

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 606

Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie

Dezember 2006

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 606

Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie

Dezember 2006



Herausgeber und Vertrieb:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de · Internet: www.dwa.de

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA, ist in Deutschland Sprecher für alle übergreifenden Wasserfragen und setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasserwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Normung, beruflicher Bildung und Information der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14.000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeiten liegt auf der Erarbeitung und Aktualisierung eines einheitlichen technischen Regelwerkes sowie der Mitarbeit bei der Aufstellung fachspezifischer Normen auf nationaler und internationaler Ebene. Hierzu gehören nicht nur die technisch-wissenschaftlichen Themen, sondern auch die wirtschaftlichen und rechtlichen Belange des Umwelt- und Gewässerschutzes.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland

Tel.: +49 2242 872-333

Fax: +49 2242 872-100

E-Mail: kundenzentrum@dwa.de

Internet: www.dwa.de

Satz und Druck:

DCM • Druck Center Meckenheim

ISBN-13: 978-3-939057-61-1

ISBN-10: 3-939057-61-4

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2006

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Stehende Gewässer wie natürlich und künstlich entstandene Seen, Talsperren, Weiher und Teiche, im vorliegenden Merkblatt unter dem Begriff „See“ zusammengefasst, sind oft prägende Bestandteile der Landschaft. Sie werden seit jeher vom Menschen vielfältig genutzt, ursprünglich vorwiegend unter wirtschaftlichen Aspekten wie Fischerei, Jagd, Schilfrohwirtschaft, Entnahme von Trink-, Brauch- und Bewässerungswasser, später auch zur Abflussregulierung von Fließgewässern (Hochwasserschutz, Niedrigwasserauffüllung) und Energiegewinnung. Erst in den vergangenen Jahrzehnten gewannen Freizeit- und Erholungsnutzungen sowie der Naturschutz zunehmend an Bedeutung.

Die anthropogenen Beeinflussungen haben weltweit die ursprünglichen Gewässerökosysteme zahlreicher Seen tiefgreifend verändert. Oftmals wurde man erst darauf aufmerksam, nachdem sie zu mehr oder minder massiven Nutzungseinschränkungen führten. Neben Uferzerstörung, Wasserstandsregulierung und Eintrag von Schadstoffen bereitet vor allem die durch den Eintrag von Nährstoffen verursachte und anthropogen bedingt sehr schnelle Zunahme der Trophie – die Eutrophierung – erhebliche Probleme: Sie verändert die aquatischen Ökosysteme und schränkt die Nutzungsmöglichkeiten vieler stehender Gewässer ein. Außer der Eutrophierung beeinträchtigt regional auch die Versauerung die Beschaffenheit einiger Gewässer. Neben natürlich entstandenen Seen in kalkarmen Gebieten sind hiervon vor allem viele in Ostdeutschland gelegene Braunkohlentagebauseen betroffen.

Insbesondere wegen der negativen Folgen der Eutrophierung sind ab der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts für die Erhaltung der Gewässer eine Vielzahl von Maßnahmen zur Symptombehandlung und Ursachenbekämpfung entwickelt und angewendet worden. Maßnahmen, die der Verbesserung des Zustandes von Seen dienen, werden unter dem Begriff „**Seentherapie**“ zusammengefasst.

Seit Erscheinen des 1988 publizierten DVWK-Merkblattes 213 „Sanierung und Restaurierung von Seen“ wurden zahlreiche Forschungsprojekte zur Gewässertherapie durchgeführt, neue Verfahren und Techniken entwickelt und erprobt. An vielen Gewässern wurden Eingriffe mit dem Ziel der Verbesserung des Gütezustandes durchgeführt, über die Erfahrungen über Erfolge und Misserfolge vorliegen. Der Arbeitskreis „Seentherapie“ im DWA-Fachausschuss „Seen und Erdaufschlüsse“ stellt im vorliegenden Merkblatt geeignete Therapieverfahren dar und unterzieht sie einer kritischen Würdigung.

Besonderer Dank gebührt allen Fachleuten, Fachdienststellen und Behörden, die bei der Erarbeitung des Merkblattes wertvolle Hinweise und Anregungen gegeben haben.

Essen, im Mai 2006

Karl-Heinz Christmann

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Benutzerhinweis	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Begriffe	10
2.1 Definitionen.....	10
2.2 Kurzzeichen und Abkürzungen	10
3 Grundlagen der Seentherapie	11
4 Limnologische Grundlagen	12
4.1 Einteilung stehender Gewässer	12
4.2 Morphometrische Kenndaten von Seen.....	13
4.3 Lebensräume von Seen.....	13
4.4 Wärme- und Stoffhaushalt	15
4.5 Ursachen und Auswirkungen der Eutrophierung	17
4.6 Empirische Modelle und Seentherapie	19
4.7 Steuerung des Phosphor-Haushaltes durch interne Maßnahmen	21
5 Gewässerbelastung durch Stoffeinträge	22
5.1 Stoffliche Austräge und Einflüsse im Überblick.....	22
5.2 Phosphor (P).....	23
5.2.1 Belastung aus dem Einzugsgebiet.....	23
5.2.1.1 Einleitung von Abwasser.....	24
5.2.1.2 Austrag aus Landflächen	25
5.2.2 Direkteintrag in den See	26
5.2.2.1 Eintrag aus der Atmosphäre	26
5.2.2.2 Eintrag durch Falllaub.....	27
5.2.2.3 Eintrag durch Wasservögel.....	27
5.2.2.4 Eintrag durch Gewässernutzungen.....	27
5.2.3 Belastung durch Remobilisierung aus den Sedimenten	28
5.2.3.1 Begriffe und Bedeutung für Stoffhaushalt und Therapie	28
5.2.3.2 Wichtige Prozesse	29
5.2.3.3 Untersuchungsmethoden.....	30
5.3 Stickstoff (N)	31
5.3.1 Belastung aus dem Einzugsgebiet.....	31
5.3.2 Freisetzung durch seeinterne Prozesse	32
5.3.3 Bedeutung für die Eutrophierung.....	32
6 Klassifikation und Bewertung der trophischen Situation von Seen	33
7 Maßnahmen im Einzugsgebiet (Sanierung)	35
7.1 Abwasserumleitung (Ringkanalisation).....	35
7.2 Phosphatrückhaltung in Kläranlagen	36
7.3 Verringerung des Nährstoffeintrages aus der Fläche	38
7.4 Vorbecken.....	40
7.4.1 Allgemeines	40
7.4.2 Vorsperren und Tauchwände.....	40

7.4.3	Bewirtschaftete Schilfpolder.....	41
7.5	Phosphoreliminierung im Zufluss.....	42
7.5.1	Pflanzenklärsysteme und Bodenfilter.....	42
7.5.2	Technische Phosphoreliminierungsanlagen.....	45
8	Maßnahmen im See (Restaurierung).....	47
8.1	Veränderung der Seebeckenmorphologie.....	47
8.2	Belüftung.....	48
8.3	Zwangszirkulation (künstliche Destratifikation).....	50
8.4	Externe Phosphoreliminierung aus Seewasser.....	52
8.5	Hydraulische Maßnahmen.....	55
8.5.1	Verdünnung, Spülung.....	55
8.5.2	Tiefenwasserableitung.....	56
8.6	Entschlammung.....	56
8.7	Behandlung des Sedimentes im Gewässer.....	59
8.7.1	Sedimentoxidation mit Nitrat.....	59
8.7.2	Biotechnische Entschlammung.....	60
8.8	Kalkung.....	61
8.9	Sedimentabdeckung.....	61
8.10	Chemische Nährstoff-Fällung.....	63
8.11	Mechanische Entkrautung.....	65
8.12	Nahrungsnetzsteuerung (Biomaniipulation).....	67
8.13	Einsatz von Pflanzen fressenden Fischen zur Reduzierung von Makrophyten und Planktonalgen.....	71
8.14	Einsatz von Herbiziden und Algiziden.....	73
8.15	Weitere mikrobiologische und physikalische Verfahren kommerzieller Anbieter.....	73
9	Planung, Genehmigung und Durchführung von Therapiemaßnahmen.....	76
9.1	Voruntersuchungen, Bestandsaufnahme und Entwicklungsziel.....	77
9.1.1	Zustandsanalyse.....	77
9.1.2	Untersuchungsumfang.....	79
9.1.3	Bewertung.....	79
9.2	Auswahl geeigneter Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen.....	79
9.3	Kosten-Nutzen-Analyse.....	80
9.4	Hinweise zur Planung.....	81
9.4.1	Trägerschaft.....	81
9.4.2	Finanzierung.....	81
9.4.3	Rechtliche und planerische Grundlagen.....	81
9.4.3.1	Naturschutz.....	82
9.4.3.2	Planfeststellung.....	82
9.4.3.3	Plangenehmigung.....	82
9.4.3.4	Unterhaltung.....	82
9.4.3.5	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz.....	82
9.4.3.6	Verfahrensgang.....	83
9.5	Ausführung und Begleituntersuchungen.....	83
9.6	Erfolgskontrolle.....	83

Anhang A: Fallbeispiele	85
A.1 Abwasserumleitung (Ringkanalisation)	85
Chiemsee/Bayern	85
A.2 Phosphoreliminierung im Zufluss/Technische Phosphoreliminierungsanlagen	85
A.2.1 Wahnbachtalsperre/NRW	85
A.2.2 Ulmener Maar/Eifel/Rheinland-Pfalz	86
A.3 Belüftung (Tiefenwasserbelüftung)	87
Sempacher See/Voralpen/Schweiz	87
A.4 Zwangszirkulation (künstliche Destratifikation)	87
A.4.1 Bleilochtalsperre/Thüringen	87
A.4.2 Fischkalter See/Bayern	88
A.4.3 Eichbaumsee/Hamburg-Allermöhe	89
A.5 Externe Phosphoreliminierung aus Seewasser mittels eines NEPTUN-Bodenfilters	90
A.5.1 Sommerbad Volksdorf/Hamburg.....	90
A.5.2 Penkuner Schlossee/Mecklenburg-Vorpommern.....	90
A.6 Hydraulische Maßnahmen/Verdünnung und Spülung in Kombination mit P-Fällung	91
Bleibtreusee bei Köln/NRW	91
A.7 Hydraulische Maßnahmen/Tiefenwasserableitung	92
A.7.1 Obinger See/Oberbayern.....	92
A.7.2 Tressower See/Mecklenburg-Vorpommern (komplexe Sanierung mit Tiefenwasserableitung).....	93
A.8 Entschlammung	93
A.8.1 Breyeller Seen/Nette/NRW	93
A.8.2 Windmühlenbruch/Nette/NRW.....	94
A.8.3 Neustädter See/Mecklenburg-Vorpommern	94
A.9 Behandlung des Sedimentes im Gewässer/Sedimentoxidation mit Nitrat	95
Alte Donau in Wien	95
A.10 Biotechnische Entschlammung	96
Wedeler Mühlenteich/Stadt Wedel/Schleswig-Holstein	96
A.11 Sedimentabdeckung mit Seekreide	97
Arendsee/Altmark/Sachsen-Anhalt	97
A.12 Chemische Nährstoff-Fällung mit Aluminium	97
A.12.1 Barleber See (Sachsen-Anhalt)	97
A.12.2 Grosser Weißer See bei Wesenberg/Mecklenburg-Vorpommern.....	98
A.13 Chemische Nährstofffällung mit Eisen	99
Groß-Glienicker See/Berlin	99
A.14 Einsatz von Pflanzen fressenden Fischen zur Reduktion von Makrophyten und Planktonalgen	100
Unterföhringer See/Bayern	100
Anhang B: Glossar	101
Literatur	106
Gesetze, Verordnungen und Richtlinien.....	106
Technische Regeln	106
Weiterführende Literatur	107

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Lebensräume in einem See	14
Bild 2:	Schematische Darstellung der trophischen Ebenen im Wasserkörper eines Sees	15
Bild 3:	Typische Abfolge von Stagnations- und Zirkulationsperioden in einem tieferen See der gemäßigten Breiten	16
Bild 4:	Massenentwicklung von Cyanobakterien (<i>Microcystis aeruginosa</i>) im Auensee (Leipzig), August 1999	19
Bild 5:	Zusammenhang zwischen der mittleren Gesamt-P-Konzentration eines Sees und der Chlorophyll a-Konzentration	20
Bild 6:	Hysteresis-Beziehung zwischen Nährstoff-Konzentration und Phytoplankton-Biomasse, die zur Bistabilität in Flachseen führt	21
Bild 7:	Grundschema zur „Vernetzung“ von möglichen Stoffeinträgen in die Gewässer	22
Bild 8:	Entwicklung der Anteile diffuser und punktueller Nährstoffquellen am P-Eintrag in Oberflächengewässer in Deutschland	24
Bild 9:	Darstellung der Abflusskomponenten in einer Aue bei Mittelwasser	26
Bild 10:	Entwicklung der Anteile diffuser und punktueller Nährstoffquellen am Stickstoffeintrag in Oberflächengewässer in Deutschland	31
Bild 11:	Abwasserfreihaltung des Chiemsees mittels einer Ringkanalisation	35
Bild 12:	Schema der Bauelemente eines Retentionsbodenfilters	44
Bild 13:	Aufbau eines Retentionsbodenfilters (RBF)	45
Bild 14:	Verfahrensschritte bei der P-Eliminierung (Beispiel: Wahnbachtalsperre)	46
Bild 15:	Längsschnitt der Destratifikationsanlage in der Bleilochtalsperre/Thüringen	51
Bild 16:	Prinzipdarstellung einer transportablen externen Phosphoreliminierungsanlage (PELICON)	54
Bild 17:	Schematische Darstellung des Bodenfiltersystems NEPTUN	54
Bild 18:	Pflanzenmähergerät („Seekuh“) im Einsatz auf einem verkrauteten Tagebausee bei Köln	66
Bild 19:	Luftbild der 1 ha großen Enclosure-Anlage am Altmühlsee, in dem ein Nahrungsnetzsteuerungsexperiment zur erheblichen Verbesserung der Sichttiefe führte ...	67
Bild 20:	Schematisiertes Nahrungsnetz im See	68
Bild 21:	Zugnetzbefischung im Flachsee (Altmühlsee)	70
Bild 22:	Pflanzen fressende nicht heimische Fische	72
Bild 23:	Ablauf von Therapiemaßnahmen	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung stehender Gewässer	12
Tabelle 2:	Eintragsraten zur Ermittlung eines gewässerspezifischen potenziell natürlichen Phosphoreintrags (LAWA 1999)	23
Tabelle 3:	Entwicklung der P-Fracht im häuslichen Rohabwasser in Deutschland	25
Tabelle 4:	Entwicklung des Phosphoreintrags in bundesdeutsche Fließgewässer, der auf die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zurückgeht	26
Tabelle 5:	Bewertungsstufen in Abhängigkeit vom trophischen Ist-Zustand und vom Referenz-Zustand	34
Tabelle 6:	Beispiel zur Bedarfskalkulation für drei unterschiedliche Fällmittel zur chemischen Fällung in einer Kläranlage (Kronos 1999)	37
Tabelle 7:	Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung diffuser Stoffeinträge aus der Landwirtschaft	39

Benutzerhinweis

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem ATV-DVWK-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

1 Anwendungsbereich

Das im interdisziplinär zusammengesetzten Fachausschuss erarbeitete Merkblatt über „Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie“ vermittelt den mit der Planung und Durchführung von Therapien befassten Behörden, Verbänden, Ingenieurbüros sowie Besitzern und Pächtern von Gewässern einen Überblick über das Spektrum von Therapiemöglichkeiten und gibt Hinweise, wie Maßnahmen durchzuführen sind, angefangen von der Voruntersuchung und Planung bis zur Erfolgskontrolle und Dokumentation. Das Merkblatt ist nicht als umfassendes „Handbuch der Seentherapie“ zu verstehen, es soll aber helfen, Fehlentscheidungen zu vermeiden.

Unabhängig davon, ob ein Gewässer tatsächlich anthropogen gestört oder geschädigt ist, ist leider festzustellen, dass sich die Forderungen nach Maßnahmen oft ausschließlich an den Nutzungsansprüchen orientieren. Diese sind sehr vielfältig und konkurrieren z. T. miteinander. Entsprechend unterschiedlich sind daher auch die Erwartungen an den Zustand eines Gewässers.

Die Erfahrungen der Vergangenheit haben gezeigt, dass häufig die mit Anwendung der kostenintensiven Verfahren erhofften Auswirkungen entweder nur kurzfristig oder gar nicht eintraten und damit öffentliche und private Gelder für den Umweltschutz verschwendet wurden. Offenbar ist die Entscheidung, welche Strategien zur Verminderung der Trophie und ihrer Folgen erfolgversprechend sind, nicht immer einfach. Sie erfordert bei den Entscheidungsträgern limnologische Fachkenntnisse, die nicht in jedem Fall vorausgesetzt werden können. Hilfreich für fachlich fundierte Entschei-

dungen kann daher die Expertise von Firmen und Fachleuten sein, die auf dem Gebiet der „Gewässersanierung“ Leistungen anbieten und verkaufen. Allerdings ist festzustellen, dass nicht alle angebotenen Leistungen auf diesem Gebiet die Bezeichnung „seriös“ verdienen.

Bei großen Seen sind in der Regel wegen des Finanzvolumens von Gewässertherapiemaßnahmen eine sach- und fachgerechte Vorbereitung, Begleitung und Nachuntersuchungen durch Umweltbehörden oder wissenschaftliche Institutionen notwendig. Bei „kleineren“ Objekten ist dagegen die Mitwirkung sehr qualifizierter Fachleute wegen des geringen technischen und finanziellen Aufwandes oder wegen der Eigentumsverhältnisse weniger gegeben. Zielgruppen des Merkblattes sind daher insbesondere Politiker und Mitarbeiter der Landkreise und Kommunen, Fachbehörden der Wasserwirtschaft, Interessenverbände sowie Ingenieur- und Planungsbüros. Das Merkblatt informiert über den aktuellen Wissensstand auf diesem Gebiet, wertet frühere Erfahrungen aus und bietet Handlungs- und Entscheidungshilfen an.

Die Ausführungen des Merkblattes beziehen sich schwerpunktmäßig auf stofflich belastete natürliche und künstliche Seen; eine Reihe von Aussagen, wie z. B. zu Stoffeinträgen und externen Bewirtschaftungsmaßnahmen im Einzugsgebiet sind auch auf andere stehende Gewässer wie Talsperren unmittelbar übertragbar. Bei der Übertragbarkeit der Maßnahmen nach Abschnitt 7 und 8 auf andere Standgewässer sind immer Einzelfallprüfungen und Untersuchungen der örtlichen Gegebenheiten (limnologische Verhältnisse, Hydromorphologie, Nutzungsziel, Aufwand u. a.) voranzustellen.