der Einheitsfänge ist auch eine deutliche Verbesserung des Ernährungszustandes der wichtigsten Arten des fischereilichen Leitbildes mit steigender Trophie erkennbar. Eine dementsprechende Zuordnung des quantitativen Zooplanktonaufkommens ist zumindest grundsätzlich möglich. Das geringere Bodentieraufkommen in Mortka könnte neben anderen Faktoren, wie z. B. der Untergrundbeschaffenheit, auch durch die verstärkte

Weidetätigkeit des erhöhten Fischbestandes bei gleichzeitig eingeschränkter oxischer Sedimentoberfläche erklärt werden.

Der Vergleich der pelagischen Fischbestände beider Gewässer zeigt eine Verschiebung der von Barschen dominierten Perciden - Coregonen - Fischgesellschaft in Borna zu einer von Coregonen dominierten Coregonen - Perciden - Cypriniden - Fischgesellschaft in Mortka. Diese Verhältnisse sind in ihrer grundlegenden Tendenz auch in den Fängen im tieferen Litoral und Sublitoral erkennbar. Der Cyprinidenanteil insbesondere der Plötzenanteil steigt und der Barschanteil sinkt. Die Ursache dürfte in erster Linie in der höheren Trophie

sowie deren wichtigster Grundlage, der geringeren mittleren Seetiefe, bestehen. Die Fischartenzusammensetzung im Gelege wird dagegen stärker durch die vorhandene Struktur bestimmt.

Die Gegenüberstellung zeigt die große Bedeutung, die relativ geringe Trophieänderungen im Übergangsbereich oligotroph zu mesotroph für das Fischbiomasseaufkommen und die Fischartenzusammensetzung in diesen Seen haben. Die große Steilheit der Änderung der Primärproduktion in Abhängigkeit von der Änderung der Phosphorkonzentration in diesem Bereich korrespondiert damit (Klapper 1992).

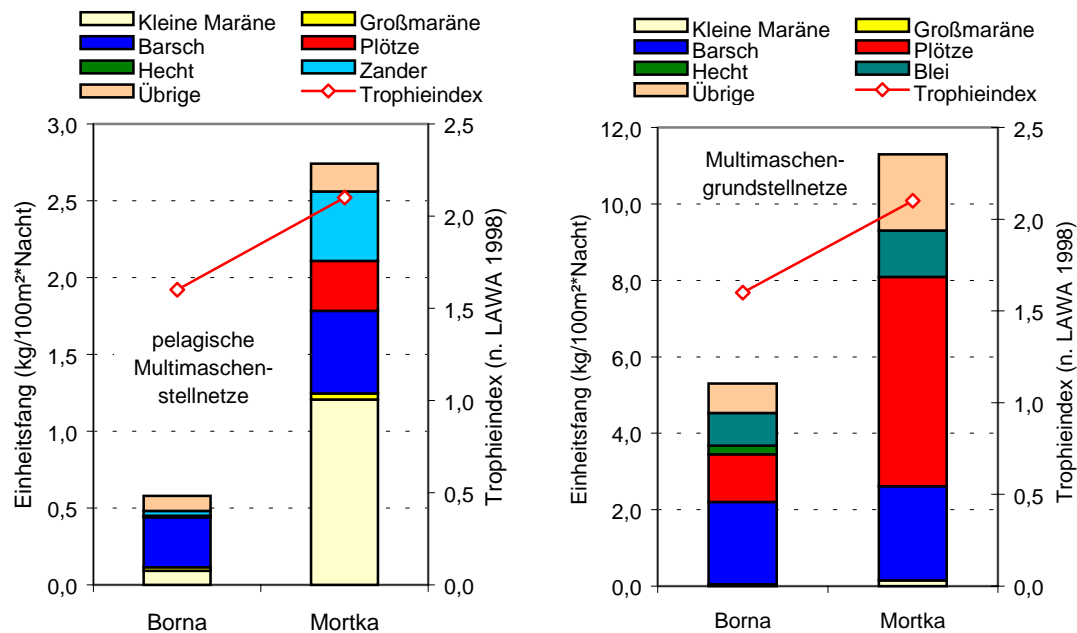


Abbildung 5: Einheitsfänge der untersuchten Seen für die verschiedenen Fangverfahren

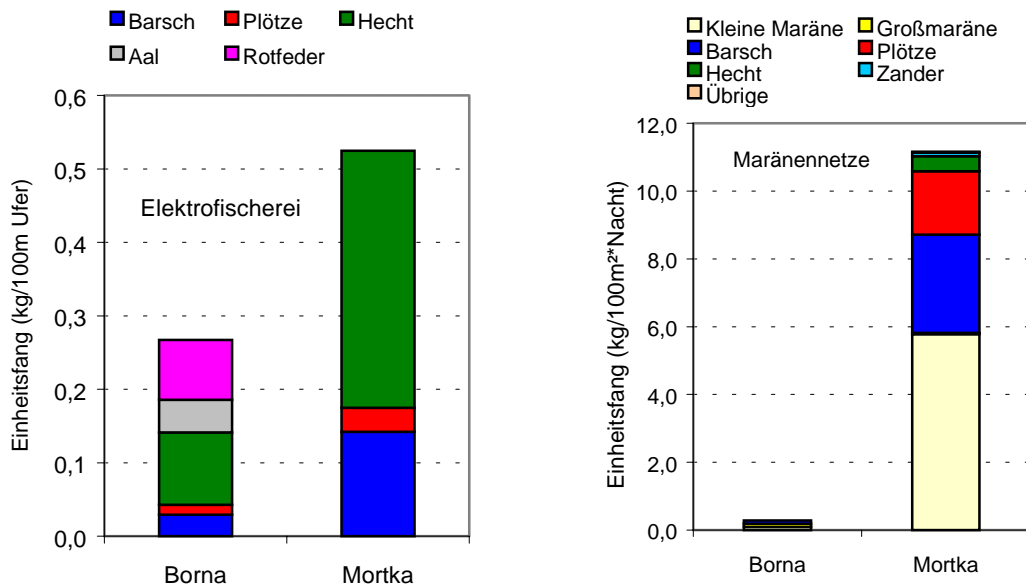


Abbildung 5: Einheitsfänge der untersuchten Seen für die verschiedenen Fangverfahren

9 Zusammenfassung

Die Untersuchungen in einem oligo-mesotrophen und einem mesotrophen Braunkohletagebaurestsee vergleichbarer Fläche ergaben folgende zusammengefasste Ergebnisse.

20 bis 30 Jahre nach der Flutung ist die biologische Entwicklung der Gewässer mit der in ähnlichen natürlichen Seen vergleichbar. Die Grundwasserdurchströmung und die niedrige Trophie sind Besonderheiten der Braunkohletagebaurestseen.

Das fischfaunistische und fischereiliche Leitbild der großen, tiefen und oligo- bis mesotrophen Braunkohletagebaurestseen ähnelt dem des norddeutschen Maränensees mit der Kleinen Maräne als Leitfischart. Bei ausreichenden Sauerstoffkonzentrationen im Sublitoral und Profundal findet ein ergänzender Großmaränenbestand Lebensbedingungen. Die Tiere "nischen" sich als Bodentierfresser ein. Daneben sind hohe Barschbestände sowie das verstärkte Auftreten von Plötzen unter mesotrophen Bedingungen festgestellt worden. Als eine Besonderheit der Braunkohletagebaurestseen ist das verstärkte Zanderaufkommen unter mesotrophen Bedingungen herauszustellen.

Diese Verschiebung der Fischartenzusammensetzung geht mit einer Erhöhung der Einheitsfänge und damit des Fischbestandes im Pelagial sowie im tieferen Litoral und Sublitoral einher. Die fischereilichen Ertragsmöglichkeiten verbessern sich. Gleichzeitig verbessert sich auch der individuelle Ernährungszustand der meisten Fischarten.

Die Einbürgerung der Kleinen Maräne durch Besatz und anschließende eigene Reproduktion verläuft aufgrund der vorhandenen Gewässerbedingungen relativ unproblematisch. In Seen mit sehr niedriger Primärproduktion sind starke Schwankungen der Populationsstärke und der Stückmasse sowie Verbutterungserscheinungen nicht auszuschließen: Diese können die fischereiliche Nutzung in der ersten Entwicklungsphase der Gewässer einschränken oder verzögern.

Der Aufbau berufsfischereilich nutzbarer Kleinmaränenbestände erfordert einen längeren Zeitraum. Mehrmaliger aufeinanderfolgender Besatz und Befischung der Raubfischbestände des Freiwassers können dabei hilfreich sein.

Aufgrund der Gewässerbeschaffenheit sind für die fischereiliche Bewirtschaftung der Braunkohletagebaurestseen die Erträge der Kleinen

Maräne von wesentlicher Bedeutung. Insbesondere auf mesotrophem Niveau lassen sich gute Maränenenerträge mit hohen Stückmassen erwarten. Aal, Zander, Hecht und Großmaräne werden eine ergänzende Rolle spielen. Die Bedeutung von Zander und Aal wird mit zunehmender Trophie steigen.

Eine ökonomisch tragfähige Seenbewirtschaftung kann nur im Zusammenhang mit der Verarbeitung und Vermarktung der selbst gefangenen sowie zugekaufter Fische erzielt werden.

Am vorteilhaftesten ist die Anpachtung von Braunkohletagebaurestseen durch Fischereibetriebe, die bereits über gewinnbringende Geschäftsfelder wie z. B. Teichwirtschaften oder Forellenanlagen verfügen, und die Seenbewirtschaftung schrittweise aus eigener Kraft entwickeln können.

10 Literatur

- Anwand, K.: Beitrag über die Fischartengemeinschaften in nordostdeutschen Seen. Zeitschrift f. Fischkunde 1 (1993), S. 95 - 107
- Anwand, K.: Untersuchungen über das Wachstum der Kleinen Maräne (*Coregonus albula*) in einigen nordostdeutschen Seen. Fischer & Teichwirt 47 (1996), H. 12, S. 482 - 486
- Barthelmes, D.: Hydrobiologische Grundlagen der Binnenfischerei. Gustav Fischer Verlag Jena (1981), 259 S.
- Barthelmes, D.: Die fischereiliche Bonitierung von Seen aus heutiger Sicht. Fortschr. Fisch. wiss. 5/6 (1987), S. 9 - 17
- Barthelmes, D.: Naturgemäße Seenbewirtschaftung. Deutscher Rat für Landschaftspflege - Wege zur naturnahen Landnutzung in den neuen Bundesländern 63 (1993), S. 95 - 102
- Barthelmes, D. u. Doering, P.: Sampling efficiency of different fishing gear used for fish faunistic surveys in stagnant water bodies. Limnologica 26 (1996), S. 191 - 198
- Barthelmes, D.: Zur Trophieindikation durch Fische in norddeutschen Seen. Gewässerökologie Norddeutschlands (4) 2000, S. 123 - 131
- Bauch, G.: Untersuchungen über das Wachstum der Kleinen Maräne in den Gewässern Mitteleuropas. Abhandlungen Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Lief. 2, 1950, S. 238 - 326
- Bauch, G.: Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann Verlag 2. Auflage (1954), 200 S.
- Bauch, G.: Norddeutsche fischereiliche Seentypen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 22 (1955), S. 278 - 285
- Bauch, G.: Chemismus und Fischnährtierproduktion in den von der Kleinmaräne (*Coregonus albula* L.) bewohnten norddeutschen Gewässern. Abhandlungen und Berichte für Naturkunde und Vorgeschichte, Bd. X, Nr. 2, 1956, S. 15 - 36
- Bauch, G.: Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann Verlag, 5. Auflage (1966), 194 S.
- Brämick, U.: Fischereiliche Bonitierung von Gewässern im Land Brandenburg. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Band 2, Jahresbericht 1998, S. 27 - 29
- Bulon, V.V. u. Vinberg, G.G.: Die Abhängigkeit zwischen Primärproduktion und der Fischproduktivität der Gewässer. In: Grundlagen zum Studium von Gewässerökosystemen, Leningrad (1981), S. 5 - 9 (russ.)
- Dauster, H.: Die Bewirtschaftung norddeutscher Seen mit Maränen. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler, Bewirtschaftung norddeutscher Seen, 10 (1995), S. 30 - 36
- DGL: Die Fischereiliche Nutzung von Baggerseen. Mitteilungen II/1991, 25 S.
- Eckmann, R.: Fish species richness in lakes of the northeastern lowlands in Germany. Ecology of Freshwater Fish 4 (1995), S. 62 - 69
- Geisler, J. u. Haubold, K.: Limnologische Untersuchungen im Braunkohletagebaurestloch C. Diplomarbeit Humboldt-Universität Berlin, Studiengang Fischproduktion (1993), 75 S.
- Hamrin, S. F.: Ecology of vendance, *Coregonus albula*, with special reference to factors important to the commercial fishery. Arch. Hydrobiol. Beih. 22 (1986), S. 51 - 72
- Hartmann, J.: Fischereiliche Veränderungen in kulturbedingt eutrophierten Seen. Schweiz. Z. Hydrol. 39 (1977), S. 243 - 254
- Hiller, J., Wedekind H., Wichmann, T. u. Herold, H.: Kalkulationsunterlagen Binnenfischerei - Betriebswirtschaftliche Analyse der Seen- und Flussfischerei in den neuen Bundesländern. LMS Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern Schleswig-Holstein und Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow 1998, S. 39 - 57

- Jens, G.: Die Bewertung der Fischgewässer. 2. Auflage (1980), 160 S.
- Klapper, H.: Eutrophierung und Gewässerschutz. Fischer Verlag (1992), 277 S.
- Klapper, H.: Forschungen Braunkohletagebaurestseen - Wege zu einer sinnvollen Wassergütebewirtschaftung. *Limnologie aktuell* 7 (1995), S. 1 - 25
- Klapper, H.: Sanierungsstrategien für die Braunkohletagebaurestgewässer unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen an die Wasserqualität für die fischereiliche Nutzung. Studie im Auftrag des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow 1998, 57 S.
- Knösche, R. u. Barthelmes, D.: A new approach to estimate lake fisheries yield from limnological basic parameters and first result. *Limnologica* 28 (1998), S. 133 - 144.
- Lampert, W.: Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik der Coregonen im Schluchsee. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 38 (1971) S. 237 - 314
- LAWA: Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1998, 73 S.
- Lederer, M.: Die sozio-ökonomische Bedeutung der Angelfischerei in Bayern. Diplomarbeit TU München Weihenstephan (1997), 101 S.
- Mayr, Ch.: Die Nahrung, Verteilung und Fischdichte der Renken im Ammersee im Vergleich zum Kochelsee, Walchensee und Chiemsee. In: *Seen-Gewässerschutz, Nutzung und Zielkonflikte*, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft-Institut für Wasserforschung (2000), S. 201 - 243
- Müller, H.: Die fischereiliche Nutzbarmachung der Restgewässer des Braunkohletagebaus. *Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften*, Berlin 7 (1959a) 18, 40 S.
- Müller, H.: Die Einbürgerung der Kleinen Maräne (*Coregonus albula* L.) im Scharmützelsee. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften*, Bd. VIII N.F. (1959b), H. 7/8, S. 565 - 585
- Müller, H.: Eine fischereiwirtschaftliche Seenklassifizierung Norddeutschlands und ihre limnologischen Grundlagen. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 16 (1966), S. 1145 - 1160
- Müller, H.: *Fische Europas*. Neumann Verlag Leipzig Radebeul, 2. Auflage (1987), 319 S.
- Müller, R.: Trophic state and its implications for natural reproduction of salmonid fish.- *Hydrobiologica* 243/244 (1992), S. 261 - 268
- Müller, R.: Einige fischereibiologische Aspekte von Seesanierungen. *Fortschr. Fisch. wiss.* 11 (1993), S. 43 - 56
- Persson, L., Diehl, S., Johansson, L., Andersson, G. u. Hamrin, S.F.: Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes - patterns and the importance of size-structured interactions. *Journal of Fish Biology* 38 (1991), S. 281 - 293
- Rümmler, F.: Fische und Fischerei in Braunkohletagebaurestseen. In: Dethlefsen, V. u. Hilge, V.: *Aktuelle Probleme der Gewässerverschmutzung*. Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes, Band 77, Cottbus 2001, S. 86 - 106
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Bewertung der fischereilichen Entwicklung sowie der Nutzungsmöglichkeit des Braunkohletagebaurestgewässers Haselbach III. Gutachten im Auftrag der LMBV, Länderbereich Westsachsen/Thüringen, Abt. Entwicklung Wasserwirtschaft (1998), 31 S.
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Untersuchungen zu den fischereilichen Nutzungsmöglichkeiten von Braunkohletagebaurestseen - Abschlußbericht. Forschungsvorhaben Nr. 0339673 des BMBF (1999), 147 S.
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Bewertung des fischereilichen Zustandes und Erarbeitung von fischereilichen Entwicklungszielen für den Kulkwitzer See. Gutachten im Auftrag des Ingenieurbüros für Grundwasser GmbH Leipzig (2000a), 38 S.
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Entwicklung nutzbarer Fischbestände in neu entstandenen Braunkohletagebaurestseen des Landes Brandenburg. Projekt-Zwischenbericht im Auftrag der LMBV Länderbereich Brandenburg (2000b), 44 S.
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Fischereiliches Gutachten Restlochsee Werben. Gutachten im Auftrag der LMBV, Länderbereich Westsachsen/Thüringen (2000c), 26 S.
- Rümmler, F. u. Schiewe, S.: Untersuchung der Fischbestände in bestehenden sächsischen Braunkohletagebaurestseen. Forschungsbericht im Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2001, 66 S.
- Rümmler, F., Knösche, R., Borkmann, I. u. Schiewe, S.: Probleme und Perspektiven der Seen- und Flussfischerei am Beispiel von Erhebungen in Westbrandenburg. *Fischer & Teichwirt.* 52 (2001), H. 7, S. 254 - 258
- Rümmler, F., Ackermann, G., Koch, S., George, V. u. Carmienke, I.: Entwicklung der fischereilichen Gewässerbewirtschaftung und Nährstoffeinträge durch die Netzgehegeproduktion auf dem Speicherbecken Borna. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 8 (2003), H. 4, S. 36 - 53

- Schreckenbach, K., Knösche, R. u. Ebert, K.: Nutrient and energy content of freshwater fishes. *J. Appl. Ichtyol.* 17 (2001), S.1 - 3
- Schutze, M. u. a. : Methodik zur limnologischen Untersuchung und Bewertung von Bergbauseen. Bund/Länder Arbeitsgruppe Wasserwirtschaftliche Planung. Überarbeitung November 1997, 24 S.
- Schwoerbel, J.: Methoden der Hydrobiologie - Süßwasserbiologie. Gustav Fischer Verlag, 4. Auflage 1994, 368 S.
- Sell, G.: Grundlagen einer Höchstertragskonzeption für den Senftenberger See bis 1990. Fachschulabschlussarbeit, Ingenieurschule Storkow, 1986, 45 S.
- Steffens, W.: Coregonenzucht. In: Steffens, W.: Industriemäßige Fischproduktion. Institut für Binnenfischerei, Berlin-Friedrichshagen (1981), S. 180 - 189
- Szczerbowski, J.: Criteria for estimating the rate of growth in fish. *Rocz. Nauk Poln.* 99 (1981), H. 4, S. 123 - 136
- Waterstraat, A.: Ökologische Untersuchungen an Populationen der Kleinen Maräne (*Coregonus albula L.*) im Breiten Luzin (Bezirk Neubrandenburg). *Fortschr. Fisch. wiss.* 9 (1990), S. 93 - 104
- * Mo - Brut der Kleinen Maräne, GMo - Brut der Großen Maräne, GMa - Große Maräne angefüttert
- ** Angaben in Klammern in % ohne weitere Benennung – Masseanteil
- *** Altersangaben: Ziffer - vollendete Lebensjahre, + - zuzüglich gegenwärtige sommerliche Wachstumsperiode

Entwicklung der fischereilichen Seenbewirtschaftung und Nährstoffeinträge durch die Netzgehegeproduktion auf dem Speicherbecken Borna

Frank Rümmler, Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow

Gerald Ackermann und Swantje Koch, Landestalsperrenverwaltung des Freistaats Sachsen

Volker George, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Ingrid Carmienke, Staatliches Umweltfachamt Leipzig

1 Einleitung

Die Forellenproduktion in Netzgehegen (Netz-käfigen) ist mit Nährstoffeinträgen verbunden und stellt in Abhängigkeit von der Produktionshöhe und den Gewässerbedingungen eine mehr oder weniger starke Gewässerbelastung dar.

Mit dem Wirksamwerden der Gesetzgebung der Bundesrepublik Deutschland in den neuen Bundesländern ist der Umfang dieser Art der Fischproduktion auch in Sachsen drastisch verringert worden.

In den Jahren 1999 bis 2000 lag das sächsische Aufkommen an Satz- und Speisefischen aus Netzgehegen im Bereich von 23 bis 28 t/a (mündliche Angabe Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002). Gegenwärtig werden drei Anlagen, die sich auf Braunkohletagebaurestseen oder Kiesbaggerseen befinden, betrieben. Vor der Wende sind in den ehemaligen Bezirken Leipzig, Karl-Marx-Stadt und Dresden ca. 340 t Speisefische in Netzgehegen erzeugt worden (IfB 1989, 1990, 1991).

Im Vorfeld der Entscheidungen über die Verlängerung der wasserrechtlichen Erlaubnis der verbliebenen Standorte muss eine sorgfältige Bewertung der mit der Produktion verbundenen Nährstoffeinträge und ihrer gewässerökologischen Auswirkungen vorgenommen werden. Daneben können aber auch sozioökonomische Probleme nicht außer Acht gelassen werden. Die gegenwärtig betriebenen Netzgehegeanlagen stellen meist das betriebswirtschaftliche Rückgrat oder zumindest ein wichtiges Standbein der nach 1989 gegründeten fischereilichen Betriebe dar.

Hier ist eine genaue Abwägung erforderlich, die immer nur für den konkreten Einzelfall vorgenommen werden kann.

2 Zielstellung und Methodik der Arbeiten

Auf dem Speicherbecken Borna wird dem anässigen Fischereibetrieb eine begrenzte Netzgehegehaltung von Forellen mit maximal 25 t Futter pro Jahr gestattet. Auch hier lag die Produktion vor 1989 mit ca. 120 t Forellen/a

(mündliche Auskunft Etzold 1998) bedeutend höher. Die fischereiliche Seenbewirtschaftung des Gewässers befindet sich noch in den Anfängen.

Im Zusammenhang mit der Entscheidungsfindung zu einer beantragten wasserrechtlichen Erlaubnis zum weiteren Betrieb der Netzgehegeanlage ergaben sich folgende Fragen:

1. Mit der Netzgehegeproduktion sind Nährstoffeinträge verbunden. Beeinflussen diese Einträge die Gewässergüte des Speicherbeckens nachhaltig und in welchem Umfang?
2. Kann auf der Grundlage der Erträge aus der Seenfischerei eine Reduzierung oder Abschaffung der Netzgehegeproduktion vorgenommen werden, ohne die Existenz des bewirtschaftenden Fischereibetriebes zu gefährden?
3. Welche Möglichkeiten der Reduzierung der Nährstoffeinträge durch die Netzgehegeproduktion gibt es und ließen sie sich anwenden?

Durch die Beantwortung dieser Fragestellungen sollte der verfahrensführenden Behörde eine fachlich fundierte Grundlage zur Verfügung gestellt werden, die eine weitgehend objektive Abwägung zwischen den möglichen ökologischen und sozio-ökonomischen Belastungen ermöglicht. Die Behandlung dieser Problematik erfolgte in der notwendigen komplexen Herangehensweise, die u. E. bisher im Rahmen ähnlicher Verfahren noch nicht vorgenommen worden ist. Obwohl es sich hierbei um einen konkreten Einzelfall handelt, lassen sich die Vorgehensweise und die angewandten wissenschaftlichen Erkenntnisse für vergleichbare Problemstellungen nutzen.

Die folgenden Darstellungen wurden überwiegend in den Jahren 1999 bis 2000 erarbeitet. Die betriebswirtschaftlichen Überschlagsrechnungen sind mit den Preisen und Kosten zu dieser Zeit vorgenommen worden. In Anbetracht des späteren Veröffentlichungsdatums erfolgte ihre Angabe in Euro. Nachträglich wurden Daten der Wasserqualität des Speicherbeckens sowie Befischungsergebnisse des Jahres 2001 einbezogen.

Die Betrachtung der Einträge durch die Netzgehegeproduktion und ihrer Auswirkungen auf das Gewässer wurde auf den wichtigsten Eutrophierungsfaktor Phosphor begrenzt.

3 Möglichkeiten der Entwicklung der berufsfischereilichen Seenbewirtschaftung

3.1 Morphometrie, Hydrologie und Trophie des Gewässers

Das Speicherbecken Borna ist ein Bergbaufolgegewässer des Tagebaus Borna, das 1977 durch Flutung mit Wasser aus der Pleiße entstand. Der See dient primär dem Hochwasserschutz der Pleiße. Überleitungen waren in der Vergangenheit aber sehr selten und erfolgten in den 90er Jahren lediglich 1994 und 1995. Weitere oberirdische Zuflüsse sind nicht vorhanden. Der Niederschlag des Binneneinzugsgebietes von ca. 513 ha wird daher nahezu ausschließlich grundwasserwirksam.

Mit dem abgeschätzten Grundwasserzufluss von 1,5 Mio. m³/a und einer mittleren Einleitung durch Hochwasserereignisse von 0,47 Mio. m³/a ergibt sich eine theoretische Wasserverweilzeit von ca. 25 Jahren. Als Grundwasserzufluss wurde dabei nur der messbare oberirdische Abfluss berücksichtigt. Der Umfang des Grundwasserabstroms ist zurzeit noch unbekannt. Der reale Grundwasserzufluss wird daher höher und die reale mittlere Wasserverweilzeit geringer sein.

Beim Dauerstauziel von +139,5 m NN hat der See eine Fläche von 256 ha. Die maximale Tiefe wird mit 27,5 m angegeben. Echolotungen des Instituts für Binnenfischerei (IfB) ergaben eine maximale Tiefe von 34 m. Der Restsee besitzt eine steilscharige einheitliche Beckenform. Die mittlere Tiefe von 19,5 m bildet die morphometrische Voraussetzung für einen oligotrophen Gewässerzustand (vgl. Klapper 1992).

Die Angaben der Landestalsperrenverwaltung Sachsen zur Wasserqualität der Jahre 1994 bis 2001 weisen einen trophischen Zustand an der Grenze oligotroph zu mesotroph aus. Nach der Richtlinie zur Bewertung natürlicher Seen (LAWA 1998) liegen die Mittelwerte der Gesamtphosphor(TP)-Konzentration der Frühjahrsvollzirkulation (18 µg/l), der epilimnischen sommerlichen Gesamtphosphorkonzentration (10 µg/l) und der Sichttiefe (4,8 m) bereits im mesotrophen Bereich, während die Chlorophyll a-Konzentration der Vegetationsperiode (1,7 µg/l) oligotrophen Verhältnissen zu-

zuordnen ist. Insgesamt ergibt sich ein Trophieindex von 1,4 (nach LAWA 1998).

Die Gesamtphosphorkonzentration während der Frühjahrsvollzirkulation unterliegt zum Teil größeren Schwankungen. In den Jahren der Zufuhr von Pleißewasser sind die Werte auf 29 bzw. 25 µg/l angestiegen und in der Folgezeit wahrscheinlich durch die anschließende Sedimentationsphase auf Konzentrationen im Bereich von 10 bis 16 µg/l abgesunken.

Der See ist thermisch stabil geschichtet. Das Metalimnion liegt im Hochsommer (Ende Juli bis Anfang August) im Bereich von 8 bis 11 m Tiefe. Das Hypolimnion weist während der gesamten Sommerstagnation hohe Sauerstoffgehalte über 5 mg/l bis zum Grund auf. Der pH-Wert ist stabil neutral. Weitere Angaben zur Morphometrie, Wasserqualität und der biologischen Entwicklung des Gewässers sind bei Rümmler u.a. (2002) zu finden.

Neben dem Hochwasserschutz wird das Speicherbecken Borna als Badegewässer genutzt und ist als solches gemäß EU-Badegewässerrichtlinie eingestuft. Daraus leitet sich die wassergütewirtschaftliche Zielstellung ab, die gegenwärtig gute Wasserqualität, die eine unproblematische Badenutzung gestattet, zu erhalten (RP Leipzig 2003).

Die fischereiliche Seenbewirtschaftung ist nach den Maßgaben des Sächsischen Fischereigesetzes an den ansässigen Fischereibetrieb, der auch die Netzgehegeproduktion betreibt, verpachtet worden.

3.2 Fischbestand und fischereiliche Bewirtschaftung

Nach der Seenklassifikation der natürlichen norddeutschen Seen von Bauch (1955, 1966) kann das Speicherbecken Borna mit dem Maränensee I verglichen werden. Die Leitfischart dieser Gewässer ist die Kleine Maräne. Norddeutsche Seen dieses Typs bieten daneben Plötze, Hecht und großen Barschen sowie in mäßigem Umfang Aal, Blei, Schleie und Rotfeder Lebensbedingungen. Gelegentlich kommen auch Großmaränen und Zander vor.

Durch die Flutung, die gelegentliche Überleitung von Pleißewasser sowie Besatzmaßnahmen sind alle Arten des fischereilichen Leitbildes eingebürgert worden. Weitere Besatzmaßnahmen sind nur für Aal notwendig. Die anderen Arten bilden Bestände durch eigene Reproduktion entsprechend der vorliegenden Gewässerbedingungen aus.

Die bisherige berufsfischereiliche Seenbewirtschaftung beschränkt sich auf eine zeitlich begrenzte Fischerei mit Stellnetzen und wenigen Reusen. Der mittlere Ertrag der Jahre 1999 bis 2000 lag bei 4,4 kg/ha*a. Das Aufkommen der sehr gut vermarktbareren „Wertfische“ Aal (0,08 kg/ha*a) und Zander (0,14 kg/ha*a) ist sehr gering. Die überschlägige Ermittlung der Anglererträge ergab einen Wert von 3,2 kg/ha*a. Die angelfischereiliche Nutzungsintensität des Gewässers ist relativ niedrig.

Die Abschätzung der fischereilichen Ertragserwartung auf der Grundlage der P-PP-Fisch-Methode (Knösche u. Barthelmes 1998) mit Korrektur entsprechend der gegenwärtig landesüblichen Fischereiausübung (Brämick 1998) ergab einen Wert von 19,7 +/- 9,9 kg/ha*a. Die weitere Differenzierung der Ertragserwartung erfolgte nach Erfahrungswerten aus ähnlichen natürlichen Gewässern. Für die Kleine Maräne wurde ein mittlerer Ertrag von 5,2 kg/ha*a abgeschätzt.

Aufgrund der im Vergleich zur vorhandenen Phosphorkonzentration offensichtlich „gebremster“ Primärproduktion ist auch zukünftig eine nachhaltig erzielbare fischereiliche Ertragslage im unteren Konfidenzintervall des berechneten Wertes wahrscheinlich (s. 3.3). Dazu tragen zusätzlich auch die Begrenzung der Fischereiausübung durch die Gewässermorphometrie und die Gefahr der Fischwilderei bei.

Eine Steigerung der berufsfischereilichen Erträge wird in erster Linie durch die Bewirtschaftung der Kleinen Maräne möglich sein. Nach dem Erstbesatz 1997 und der anschließenden eigenen Reproduktion war erstmals 2001 eine vollständige Alterspyramide dieser Fischart vorhanden. Im Rahmen der durchgeführten Fischbestandsuntersuchungen wurde bisher ein niedriges und schwankendes Masseaufkommen der Kleinen Maräne festgestellt, das noch keine berufsfischereiliche Bewirtschaftung zulässt. Der Bestandsaufbau wird wahrscheinlich noch einen längeren Zeitraum erfordern und von der weiteren Entwicklung der Primärproduktion abhängig sein. Die Höhe der Phosphorkonzentration im mesotrophen Bereich ließe bei durchschnittlicher Primärproduktion gute Maränenträge mit hohen Stückmassen erwarten. In der Startphase der Maränenwirtschaft könnten sich weitere Probleme durch die für diese Fischart charakteristischen Ertragsschwankungen, die erforderliche Neuanschaffung von Netzen sowie die notwendige Markteinführung des Produktes ergeben.

Bei den Untersuchungen des Fischbestandes sind nur geringe Masseanteile der Großen Maräne ermittelt worden, die in der Tendenz mit den niedrigen berufsfischereilichen Erträgen unter 1 kg/ha*a übereinstimmen. Diese Maränenart wird sich nur ergänzend zur Leitfischart Kleine Maräne „einnischen“. Wesentliche Ertragssteigerungen erscheinen nicht möglich.

Die bisher erfolgten Aalbesatzmaßnahmen (ca. 23 Satzaale/ha) und das Bodentieraufkommen ließen bei höherer Fischereiiintensität wahrscheinlich Aalerträge im Bereich von 1 bis 2 kg/ha*a zu. Die Reusenfischerei ist durch die begrenzte Anzahl von Stellplätzen und die Vandalismusgefahr aber nicht wesentlich steigerbar. Möglichkeiten der Ertragssteigerung böten nur zusätzliche Elektrofischungen.

Ausführlicher sind die gegenwärtige fischereiliche Bewirtschaftung und die Ergebnisse der Fischbestandsuntersuchungen im Speicherbecken Borna bei Rümmler u.a. (2003) dargestellt.

3.3 Betriebswirtschaftliche Bewertung der Seenbewirtschaftung

Zur betriebswirtschaftlichen Bewertung der zukünftigen Seenfischerei auf dem Speicherbecken wurden die Marktleistung und der Deckungsbeitrag I überschlägig berechnet (Tabelle 1 u. 2). Dabei ist eine ausschließliche Direktvermarktung zugrunde gelegt worden. Die Erlöse aus den berufsfischereilichen Fängen und der anschließenden Verarbeitung und Vermarktung der Fische sowie den Angelkartenverkäufen lassen sich auf ca. 19,65 Tsd. EUR/a (netto) abschätzen. Dabei wurde für Zander, Hecht, Karpfen, Großmaräne und weitere Fischarten von den gegenwärtigen Erträgen ausgegangen. Die Erlöse aus Angelkartenverkäufen wurden ebenfalls in der aktuellen Höhe berücksichtigt. Für die Kleine Maräne und Aal ist die Hälfte des unteren Konfidenzintervalls der Ertragserwartungsabschätzung (3,9 bzw. 0,53 kg/ha*a) zugrunde gelegt worden. Damit ergibt sich ein Gesamtertrag von 11,7 kg/ha*a.

Es wurden die Preise des ansässigen Fischereibetriebes für die Abgabe an Privatkunden (netto) sowie für die Kleine Maräne ein Mittelwert aus Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern nach Hiller u.a. (1998a, 1999a) veranschlagt. Als Verarbeitungsverluste sind 23 % (Aal) bzw. 30 % (Kleine Maräne) bei Räucherware (Jahn 1983, Daten IfB unveröffentlicht) sowie 10 bis 18 % bei küchenfertigen Fischen (Wedekind 1998, Jahn 1983) berücksichtigt worden.

Tabelle 1: Erlöse der Seenbewirtschaftung mit Verarbeitung der gefangenen Fische beim Vorliegen der abgeschätzten Ertragsfähigkeit der Kleinen Maräne

Fischart (Verarbeitungsart)	Fischereiliche Erträge (kg/ha*a)	absolutes Aufkommen (kg/Jahr bzw. Karten/a)	Verkaufspreis verarbeitet brutto (EUR/kg)	Erlöse nach der Verarbeitung netto (EUR/a)++
Kleine Maräne (geräuchert)	3,9	998	10,2+	6.679
Zander (amK*)	0,14	36	12,0	350
Aal (geräuchert)	0,53	134	27,9	2.765
Große Maräne (amK)	0,55	141	7,2	844
Hecht (lebend ab Hof)	0,8	205	7,2	1.577
Karpfen (amK)	2,3	589	5,4	2.446
Sonstige** (amK)	0,31	79	6,8	456
Angelkarten	3,2	63,25***	76,7/Jahreskarte	4.534
Summe	11,73			19.651

* amK - ausgenommen mit Kopf,

** Barsch, Schleie, Regenbogenforelle,

*** Anzahl Jahresangelkarten (abgeschätzt),

+ Mittelwert nach Hiller u.a. (1998a, 1999a),

++ Abzug der Verarbeitungsverluste

Tabelle 2: Überschlägige Berechnung des Standarddeckungsbeitrags I der Seenbewirtschaftung mit Verarbeitung der gefangenen Fische beim Vorliegen der abgeschätzten Ertragsfähigkeit der Kleinen Maräne

Kennwert	EUR/ha netto
Marktleistung	76,76
Besatzkosten (Aal, Karpfen, Forelle)	14,14
Weitere variable Kosten*	4,73
Saisonarbeitskräfte	3,83
Deckungsbeitrag I Seenbewirtschaftung mit Maränenwirtschaft	54,06

* variable Maschinenkosten 2,09 EUR/ha,

Risikoansatz 0,92 EUR/ha,

Zinsanspruch Umlaufvermögen (Besatz) 0,57 EUR/ha,

Verarbeitungs- und Vermarktungsmaterialien 1,15 EUR/ha nach Hiller u.a. (1998a),

Die variablen Kosten der Deckungsbeitragsrechnung I setzen sich neben den jährlichen Besatzkosten mit Aal (60 kg Satzaal mit 40 g Stückmasse bei 25 % Überlebensrate), Karpfen (500 kg) und Forelle (500 kg) aus weiteren Positionen zusammen, für die Mittelwerte nach Hiller u.a. (1998a) angesetzt wurden (Tabelle 2).

Aus dem Deckungsbeitrag I, der sich nach Abzug der variablen Kosten von der Markt-

leistung ergibt, müssen Löhne und Festkosten (Maschinen, Geräte, Fahrzeuge, Pacht und Gemeinkosten) beglichen werden. Gleichzeitig muss daraus, sofern möglich, die Gewinnbildung erfolgen. Der für die zukünftige Seenbewirtschaftung des Speicherbeckens berechnete Standarddeckungsbeitrag I von 54,1 EUR/ha bzw. der Gesamtdeckungsbeitrag I von 13,84 Tsd. EUR ist sehr gering.

Es ist absehbar, dass die Seenfischerei auch mit einer entwickelten Maränenwirtschaft nur weniger als eine halbe Arbeitskraft tragen kann, wenn jährliche Lohnkosten von 20,5 Tsd. EUR zugrunde gelegt werden (Klemm u. Füllner 1995, Klemm u.a. 2000).

3.4 Phosphorentnahme durch die Seenfischerei

Mit der Fischentnahme durch die Seenbewirtschaftung sind gleichzeitig Phosphorausträge verbunden. Bei einem Phosphorgehalt der gefangenen Fischarten im Bereich von 3,9 g/kg (0,39 %) bis 10,2 g/kg (1,02 %) (Schreckenbach u.a. 2001) und einer Gesamtfischentnahmemenge nach der Entwicklung der Maränenwirtschaft von ca. 3,0 t/a wäre durch die Seenbewirtschaftung eine Phosphorentnahme von 15,3 kg/a möglich. Der Anteil der Berufsfischerei würde dabei 11,1 kg/a betragen. Gegenwärtig beläuft sich die Phosphorentnahme durch die Berufs- und Angelfischerei auf ca. 9,9 kg/a (Berufsfischerei ca. 5,8 kg/a).

4 Forellennetzgehegeproduktion und damit verbundene Phosphoreinträge

4.1 Produktionsablauf

Auf dem Speicherbecken Borna wird dem ansässigen Fischereibetrieb eine begrenzte Netzgehegeproduktion von Forellen unter Einsatz von maximal 25 t phosphorarmen Futter im Jahr gestattet.

Der gegenwärtige maximale Produktionsumfang liegt bei ca. 20 t Abfischung. Die folgenden Angaben beziehen sich auf diese Produktionshöhe (Tabelle 3).

Die mittlere Stückmasse der vermarktungsfähigen Fische wird mit rund 350 g angesetzt. Am Anfang der Produktionsphase werden je zwei Netzgehege vom Typ „Rechlin“ und „Rostock“ und in der Endphase jeweils vier Netzgehege genutzt. Das maximale produktive Volumen beträgt ca. 1300 m³. Die Endbestandsdichte ist mit 15,4 kg/m³ als durchschnittlich einzustufen (Steffens 1991).

Tabelle 3: Produktionstechnologische Kennziffern der Forellennetzgehegeproduktion auf dem Speicherbecken Borna (gegenwärtig maximal vermarktbar Produktionshöhe)

Produktionsphase April - Oktober:	
Abfischung (t)	20
Stückmasse, Abfischung (g)	350
Verluste (%)	10
Besatz (t)	4,714
Stückmasse, Besatz (g)	75
Produktionsdauer (d)	180
Bestandszuwachs (t)	15,3
FQ (kg Futter/kg Zuwachs)	1,2
Futtermenge (t)	18,34
Hälterungsphase November - Dezember:	
mittlerer Bestand (t)	14,90
Futtermenge (% der Bestandsmasse)	0,25
Futtermenge (t)	2,79
Hälterungsphase Januar - April:	
mittlerer Bestand (t)	1,50
Futtermenge (% der Bestandsmasse)	0,25
Futtermenge (t)	0,45
Gesamtfuttermenge (t):	21,59

Aufgrund der in Seen stärker wechselnden Temperatur-, pH- und Sauerstoffverhältnisse wird mit physiologisch stabileren älteren Setzlingen von 50 bis 100 g Stückmasse begonnen. Bei der angegebenen Produktionshöhe, einer mittleren Satzfishstückmasse von 75 g und einer Verlustrate von 10 % ergibt sich ein Satzfishbedarf von 4,714 t.

In der Produktionsphase von April bis Oktober wird ein Zuwachs von ca. 15,3 t erzielt. Der Futterquotient (FQ) liegt bei 1,2 kg Futter/kg Zuwachs.

In der Zeit von Oktober bis zum Ende des Jahres werden ca. 17 t der aufgezogenen Forellen vermarktet.

Der Rest von ca. 3 t wird bis zum Beginn der nächsten Produktion und teilweise auch noch später verkauft. Während dieser Hälterungsphase erfolgt die Verabreichung von Erhaltungsfutter in Höhe von 0,25 % der Bestandsmasse. Insgesamt werden bei dieser Produktionshöhe ca. 21,6 t Futter eingesetzt.

Die Forellen werden zu über 90 % direkt als küchenfertige Ware (amK - ausgenommen mit Kopf, 70 % Anteil) oder geräuchert (30 % Anteil) vermarktet. Nur in geringem Umfang wird an den Kleinhandel, z.B. Fischgeschäfte und Gaststätten, verkauft.

Eine Abgabe der Produktion zu den bedeutend niedrigeren Großhandelspreisen wäre unter den vorhandenen relativ ungünstigen Bedingungen nicht möglich.

Der überwiegende Teil der Produktionsperiode verläuft bei höheren sommerlichen Temperaturen, die nur einen begrenzten Zuwachs und einen weniger guten Futterquotienten gestatten. Weitere ungünstige Faktoren sind Eisgang und Wind im Winter, relativ schlechte Kontroll-, Fütterungs- und Bewirtschaftungsmöglichkeiten sowie Fischverluste und Beschädigung der Anlagen durch Vandalismus.

Der jährlich realisierte Produktionsumfang unterhalb der wasserwirtschaftlichen Vorgaben wird durch die Absatzmöglichkeiten im Einzelhandel bestimmt. Die angegebene Produktionshöhe ist die maximale Fischmasse, die nach den bisherigen Erfahrungen über die angegebenen Absatzwege vermarktet werden kann.

Bei schlechterem Absatz und damit höheren Hälterungsbeständen wird die geplante Produktionshöhe für das folgende Jahr zwangsläufig verringert. Der in den letzten Jahren aufgrund der Absatzmöglichkeiten realisierte Produktionsumfang (Zuwachs) lag im Bereich von 10 bis 15 t (mündliche Auskunft Etzold 2001).

4.2 Betriebswirtschaftliche Bewertung der Produktion

Zur betriebswirtschaftlichen Bewertung der Forellenproduktion wurde wie bei der Seenfischerei eine überschlägige Berechnung der Erlöse und des Deckungsbeitrags I durchgeführt (Tabelle 4 u. 5).

Die Erlöse liegen mit den Verkaufspreisen des Betriebes sowie den aufgeführten Vermarktungs- und Angebotsformen bei 108,2 Tsd. EUR/a (Tabelle 4).

Es sind durchschnittliche Verarbeitungsverluste von 31 % bei Räucherware und 18 % bei küchenfertigen Forellen (Wedekind 1998) berücksichtigt worden.

Die variablen Kosten setzen sich in erster Linie aus den Satzfish- und Futterkosten zusammen. Weitere Kosten im Produktionsbereich wurden nach Hiller u.a. (1998b, 1999b) sowie für die Verarbeitung nach Reiter u.a. (1995) berücksichtigt. Es ergibt sich ein Standarddeckungsbeitrag von 2,83 Tsd. EUR/t Abfischung (Tabelle 5) bzw. ein Gesamtdeckungsbeitrag I von 56,64 Tsd. EUR.

Tabelle 4: Erlöse der Forellennetzgehegeproduktion mit Verarbeitung der Fische

Menge, Verarbeitung, Vermarktung	EUR/Jahr netto
12 t küchenfertig, Direktvermarktung, 6,75 EUR/kg brutto, 18 % Verarbeitungsverlust*	62.075
2 t küchenfertig, Einzelhandel/Gaststätten, 3,89 EUR/kg netto, 18 % Verarbeitungsverlust	6.380
6 t geräuchert, Direktvermarktung, 10,28 EUR/kg brutto, 31 % Verarbeitungsverlust*	39.775
Summe	108.230

* n. Wedekind (1998)

Tabelle 5: Überschlägige Berechnung des Standarddeckungsbeitrags I der Forellennetzgehegeproduktion mit Verarbeitung der Fische

Kennwert	EUR/t netto*
Marktleistung	5.411
Besatz	1.085
Futter	966
weitere variable Kosten der Produktion**	281
variable Kosten Verarbeitung „küchenfertige Forelle“ ***	87+
variable Kosten Verarbeitung „geräucherte Forelle“ ***	160+
Summe variable Kosten	2.579
Deckungsbeitrag	2.832

* bezogen auf t Forelle lebend

** variable Maschinenkosten 5,1 EUR/t, Risikoansatz 194 EUR/t,

Zinsanspruch Umlaufvermögen (Besatz u. Futter) 82 EUR/t nach Hiller u.a. (1998b, 1999b),

*** n. Reiter u.a. (1995), + variable Kosten der beiden Verarbeitungsarten anteilig berücksichtigt

4.3 Phosphoreinträge der Forellenproduktion

Fischproduktion ist immer mit Fütterung verbunden und führt durch die Ausscheidungen der Fische über die Kiemen sowie als Harn und Kot zum Eintrag von organischer Substanz sowie von Stickstoff- und Phosphorverbindungen ins Wasser.

In den letzten Jahrzehnten ist vor allem durch neue Entwicklungen auf dem Futtermittelsektor eine wesentliche Verringerung der Umweltbelastung durch die Forellenproduktion erreicht worden (Steffens 1991, Renner 1993, Rösch 1997).

Die Einführung des Extrusionsverfahrens ermöglichte es, neben der Verbesserung der Stärkeverdaulichkeit einen bedeutend höheren Fettanteil in den Futtermitteln unterzubringen. Dadurch wurde der Nichtproteinenergieanteil wesentlich gesteigert und es ließ sich ein ausgewogenes Protein-Energie-Verhältnis bei geringerem Proteinanteil erzeugen. Diese hochenergetischen und hochverdaulichen Futtermittel führten zu einer wesentlichen Verbesserung der Proteinverwertung im Fisch und zu einer bedeutenden Verringerung des Futteraufwandes. Damit wurden gleichzeitig auch die umweltrelevanten Ausscheidungen der Tiere deutlich reduziert (Steffens 1993, Schuhmacher u. Gropp 1992, 1999, Rösch 1997).

Durch den Einsatz von Eiweißträgern, die neben einer hohen Proteinwertigkeit niedrige Phosphorgehalte aufweisen, wurde dieser für

die Gewässereutrophierung entscheidende Substanzanteil im Futter von über 2 % (Barthelmes u. Predel 1983) auf unter 1 % verringert (Schuhmacher u. Gropp 1999, Steffens 1993, Pfeffer 1993, Wedekind u. Göthling 2000). Gleichzeitig besitzen extrudierte Futtermittel eine lange Wasserstabilität, einen geringen Abriebanteil und sind schwimmfähig oder langsam sinkend, was zu geringeren Futterverlusten führt (Steffens 1993).

In der ehemaligen DDR lag der Futterquotient vor 1989 bei durchschnittlich 2,8 kg Futter/kg Zuwachs in Netzkäfiganlagen und 2,4 kg Futter/kg Zuwachs in Rinnenanlagen (Steffens 1991). Im Jahr 1996 sind infolge der beschriebenen Entwicklung in Anlagen in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern Werte von 1,1 bis 1,2 bzw. 0,95 bis 1,25 kg Futter/kg Zuwachs ausgewiesen worden (Hiller u.a. 1998b, 1999b). Gegenwärtig wird auch unter Praxisbedingungen ein Futterquotient von 1,0 und darunter für möglich gehalten (Rösch 1997, Schuhmacher u. Gropp 1999, Deitert bei Steffens 2000).

Zusammen mit der Phosphorreduzierung in den Futtermitteln ergibt sich dadurch eine rechnerische Verringerung der gegenwärtig mit der Fischproduktion verbundenen Phosphoreinträge (FQ 1,0; Phosphorgehalt 0,8 %) um mehr als 90 % gegenüber 1989 (Barthelmes u. Predel 1983, Pfeffer 1989, Rodehutschord 1995).

Die Ermittlung der Phosphoreinträge durch die Fischproduktion in Netzgehegeanlagen erfolgt

nach Gleichung 1 (Barthelmes u. Predel 1983, Predel 1983).

$$m_{PW} = (m_{PF} * FQ) - m_{PR} \quad (1)$$

m_{PW}	-	Phosphoreintrag ins Wasser (g P/kg Zuwachs)
m_{PF}	-	Phosphorgehalt des Futters (g P/kg Futter)
m_{PR}	-	Phosphorgehalt der (Regenbogen)Forelle (g P/kg Fisch)
FQ	-	Futterquotient (kg Futter/kg Zuwachs)

Diese einfache Massebilanz (Phosphormasse durch das Futter zugeführt - Phosphormasse im Fisch gebunden = Phosphormasse ins Wasser abgeführt) erfasst neben den Ausscheidungen der Fische auch die Futterverluste.

Nach Gleichung 1 geben die Futtermittelhersteller seit Mitte der 90er Jahre so genannte Umweltzahlen (Eintragswerte) ihrer Produkte an, die die Vergleichbarkeit und Quantifizierung der Umwelteinflüsse der Fischproduktion bzw. der Futtermittel verbessern. Dieser Ansatz wird auch in Schweden als Standardmethode zur Ermittlung der Phosphoreinträge durch die Netzgehegehaltung verwandt (Hakanson u.a. 1998).

Vor 1989 wurde in der DDR eine jährliche Produktionsintensität von maximal 1 t Fischproduktion/10 ha Seenfläche als Richtwert zur Verhinderung einer nachhaltigen Verschlechterung des Gewässergütezustandes durch die Netzkäfigproduktion angegeben (Predel 1983). Häufig wurde dieser Richtwert aber nicht eingehalten.

Das in der Netzgehegeanlage Borna 1999 bis 2000 eingesetzte Futtermittel hatte folgende Zusammensetzung: 44 % Rohprotein, 22 % Rohfett, 18 % Kohlenhydrate und 0,8 % Phosphor (8 kg P/t Futter).

Vom Hersteller wurde eine Bruttoenergie von 22,4 MJ/kg und eine verdauliche Energie von 19,7 MJ/kg angegeben.

Die Umweltzahlen lagen für FQ-Werte von 0,85 und 1,0 bei 3,2 bzw. 4,6 kgP/t Zuwachs.

Für den vorliegenden, eher ungünstigen FQ von 1,2 ergibt sich nach Gleichung 1 ein Phosphoreintrag von 5,2 kgP/t Zuwachs. Dabei wurde ein Phosphorgehalt der Regenbogenforelle von 4,4 gP/kg (0,44%) (Barthelmes u. Predel 1983, Schreckenbach u. Wedekind 1996, Rodehutscord 1995) zugrunde gelegt.

Der Phosphoreintrag während der Produktionsphase beträgt damit maximal 79,56 kg. Der Phosphoreintrag im Verlauf der Hälterungsphase wurde überschlägig anhand der mit dem Futter zugeführten Phosphormasse und einer angenommenen Phosphorretention im Fisch von 60 % (Schreckenbach u. Wedekind 1996, Pfeffer bei Steffens 2000) ermittelt. Es ergibt sich ein maximaler Phosphoreintrag von insgesamt 81,00 kg/a (79,56 kg Produktionsphase, 1,44 kg Hälterungsphase) durch die Netzgehegeproduktion.

Nach den Angaben des Futtermittelherstellers sind 56 bis 65 % des eingetragenen Phosphors im Wasser gelöst und 35 bis 44 % partikulär gebunden (Bodensatz aus Kot und Futterresten). Der Anteil des partikulär gebundenen Phosphors der Ausscheidungen der Fische kann sehr unterschiedlich sein. Eine Reihe von Autoren (z. B. Ziemann 1988, Deufel u. Löffler 1991, Behmer u.a. 1993, Bergheim u.a. 1993, Hakanson u.a. 1998, Johansson u.a. 1998) geben für den an Feststoffen gebundenen Phosphoranteil höhere Werte (45 bis 72 %) an.

Mit der Sedimentation eines Teils der Ausscheidungsprodukte und Futterreste unter den Netzgehegen wird auch der darin partikulär gebundene Phosphor dem Nährstoffkreislauf des Gewässers weitgehend entzogen (Ziemann 1988, Hakanson u.a. 1998, Johansson u.a. 1998). Daneben fressen freilebende Wildfische einen nicht unerheblichen oder sogar den überwiegenden Anteil der absinkenden Feststoffe (Kieckhäfer 1983, Johansson u.a. 1998, Jansen 1999b, Hakanson u.a. 1998, Wedekind u.a. 1999). Deren Phosphorausscheidungen werden zu unterschiedlichen Anteilen im Wasser gelöst, sedimentieren oder werden weiter in das Nahrungsnetz inkorporiert (Aufnahme durch Bakterien, Zooplankton und Bodentiere). Diese Vorgänge führen auch dazu, dass die organische Substanz der Netzgehegeproduktion über einen größeren Bereich des Gewässerbodens verteilt wird. Die Wildfische selbst gehen durch Raubfischfraß ebenfalls weiter ins Nahrungsnetz ein.

Letztendlich führt die direkte Sedimentation sowie die direkte Inkorporation des Kots und der Futterreste ins Nahrungsnetz dazu, dass ein bedeutender Anteil des Phosphors, der durch die Netzgehegeproduktion ins Gewässer eingetragen wurde, nicht zur Erhöhung der Phosphorkonzentration im See beiträgt und damit auch nicht für die Primärproduktion zur Verfügung steht.

Tabelle 6: Fänge mit einem Multimaschengrundstellnetz (46 m * 3 m, 14 Maschenweiten) in unmittelbarer Nähe eines Netzgeheges in ca. 15 bis 20 m Tiefe am 5.10. (tags) und 5. bis 6.10.1999 (nachts)

Fischart	Längenbereich (cm)	Anzahl	Masse (g)	Mittel Masse (g)	Einheitsfang (St./100 m ² *Nacht)	Einheitsfang (kg/100 m ² *Nacht)
Barsch	5 - 10	2	19,7	9,9		
	10 - 15	26	408,7	15,7		
	20 - 25	2	366,4	183,2		
	30 - 35	1	496,2	496,2		
Summe Barsch		31	1291		30,0	1,329
Kaulbarsch	5 - 10	4	43,8	11,0	2,3	0,025
Plötze	5 - 10	1	6,7	6,7		
	30 - 35	2	1312,8	656,4		
Summe Plötze		3	1319,5		1,7	0,762
Rotfeder	10 - 15	1	38,7	38,7	0,6	0,022
Gesamtsumme		39	2693		34,6	2,139

In mehreren schwedischen Seen führten diese Effekte dazu, dass die infolge der Netzkäfigproduktion erwartete bzw. berechnete Erhöhung der Phosphorkonzentration im Gewässer nicht aufgetreten ist (Johansson u.a. 1998, Hakanson u.a. 1998).

Der experimentelle Nachweis der Aufnahme und Verteilung der Emissionen einer Netzgehegeanlage durch Wildfische ist von Johansson u.a. (1998) erbracht worden. Gleichzeitig wurden erste Versuche zur Quantifizierung dieser Umsetzungsmechanismen vorgenommen (Johansson u.a. 1998, Hakanson u.a. 1998).

Durch eine Probefischung mit einem Multimaschengrundstellnetz im Bereich eines Netzgeheges im Speicherbecken Borna konnten die relativ hohen Wildfischbestände auch hier nachgewiesen werden, die sich in diesem Gewässerbereich trotz der für diese Arten ungünstigen Temperaturbedingungen von ca. 7 bis 9 °C (15 bis 20 m Tiefe) aufhielten (Tabelle 6). Die Einheitsfänge waren höher als die im Freiwasser (Rümmler u.a. 2003).

5 Betriebswirtschaftliche Schlussfolgerungen

Der Unterschied zwischen den Gesamtdeckungsbeiträgen I aus der Seenbewirtschaftung einschließlich der erst zu entwickelnden Maränenwirtschaft und der Forellennetzgehegeproduktion von 13,84 Tsd. EUR/a gegenüber 56,64 Tsd. EUR/a zeigt deutlich, dass die Forellennetzgehegeproduktion die wesentliche

Existenzgrundlage dieses Fischereiunternehmens mit vier Mitarbeitern ist. Zum Betrieb gehören daneben noch eine kleinere Teichwirtschaft und die Fischereipacht eines zweiten Speicherbeckens.

Die weitere Entwicklung der Seenfischerei auf dem Speicherbecken Borna kann ein wichtiges ergänzendes Geschäftsfeld des Betriebes sein; eine betriebswirtschaftliche Alternative zur Netzgehegeproduktion wird sie aber in naher Zukunft nicht darstellen können.

Der Charakter eines Mischbetriebes mit verschiedenen Geschäftsfeldern und einer breiten Palette selbst erzeugter Fischarten trägt wesentlich zur wirtschaftlichen Stabilität des Fischereiunternehmens bei.

Daneben ist der See als Mittelpunkt und anziehende Kulisse für die Vermarktung von großer Wichtigkeit.

Aus diesen Gründen ist die Seenbewirtschaftung des Speicherbeckens trotz der begrenzten Erträge von nicht zu unterschätzender Bedeutung für den Fischereibetrieb.

6 Anteil des Phosphoreintrags durch die Netzgehegeproduktion an den Phosphoreinträgen insgesamt und mögliche Auswirkungen auf die Gewässertrophie

Um den Anteil des Phosphoreintrags durch die Netzgehegeproduktion am Phosphoreintrag ins Gewässer insgesamt zu erfassen, wurden die einzelnen Phosphorein- und -austräge abge-

schätzt (Tabelle 7). Derartige Bilanzen haben nur einen überschlägigen Charakter, da sich die meisten Eintragsarten nur sehr grob erfassen lassen oder Schätzungen und Erfahrungswerte zugrunde gelegt werden müssen. Diese größenordnungsmäßige Betrachtung ist aber die einzige Möglichkeit, die Bedeutung der einzelnen Belastungsquellen zu erkennen und Möglichkeiten ihrer Reduzierung aufzuzeigen.

Die "Fluxwerte" (TP-Werte) für die einzelnen Phosphorquellen und -senken ergeben sich aus Angaben der Landestalsperrenverwaltung Sachsen und des bewirtschaftenden Fischereibetriebs sowie den vorangestellten Berechnungen. Bei differierenden Daten wurde der Mittelwert gebildet. Beim Vorliegen unterschiedlicher spezifischer Werte für einzelne Eintragsquellen sind Spannen aufgeführt worden. Für die weiteren Betrachtungen wurden hier ebenfalls die Mittelwerte genutzt.

Der mittlere jährliche Gesamteintrag an Phosphor durch das Grundwasser, die Hochwasserüberleitung, durch Wasservögel und Badende, aus der Luft sowie durch die Netzgehegeproduktion wurde auf 412 kgP/a abgeschätzt. Daran hat der Phosphoreintrag durch die Netzgehegeproduktion einen Anteil im Bereich von 12 bis maximal 20 % (Tabelle 8).

Die erfassten mittleren jährlichen Phosphorausträge durch die ober- und unterirdische Wasserableitung sowie die Entnahme von Fischen durch die Seenfischerei liegen bei ca. 46 kgP/a.

Ein großer Unsicherheitsfaktor dieser Bilanz ist die fehlende Kenntnis der Menge des abströmenden Grundwassers, dessen Anteil auch im Grundwasserzufluss nicht berücksichtigt wurde (s. 3.1). Relativ unsicher ist auch die Phosphorkonzentration des Grundwassers. Aufgrund des Fehlens gewässernaher Grundwassermessstellen konnte zur Abschätzung der Phosphorkonzentration des Grundwassers nur eine abstromseitige, etwas entferntere Messstelle herangezogen werden.

Die Differenz der bilanzierten Phosphorein- und -austräge verbleibt im Gewässer. Insbesondere werden die in der abgestorbenen Biomasse inkorporierten Phosphorverbindungen dauerhaft im Sediment deponiert. Daneben weisen Braunkohletagebaurestseen durch die reichliche Sauerstoffversorgung am Gewässergrund sowie die mineralischen und eisenhaltigen Sedimentoberflächen, die erst nach Jahren oder Jahrzehnten mit Algen-Feindetritus-Gyttja bedeckt werden, in der Regel ein deutlich besseres Phosphorbin-

dungsvermögen als natürlich entstandene Seen auf.

Dazu trägt in hohem Maße auch die Zufuhr eisenhaltigen Grundwassers bei, das zu verschiedenen Fällungs-, Bindungs- und Sedimentationsprozessen des Phosphors führt (Klapper u.a. 2001).

Die Böschungen des Speicherbeckens Borna werden nahezu vollständig aus Kippenflächen gebildet (mündliche Auskunft Kringel 2001). Infolge der intensiven oxidischen Pyrit- und Markasitverwitterung weisen diese in der Regel besonders hohe Konzentrationen an mobilem Eisen auf, das mit dem Grundwasser in den Restseen eingetragen wird. Dem damit verbundenen Säurebildungspotential steht in den Seen südlich von Leipzig meist ein entsprechendes Neutralisationspotential gegenüber, das eine Versauerung verhindert. Ursache sind die vergleichsweise hohen Kalkanteile des anstehenden Gesteins und damit auch des Abraums (Klapper u. Schultze 1993). Einen Hinweis auf die hohen Eisenkonzentrationen des zufließenden Grundwassers im Speicherbecken Borna geben die rostbraunen Ablagerungen der ausgefällten Eisenhydroxide an verschiedenen Uferbereichen.

Die direkt auf dem Seeboden abgelagerten oder von Wildfischen aufgenommenen und anschließend als deren Ausscheidungen sedimentierten partikulären Emissionen der Netzgehegeanlage sind ein weiterer spezieller Mechanismus der Phosphorfestlegung (s. 4.3).

Die Phosphorfestlegung im Sediment ist jedoch nur so lange wirksam, solange die kationischen Bindungspartner verfügbar bleiben, d.h. in der Regel aerobe Verhältnisse am Gewässergrund herrschen.

Die Auswirkungen der Phosphoreinträge durch die Netzgehegeproduktion auf die Trophie des Gewässers müssen in Abhängigkeit von den Nährstoffeinträgen sowie den morphometrischen, hydrologischen und aktuellen trophischen Gewässerbedingungen betrachtet werden.

Für eine entsprechende Abschätzung wurde das Vollenweider-Modell herangezogen (Vollenweider 1979, OECD 1982). Dieses „Nährstoffbelastungsmodell“ ist aus der Massebilanz eines Mischreaktors abgeleitet worden und sollte daher prinzipiell auch auf Braunkohletagebaurestseen anwendbar sein. Die Parameterausprägung könnte aber in Abhängigkeit vom Sukzessionszustand des Braunkohletagebaurestsees weitere Anpassungen erforderlich machen (Nixdorf u. Leßmann 1999).

Tabelle 7: Phosphorbilanz für das Speicherbecken Borna im Mittel der Jahre 1990 bis 1999

Phosphoreintrag				
Eintragsart	spezifische Eintragsrate	Eintrag Borna (kgP/a)	Anteil (%)	Bemerkung
atmosphärischer Eintrag	0,5 ^{1,2} kg/ha*a	128	31,0	
Grundwasserzu- strom	1,5 Mio. m ³ /a angenom- men (entspricht messba- rem Abfluss), 0,1 mgP/l	150	36,4	Grundwasserzu- und - abfluss sowie deren Vermischung im Spei- cher unbekannt; eben- so Umfang der Phos- phorfällung im Spei- cher durch den Eintrag von gelöstem Eisen
oberirdische Zuflüsse	natürliches Einzugsgebiet 513 ha, Zuflüsse nicht vorhanden, Stoffeintrag über Grundwasser			Niederschlag über das Grundwasser zuflie- ßend; daher keine Eintragsrate
Hochwasser- einleitung	2 Hochwasserereignisse 1990 - 1999, Einleitung 4,7 Mio. m ³ u. 134 kgP; (134 kgP/10 a)	13,4	3,3	Unmittelbare Wirkung eingeleiteter Hoch- wässer auf trophi- schen Zustand ist größer
Wasservögel	1000 Gänse 45 d, 0,44 ³ - 0,98 ¹ gP/Gans*d	32,0 (19,8 - 44,1)	8,4	
	100 Möwen 182 d, 0,14gP/Möwe*d ³	2,5		
Badegäste	750 Badende/d 90 d, 65 ³ - 94 ³ mgP/Badender*d	5,4 (4,4 - 6,4)	1,3	
Netzgehege- produktion	Produktionsphase 15,3 t Zuwachs* 5,2 kgP/t Zuwachs	79,6	19,6	maximal vermarktbar Produktion, weitere Ansätze s. Tabelle 8
	Hälterungsphase	1,4		
Gesamteintrag/a		412,3	100	
Phosphorausrag bzw. Phosphorsenken				
oberirdische Abflüsse	2 Mio. m ³ /a (Mittel 10 Jahre einschließlich Hochwasserableitung), 0,018 mgP/l	36		
Seenfischerei (gegenwärtig)	Ertrag 7,6 kg/ha, 0,51gP/kg Fisch	9,9		
Grundwasserab- strom	unbekannt			
Sedimentation	unbekannt; u. U. erheblich			
partikulär gebun- dener Phosphor der Fischproduk- tion	Sedimentation und Inkor- poration ins Nahrungsnetz unbekannt, nicht vernachlässigbar			Abschätzung s. Tabelle 8

1 Naujokat 1997

2 Messungen Landestalsperrenverwaltung Sachsen

3 zusammengefasste Angaben bei Hoffmann u.a. 1995

Tabelle 8: Phosphoreintrag, Flächenbelastung und berechnete Phosphorkonzentration im Speicherbecken Borna nach Gleichung 2 für die maximale Fischproduktion, die mittlere gegenwärtige Produktion sowie bei Berücksichtigung der Sedimentation eines Teils des partikulär gebundenen Phosphoreintrags durch die Netzgehegeproduktion

Produktionshöhe Netzgehegeanlage (t)	15,3	12,5	12,5
Vermarktungsmöglichkeiten	maximal vermarktbarer Bestand	durchschnittlich vermarktbarer Bestand	
angesetzter Anteil des eingetragenen Phosphors, der zur Konzentrationserhöhung im See beiträgt (%)	100 %	100 %	70 % (30 % direkte Sedimentation)
Phosphoreintrag Netzgehegeproduktion (kg/a)	81	66,1	46,3
Phosphoreintrag ins Gewässer gesamt (kg/a)	412,3	397,4	377,6
Anteil der Netzgehegeproduktion (%)	19,6	16,6	12,3
korrigierter Eintrag (um die Phosphorentnahme der Seenfischerei) (kg/a)	402,4	387,5	367,7
Flächenbelastung (gP/m ² *a)	0,16	0,15	0,14
Berechnung der Phosphorkonzentration im Gewässer nach Gleichung 2			
mittlere Wasserverweilzeit (a)	25	25	25
mit Netzgehegeproduktion (µg/l)	34	33	31
ohne Netzgehegeproduktion (µg/l)	28	28	28
Differenz (µg/l)	6	5	3
prozentuale Erhöhung (%)	21	17	11

Die für natürliche Seen empirisch parametrisierte Beziehung des Modells ermöglicht die Berechnung der sich im Gewässer einstellenden Phosphorkonzentration in Abhängigkeit von der mittleren Phosphorkonzentration im Zufluss und der theoretischen Wasserverweilzeit (Gleichung 2). Zur Ermittlung der Zuflusskonzentration wird der Quotient aus dem mittleren jährlichen Phosphorgesamteintrag und der mittleren jährlichen Wasserabflusssumme gebildet.

$$C_{PS} = C_{PZ} / (1 + \sqrt{R_t}) \quad (2)$$

C_{PS} - mittlere Phosphorkonzentration im See (g/m³)

C_{PZ} - mittlere Phosphorkonzentration im Zufluss (g/m³)

R_t - theoretische Wasserverweilzeit (a)

Das Vollenweider-Modell berücksichtigt als Phosphorsenken bzw. -austräge nur die empirisch zu ermittelnde Phosphorsedimentation und den Phosphoraustrag mit dem Wasserab-

fluss. Eine direkte Phosphorentnahme wie durch die Seenfischerei ist im Bilanzansatz dieses Modells nicht erfasst worden. Es ist daher erforderlich, die Phosphoreinträge durch die Fischerei als die im Gewässer verbleibende jährliche Phosphormasse (Emission durch die Forellenproduktion - Entnahme durch die Seenfischerei) zu berücksichtigen (Tabelle 8).

Mit der maximalen und der mittleren gegenwärtig realisierten Forellenproduktion sowie bei der Berücksichtigung der Sedimentation eines Teils der partikulären Phosphoreinträge durch die Netzgehegeproduktion (Tabelle 8) ergibt sich nach Gleichung 2 eine Phosphorkonzentration im See im Bereich von 31 bis 34 µg/l. Der Mittelwert der gemessenen Phosphorkonzentrationen während der Frühjahrsvollzirkulation von 18 µg/l liegt deutlich darunter.

Für diese Abweichungen kommen im Wesentlichen drei Ursachen in Frage.

Zum einen wird beim Vollenweider-Modell von einem dynamischen Gleichgewichtszustand

ausgegangen, der sich im Speicherbecken Borna nach den Hochwassereinleitungen im Verlauf mehrerer Jahre immer wieder neu einstellen muss. Durch die Ermittlung eines repräsentativen mittleren Wertes der gemessenen Phosphorkonzentrationen im See wurde versucht, diesen Gleichgewichtszustand zu erfassen.

Andererseits könnte eine Überschätzung der angesetzten Phosphoreinträge, d.h. der externen Belastung, erfolgt sein. Für die beiden wesentlichsten Eintragsquellen Grundwasserzufuhr (s.a. 3.1) und atmosphärischer Eintrag ist dies eher unwahrscheinlich. Eine Überschätzung der anderen Eintragsquellen kommt aufgrund ihrer Größenordnung als alleinige Ursache für die Differenzen nicht in Betracht.

Daraus ergibt sich, dass die dritte Möglichkeit eher zutreffend sein wird; die Phosphorrückhaltung im Speicherbecken Borna ist bedeutend höher als die durchschnittlichen Werte $[R = (1/(1+R_t^{-0,5}))]$ in natürlichen Gewässern, für die Gleichung 2 ermittelt wurde.

Das Größenverhältnis der beiden Faktoren $R_1 < R_2$ (Gleichung 3) weist auf diese überdurchschnittlich hohe Phosphorbindung am Sediment hin (Vollenweider 1979, Hennig 1986).

$$R_1 = \frac{CPS}{CPZ} = 0,083 < R_2 = \frac{1}{1 + \sqrt{R_t}} = 0,167 \quad (3)$$

Derartige Zustände sind charakteristisch vor allem für „junge“ Braunkohletagebaurestseen und werden durch die aufgeführten besonderen Bedingungen in diesen Gewässern hervorgerufen. Es ist zu vermuten, dass das hohe Phosphorbindungsvermögen in dem bereits mehr als zwei Jahrzehnte alten Braunkohletagebaurestsee Borna erhalten bleibt, solange sich die Zufuhr eisenhaltigen Grundwassers aus den umgebenden Kippenflächen nicht durch die schrittweise Kolmation der Grenzschicht zum Wasserkörper bedeutend verringert.

In Tabelle 8 sind die Berechnungsergebnisse nach Gleichung 2 für die maximal vermarktbar Produktionshöhe von 15,3 t und die in den letzten Jahren realisierte durchschnittliche Produktionshöhe von 12,5 t angegeben worden. Zusätzlich wurde für die durchschnittliche Produktionshöhe der partikuläre Phosphoranteil der Netzgehegeemissionen berücksichtigt.

Dabei ist davon ausgegangen worden, dass die Phosphoreinträge durch die Netzgehegeproduktion zum Teil andere Sedimentationseigen-

schaften aufweisen als die übrigen Phosphoreinträge. Kot und Futterreste tragen durch direkte Sedimentation oder die Aufnahme durch Wildfische und anschließende Sedimentation zum großen Teil nicht zur Erhöhung der Phosphorkonzentration im Gewässer bei (s. 4.3). Zur größenordnungsmäßigen Abschätzung dieses Einflusses wurde ein „unwirksamer“ Phosphoranteil der partikulären Ausscheidungen von 75 % angesetzt (30 % der Phosphoreinträge der Netzgehegeproduktion) (Predel 1983, Ziemann 1988, Klapper 1992).

Ohne die Netzgehegeproduktion und die fischereiliche Seenbewirtschaftung ergibt sich eine Phosphorkonzentration im See von 28 µg/l (Tabelle 8). Die rechnerisch ermittelte Konzentrationserhöhung durch die Netzgehegeproduktion liegt im Bereich von 3 bis 6 µg/l.

Eine Veränderung der Trophiestufe des Gewässers durch die Forellennetzgehegehaltung ist daher auch bei der Zugrundelegung des „worst case“ (maximale Produktionshöhe, Phosphoreinträge der Produktion tragen vollständig zur Konzentrationserhöhung im Gewässer bei) nicht zu befürchten.

Dafür spricht auch die errechnete Phosphorflächenbelastung von 0,16 g/m²*a, die einen stabilen mesotrophen Zustand ermöglicht (Vollenweider 1975).

Dennoch muss auch berücksichtigt werden, dass in schwach mesotrophen natürlichen Gewässern geringe Veränderungen der Phosphorkonzentration vergleichsweise hohe Veränderungen der Primärproduktion hervorrufen (Klapper 1992). Es gehört deshalb zu den Aufgaben des wasserwirtschaftlichen Betreibers des Speicherbeckens Borna, die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit ständig zu verfolgen und auf Anzeichen einer Verschlechterung sofort hinzuweisen. Im Falle einer nachweisbaren Beeinträchtigung der Wasserqualität durch die Netzgehegeanlage sieht der wasserrechtliche Bescheid die Erteilung zusätzlicher Auflagen vor.

In den Braunkohletagebaurestseen wird die vergleichsweise stärkere Phosphorsedimentation einer Zunahme der Gewässertrophie in der Regel entgegenwirken, zumindest solange mineralische Sedimentoberflächen bzw. Grundwasserzuströme mit hohen Eisengehalten vorhanden sind.

Durch das relativ hohe Phosphorbindungsvermögen im Speicher Borna ist zu erwarten, dass auch die Auswirkungen der Phosphoreinträge

der Netzgehegeproduktion auf die Phosphorkonzentration im Gewässer unterhalb der berechneten Werte liegen.

Zur Berücksichtigung der speziellen Sedimentations- und Umsatzbedingungen der partikulären Phosphoreinträge durch die Forellennetzgehegeproduktion (s. 4.3) haben Hakanson u.a. (1998) den Modellansatz von Vollenweider entsprechend erweitert. Im vorliegenden Fall wurde diese Betrachtungsweise aber nicht berücksichtigt, da durch den eisenhaltigen Grundwasserzustrom und die anderen aufgeführten Faktoren weitere „unnatürliche“ und scheinbar dominierende Phosphorsedimentationsprozesse vorhanden sind, die in erster Linie für die Abweichungen zwischen den errechneten und den vorhandenen Konzentrationen verantwortlich sein dürften. Bei der Bewertung der Netzgehegeproduktion in natürlichen Seen oder älteren künstlichen Gewässern ohne stark eisenhaltigen Grundwasserzufluss sollte diese spezielle Ergänzung des Vollenweider-Modells aber berücksichtigt werden.

7 Möglichkeiten der weiteren Verringerung der Phosphoreinträge durch die Netzgehegeproduktion

Unter den aufgeführten Quellen des Phosphoreintrags ist die Netzgehegeproduktion die einzige Belastungsquelle von größerer Bedeutung, die steuerbar ist. Deshalb werden verschiedene Möglichkeiten der Reduzierung dieser Phosphoreinträge noch einmal detailliert betrachtet.

Durch den Einsatz der relativ teuren Hochenergiefuttermittel mit niedrigem Phosphorgehalt, einer real verabreichten Futtermenge unterhalb der wasserwirtschaftlichen Vorgaben und der stufenweisen Entwicklung der Seenbewirtschaftung sind durch den bewirtschaftenden Berufsfischereibetrieb bereits Maßnahmen zur Verringerung des Phosphoreintrags auf freiwilliger Basis vorgenommen worden. Durch die einzelne und wechselnde Platzierung der Netzträger wird zusätzlich eine örtlich konzentrierte Sedimentation der anfallenden organischen Substanz verhindert.

Mit den eingesetzten Futtermitteln ist auch bei der Netzgehegeproduktion prinzipiell ein Futterquotient um 1,0 erreichbar (Jansen u. Schmeckel 1998). Die Verringerung des FQ von 1,2 auf 1,0 hätte eine Futtereinsparung während der Mast um 17 % und eine Reduzierung des Phosphoreintrags durch die Netzgehegeproduktion um ca. 9,2 kgP/a (12 %) zur Folge.

Bei den Hochenergiefuttermitteln ist eine Fütterung sowohl über als auch unter der Optimalmenge mit einer spürbaren Verschlechterung der Futtermittelverwertung verbunden. Mit steigendem Gehalt an verdaulicher Energie des Futters muss die täglich verabreichte Futtermenge entsprechend gesenkt werden (Pfeffer 1990, Schuhmacher u. Gropp 1999). Ein niedriger Futtermittelaufwand ist nur durch restriktive Fütterung unterhalb der Sättigungsgrenze erreichbar (Bohl u.a. 1992, Steffens 1993). Dadurch wird gleichzeitig auch ein zu hoher Fettgehalt der Fische verhindert (Steffens 1999, Pfeffer 1993).

Das besondere Produktionsregime in Borna mit der überwiegenden Produktionszeit im Sommer setzt der weiteren Verringerung des Futterquotienten unter den gegenwärtigen Bedingungen Grenzen (s. 4.1). Mit der kontinuierlichen Vervollkommnung der Futtermittel und der Fütterungstechnologie wird aber auch an diesem Standort zukünftig eine schrittweise, wenn auch vergleichsweise geringere Verbesserung der Futtermittelverwertung und damit eine Verringerung der Phosphoreinträge möglich sein.

Die Reduzierung des Phosphoreintrags durch die weitere Verbesserung der Futtermittelverwertung ist mit den geringsten finanziellen und technischen Aufwendungen verbunden und führt daneben auch zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Produktion.

Verfahrenstechnische Lösungen zur Sammlung, Konzentration, Ableitung und Entsorgung der partikulären Abprodukte der Netzgehegeproduktion sind bereits erprobt worden (Bohl 1992, Jansen 1999, Wedekind u.a. 1999). Dabei werden Auffangplanen unter den Gehegen installiert und die abgesetzten Feststoffe abgepumpt. Die Aufbereitung des gesammelten Schlammes erfolgt an Land. Bei den bisherigen Versuchen in Praxisanlagen wurden 20 % (Jansen 1999) bzw. 15 bis 44 % (Wedekind 1996) der eingetragenen Phosphormasse aufgefangen und aus dem Wasserkörper entfernt.

Die Nachteile dieser Technologie liegen in der begrenzten Effektivität, da nur der partikuläre Phosphoranteil aufbereitet werden kann und dieser zum großen Teil zuvor schon durch Wildfische von den Planen aufgenommen wird. Weiterhin sind damit Mehrkosten von ca. 0,2 EUR/kg Forelle verbunden (Wedekind u.a. 1999), die betriebswirtschaftlich nur schwer realisierbar sind.

Außerdem sind diese Lösungen nur auf kleineren Seen und für Anlagen in Ufernähe anwendbar. Auf großen Gewässern wirken die Planen bei stärkerem Wellengang wie Segel und kön-

nen die Netzträger aus ihren Verankerungen reißen. Damit steigt das Produktionsrisiko erheblich.

Daneben bildet der Eisgang auf diesen Gewässern ein weiteres wesentliches Problem (Peatsch 1999).

Auf dem Speicherbecken Borna kommt die praktisch nicht realisierbare Schlammförderung bis zum Ufer hinzu.

Aus diesen Gründen wird diese Technologie im vorliegenden Fall nicht für anwendbar gehalten.

Der Vorteil der Forellennetzgehegehaltung liegt in der einfachen und ohne großen finanziellen Aufwand durchführbaren Produktion (Steffens 1991).

Der Ersatz der Netzgehegeproduktion durch eine Aquakulturanlage an Land wäre nur langfristig über die Förderung der Investition mit sehr hohem Fördersatz sowie beim Vorliegen geeigneter Standortvoraussetzungen und der erforderlichen Vorhabensgenehmigungen möglich. Derartige Anlagen erfordern eine Oberflächen- oder Brunnenwasserentnahme von mindestens $5 \text{ m}^3/\text{t}$ Haltebestand * h. Die Anwendung moderner Haltungstechnologien (Rundbecken, Sauerstoffbegasung, Futterautomaten) kann im Vergleich zur Netzgehegeproduktion eine bessere Futtermittelverwertung mit geringerer spezifischer Gewässerbelastung gewährleisten. Durch den Einsatz von Feststoffabscheidern (Absatzbecken, Filter) zur Behandlung des Ablaufwassers lässt sich ein Teil des partikulär gebundenen Phosphors entfernen (Ziemann 1988, Ziemann u. Grosswendt 1985, Pietschmann u.a. 1990, Deufel u. Löffler 1991, Wedekind u. Göthling 2000).

Die Angaben zur Phosphoreliminationsrate derartiger Anlagen weisen gegenwärtig noch eine große Schwankungsbreite von 13 bis 86 % auf (Wedekind u. Göthling 2000, Cripps u. Bergheim 2000). Eine derartige, hochtechnisierte Aquakulturanlage wäre aber bei dem gegenwärtigen geringen Produktionssumfang mit einer Erhöhung der Kosten verbunden.

Von den hier aufgeführten potenziellen Maßnahmen werden die weitere Verbesserung der Futtermittelverwertung und die Erhöhung der kompensatorisch wirkenden Fischentnahme aus dem See als die in den nächsten Jahren realisierbaren Verfahrensweisen zur weiteren Verringerung der Phosphoreinträge durch die Forellennetzgehegeproduktion angesehen.

8 Zusammenfassung

Das Speicherbecken Borna dient vorrangig dem Hochwasserschutz der Pleiße und ist als EU-Badegewässer eingestuft. Das wasserrechtlich festgelegte Gewässergüteziel besteht darin, die gegenwärtig gute Wasserqualität, die eine unproblematische Badenutzung gestattet, zu erhalten.

Daneben wird der Braunkohletagebaurestsee durch einen Berufsfischereibetrieb bewirtschaftet.

Die betriebswirtschaftliche Bedeutung der Seenfischerei und der wasserrechtlich erlaubten Forellennetzgehegeproduktion sind miteinander verglichen worden. Gleichzeitig wurden die mit der fischereireichen Bewirtschaftung verbundenen Phosphorein- und -austräge abgeschätzt, ihre Bedeutung für die Entwicklung der Trophie des Gewässers bewertet und Möglichkeiten der Reduzierung der Belastung diskutiert.

Anhand einer überschlägigen Deckungsbeitragsrechnung I ist erkennbar, dass die Netzgehegeproduktion von existenzieller Bedeutung für den ansässigen Fischereibetrieb ist. Die Seenfischerei wird auch nach der Entwicklung der Maränenwirtschaft keine betriebswirtschaftliche Alternative zur Netzgehegeproduktion bilden können. Sie stellt jedoch ein wichtiges ergänzendes Geschäftsfeld für den Betrieb dar.

Andererseits ist die Netzgehegeproduktion mit direkten Einträgen von organischer Substanz und Nährstoffen verbunden, die zur Verschlechterung der Wasserqualität führen bzw. dazu beitragen können. Aufgrund der Abhängigkeit der möglichen Auswirkungen der Netzgehegeproduktion auf die Gewässertrophie von der Produktionshöhe und den spezifischen Gewässerbedingungen ist immer eine Einzelfalluntersuchung erforderlich.

In den vergangenen Jahren ist eine wesentliche Reduzierung des Phosphoreintrags pro Tonne Fischproduktion durch den Einsatz hochverdaulicher Futtermittel mit niedrigen Phosphorgehalten erreicht worden. Diese Entwicklung wird sich durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt auf dem Gebiet der Futtermittelforschung und der Fütterungstechnologie weiter fortsetzen. Reserven zur weiteren Verringerung der Gewässerbelastungen durch die Netzgehegeproduktion am Standort Borna bestehen in der schrittweisen Verbesse-

zung der Futtermittelverwertung und der Erhöhung der Entnahme von Phosphor durch die Seenfischerei.

Zur Abschätzung der gewässerökologischen Auswirkungen der Phosphoreinträge der Netzgehegeproduktion auf dem Speicherbecken wurde eine überschlägige Phosphorbilanz des Gewässers aufgestellt und eine Quantifizierung der möglichen trophischen Veränderungen nach dem Vollenweider-Modell vorgenommen. Danach liegt der Anteil der Phosphorbelastung durch die Netzgehegeproduktion bei maximal 20 % der Gesamteinträge. Bei dem mittleren gegenwärtigen Produktionsumfang bzw. unter Berücksichtigung der Sedimentation des größten Teils der partikulären Emissionen beträgt der Anteil 17 bzw. 12 %.

Die nach dem Vollenweider-Modell berechnete Erhöhung der Phosphorkonzentration im See infolge der Netzgehegeproduktion von 3 bis 6 µg/l dürfte aufgrund des hohen Phosphorbindungsvermögens des Gewässers nur in begrenztem Umfang wirksam werden. In den nächsten Jahren sind daher nur geringe Auswirkungen der Phosphoreinträge durch die Forellenproduktion auf die Trophie des Gewässers zu erwarten.

9 Literatur

- Barthelmes, D. u. Predel, G.: Intensive fischereiliche Nutzung von Binnengewässern. In: Busch, K.-F., Uhlmann, D. u. Weise, G.: Ingenieurökologie. Gustav Fischer Verlag Jena 1983, S. 282 - 286
- Bauch, G.: Norddeutsche fischereiliche Seentypen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 22 (1955), S. 278 - 285
- Bauch, G.: Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann Verlag 5. Auflage (1966), S. 194
- Behmer, D.J., Greil, R.W., Greil, D.C. u. Fessel, B.P.: Evaluation of Cone-Bottom Cages for Removal of Solid Wastes and Phosphorous from Pen-Cultured Rainbow Trout. The Progressive Fish-Culturist 55 (1993), S. 255 - 260
- Bergheim, A., Sanni, S., Indrevik, G. u. Holland, P.: Sludge Removal from Salmonid Tank Effluent Using Rotating Microsieves. Aquacultural Engineering 12 (1993), S. 97 - 109
- Bohl, M.: Möglichkeiten zur Minimierung der Gewässerbelastung durch Fischproduktion. In: Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie. Band 46 (1992), S. 493 - 518
- Bohl, M., Ott, B. u. Ferling, H.: Unterschiedliche Belastungskennziffern in Forellenteichabläufen durch im Energiegehalt differierende Alleinfutter. Fischer & Teichwirt 43 (1992), H. 6, S. 205 - 211
- Brämick, U.: Fischereiliche Bonitierung von Gewässern im Land Brandenburg. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow. Band 2, Jahresbericht 1998, S. 27 - 29
- Cripps, S.J., Bergheim, A.: Solids management an removal for intensive land-based aquaculture production systems. Aquacultural Engineering 22 (2000), S. 33 - 56
- Deitert, Ch.: Ziele und aktuelle Entwicklungen der Futtermittelindustrie. Bei Steffens, W.: Fütterung in der Fischzucht. Fischer & Teichwirt 51 (2000), H. 2, S. 56 - 59
- Deufel, J. u. Löffler, H.: Vorflutbelastung durch eutrophierende Stoffe aus Forellenteichen - praktische Hinweise zur Verringerung. Fischer & Teichwirt 42 (1991), H. 5, S. 163 - 166
- Hakanson, L., Carsson, L. u. Johansson, T.: A new approach to calculate the phosphorus load to lakes from fish farm emissions. Aquacultural Engineering 17 (1998), S. 149 - 166
- Hennig, E.: Bewertung des Zustandes von Seen. Bericht D7 des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein, 1986, S. 55 - 73
- Hiller, J., Wedekind H., Wichmann, T. u. Herold, H.: Kalkulationsunterlagen Binnenfischerei - Betriebswirtschaftliche Analyse der Seen- und Flussfischerei in den neuen Bundesländern. LMS Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern Schleswig-Holstein und Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow 1998a, S. 57
- Hiller, J., Wedekind H., Wichmann, T. u. Herold, H.: Kalkulationsunterlagen Binnenfischerei - Produktion von Regenbogenforellen in Rinnenanlagen und Netzkäfiganlagen in den neuen Bundesländern. LMS Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern Schleswig-Holstein und Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow 1998b, S. 49
- Hiller, J., Wedekind H., Wichmann, T. u. Herold, H.: Kalkulationsunterlagen für die Seen- und Flussfischerei in den neuen Bundesländern. Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern 5 (1999a), H. 2, S. 36 - 47
- Hiller, J., Wedekind H., Wichmann, T. u. Herold, H.: Kalkulationsunterlagen für die Produktion von Regenbogenforellen in Rinnenanlagen und Netzkäfiganlagen in den neuen Bundesländern. Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern 5 (1999b), H. 1, S. 34 - 45

- Hoffmann, M. u.a.: Untersuchung, Überwachung und Bewertung von Baggerseen. DGL Arbeitsgruppe Baggerseen 1995, S. 12
- lfB: Analyse und Leistungsvergleich der Binnenfischerei der DDR 1988. Institut für Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen. 1989
- lfB: Analyse und Leistungsvergleich der Binnenfischerei der DDR 1989. Institut für Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen. 1990
- lfB: Produktionsergebnisse der Binnenfischerei in den neuen Bundesländern im Jahr 1990. Institut für Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen. 1991, 10 S.
- Jahn, F.: das Räuchern von Fischen. Verlag Paul Parey, 4. Auflage 1983, 89 S.
- Jansen, W. u. Schmeckel, K.: Fischproduktion in Netzgeheganlagen von Binnengewässern - neue Entwicklungen, neue Chancen. Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern. 4 (1998), H. 3, S. 32 - 38
- Jansen, W.: Untersuchungen über potentielle Wirkungen von Fischzuchtanlagen (Netzgeheganlagen) in Binnen- und Küstengewässern - Teil 1. Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern. 5 (1999), H. 1, S. 18 - 30
- Johansson, T., Hakanson, L., Borum, K. u. Persson, J.: Direct flows of phosphorus and suspended matter from a fish farm to wild fish in Lake Southern Bullaren, Sweden. *Aquacultural Engineering* 17 (1998), S. 111 - 137
- Kieckhäfer, H.: Fischzucht in Gehegen. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin 1983, 75 S.
- Klapper, H.: Eutrophierung und Gewässerschutz. Fischer Verlag (1992), 277 S.
- Klapper, H. u.a.: Bergbaufolgegewässer. In: *Handbuch Angewandte Limnologie* - 13. Erg.Lfg. 11/01, V-1.3, 64 S.
- Klapper, H. u. Schultze, M.: Das Füllen von Braunkohletagebaurestseen. *Wasserwirtschaft-Wassertechnik* (43) 1993, H. 5, S. 34 - 38
- Klemm, R. u. Füllner, G.: Binnenfischerei im Freistaat Sachsen. Komplexe Beratungsunterlagen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1995, S. 42
- Klemm, R., Kretzschmar, G., Goldberg, R., Diener, K. u. Nusche, H.: Betriebswirtschaftliche Analysen in sächsischen Teichwirtschaften der Jahre 1994 bis 1998. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, 5 (2000), H. 1, S. 14
- Knösche, R. u. Barthelmes, D.: A new approach to estimate lake fisheries yield from limnological basic parameters and first result. *Limnologica* 28 (1998), S.133 - 144
- LAWA: Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1998), 73 S.
- Naujokat, D.: Nährstoffbelastung und Eutrophierung stehender Gewässer. DDD, Dr. und Verlag., Darmstadt 1997, S. 167
- Nixdorf, B. u. Leßmann, D.: Zur Prognose der Trophieentwicklung in Tagebauseen der Lausitz - Ansätze und Probleme. *Gewässereport* (Nr. 5): Methoden der limnologischen Untersuchung und Bewertung von Stand- und Fließgewässern. Aktuelle Reihe Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Herausgeber Kapfer u. Nixdorf, 1999, S. 50 - 64
- Paetsch, U.: Zur Fischproduktion in Netzkäfigen in Mecklenburg-Vorpommern. *Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern*. 5 (1999), H. 1, S. 8 - 11
- Pietschmann, A., Sonnenburg, F. u. Stein, B.: Abwasseruntersuchungen einer Forellenninnenanlage. *Z. Binnenfischerei* 37 (1990), H. 10, S. 311 - 314
- Pfeffer, E.: Anmerkungen über Phosphorbelastung des Wassers durch intensive Fischproduktion. *Fischwirt* 39 (1989), S. 34
- Pfeffer, E.: Eintrag von Belastungen des Wassers durch die Fischfütterung. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*. 97 (1990), H. 7, S. 273 - 275
- Pfeffer, E.: Ernährungsphysiologische und ökologische Anforderungen an Alleinfutter für Regenbogenforellen. *Fortschr. Fisch. wiss.* 11 (1993), S. 65 - 70
- Pfeffer, E.: Bedeutung des Phosphors als Nährstoff und Belastungsfaktor. Bei Steffens, W.: *Fütterung in der Fischzucht*. Fischer & Teichwirt 51 (2000), H. 2, S. 56 - 59
- Predel, G.: Stand und Perspektiven der Fischproduktion in Netzkäfigen. *Z. Binnenfischerei* 30 (1983), H. 9, S. 255 - 263
- Reiter, R., Stein, H. u. Pahl, H.: Ökonomische Bewertung der Verarbeitung von Regenbogenforellen. *Fischer & Teichwirt* 46 (1995), S. 164 - 170
- Renner, B.: Untersuchungen zur Gewässerbelastung durch Fischzuchtanlagen. *Fortschr. Fisch. wiss.* 11 (1993), S. 83 - 90
- Rodehutscord, M.: Alleinfuttermittel für Forellen: Welche Möglichkeiten bestehen zur Minderung der Einträge von N und P in die Gewässer? *Fischer & Teichwirt* 46 (1995), H. 4, S. 127 - 129
- Rösch, R.: Neue Entwicklungen bei Futtermitteln für Forellen. *Aquakultur- und Fischereiinformation* 1997, H. 2, S. 4 - 7
- RP Leipzig: Bewirtschaftungsplan Untere Pleiße. Regierungspräsidium Leipzig, Leipzig 2002 (unveröff.)

- Rümmler, F., Schiewe, S., Ebel, H. u. Wellner, E. u. Füllner, G.: Untersuchungen der Fischbestände in bestehenden sächsischen Braunkohletagebaurestseen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 8 (2003), H. 4, S. 13 - 35
- Schreckenbach, K. u. Wedekind, H.: Effect of extruded fishfeeds on production technology, product quality, and environment in rainbow trout production. In: C.-S. Lee, Y. Staykov, M.-S. Su and K.S. Lee(eds.): Aquaculture in Eastern Europe. Stara Zagora, Bulgaria, Tunkang Laboratori Conferenze Proceedings 7 (1996), S. 243 - 250
- Schreckenbach, K., Knösche, R. u. Ebert, K.: Nutrient and energy content of freshwater fishes. J. Appl. Ichtyol. 17 (2001), S. 1 - 3
- Schuhmacher, A. u. Gropp, J.: Ernährungsphysiologische Voraussetzungen für vorflutbelastende Futtermischungen. In: Dethlefsen, V.: Fischzucht und Gewässerschutz. Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes 1992, S. 27 - 38
- Schuhmacher, A. u. Gropp, J.: Ernährung und Fütterung. In: Bohl, E.: Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. Verlags Union Agrar 1999, S. 96 - 158
- Steffens, W.: Zur Forellenproduktion in den neuen Bundesländern. Fischer & Teichwirt 42 (1991), H. 2, S. 42 - 48
- Steffens, W.: Die Bedeutung extrudierter Futtermittel für Forellenernährung und Gewässerschutz. Arch. Anim. Nutr., 1993, Vol. 45, S. 189 - 210
- Steffens, W.: Fütterung und Fischqualität. Fischer & Teichwirt 50 (1999), H.11, S. 440 - 443
- Vollenweider, R.: Input-Output Models, with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. Schw. Z. Hydrol. 37 (1975), S. 53 - 84
- Vollenweider, R.: Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozess stehender Gewässer und Talsperren. Wasser- und Abwasser-Forschung 12 (1979), S. 46 - 56
- OECD: Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control, OECD, Paris (1982), 154 S.
- Wedekind, H.: Ermittlung der Leistungsparameter verschiedener Methoden und Techniken zur Reduzierung der Umweltbelastung durch offene Aquakulturanlagen. Forschungsbericht des Instituts für Binnenfischerei 1996, 89 S.
- Wedekind, H.: Vermarktung und Produktqualität von Fischen aus der Binnenfischerei. In: Schriften des Instituts für Binnenfischerei. Band 2, Jahresbericht 1998, S. 19 - 23
- Wedekind, H., Schoppe, P. u. Markl, H.: Reduzierung der Umweltbelastung durch Fischzucht in Netzgehegen. Fischer & Teichwirt 50 (1999), S. 185 - 188
- Wedekind, H. u. Göthling, U.: Behandlung des Ablaufwassers aus durchflossenen Aquakulturanlagen mit Siebtrommelfiltern. Fischer & Teichwirt 51 (2000), H. 5, S. 180 - 183
- Ziemann, H.: Wasserwirtschaftliche Aspekte der Fischproduktion in und an Binnengewässern. Wasserwirtschaft-Wassertechnik (38) 1988, H. 4, S. 92 - 94
- Ziemann, H. u. Grosswendt, U.: Untersuchungen über die in industriemäßigen Anlagen der Forellenzucht in Betonrinnen anfallenden Abwasserinhaltsstoffe. Z. Binnenfischerei 32 (1985), H. 1, S. 14 - 19

Impressum

Herausgeber	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Öffentlichkeitsarbeit August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl
Redaktion	Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland Referat Fischerei Dr. G. Füllner, Dipl.-Fischereiw. V. George Hauptstraße 12 02699 Königswartha Telefon: 035931/296-10 Telefax: 035931/296-11
Endredaktion	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Öffentlichkeitsarbeit Thomas Freitag, Gisela Hauptmann
Redaktionsschluss	Januar 2003
Bildnachweis	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Satz	Christlich-Soziales Bildungswerk Sachsen e. V. Miltitz
Druck	Sächsisches Digitaldruck Zentrum GmbH Dresden
Auflage	1. Auflage, 230 Stück
Bezug	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Öffentlichkeitsarbeit August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden-Pillnitz Telefax: 0351/2612 151 E-Mail: gisela.hauptmann@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de
Schutzgebühr	12,78 EUR

Rechtshinweis

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der phonetischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus vorliegendem Material nicht ableitbar.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.