

Limnologie Grundlagen

Lebensraum See

Der Lebensraum See gliedert sich in die Freiwasserzone (**Pelagial**) sowie die Bodenzone (**Benthal**). Organismen, die im Pelagial leben haben keine oder nur eine sehr kurzweilige Beziehung zum Boden. Die dort lebenden Organismen sind ständig schwebend oder schwimmend im Freiwasser. Im Benthal hingegen leben die Organismen überwiegend auf dem Sediment oder auch an Pflanzen. Die Benthalregion unterteilt sich in die durchlichtete Uferzone (**Litoral**) und der sogenannten lichtarmen oder lichtlosen Tiefenzone (**Profundal**). Die Grenze zwischen beiden Bereichen nennt man **Kompensationsebene**. Unterhalb dieser Ebene findet keine positive Photosynthesebilanz (in 24h) statt (Abbau org. Substanz > Aufbau org. Substanz). Gleichzeitig ist die Kompensationsebene auch die Grenze zwischen der **trophogenen Zone** und der **tropholytischen Zone**. In der trophogenen Zone findet aufgrund ausreichenden Lichtangebots der Aufbau der organischen Substanz statt. Wohingegen in der tropholytischen Zone Lichtmangel herrscht und daher überwiegend ein Abbau der organischen Substanz stattfindet.

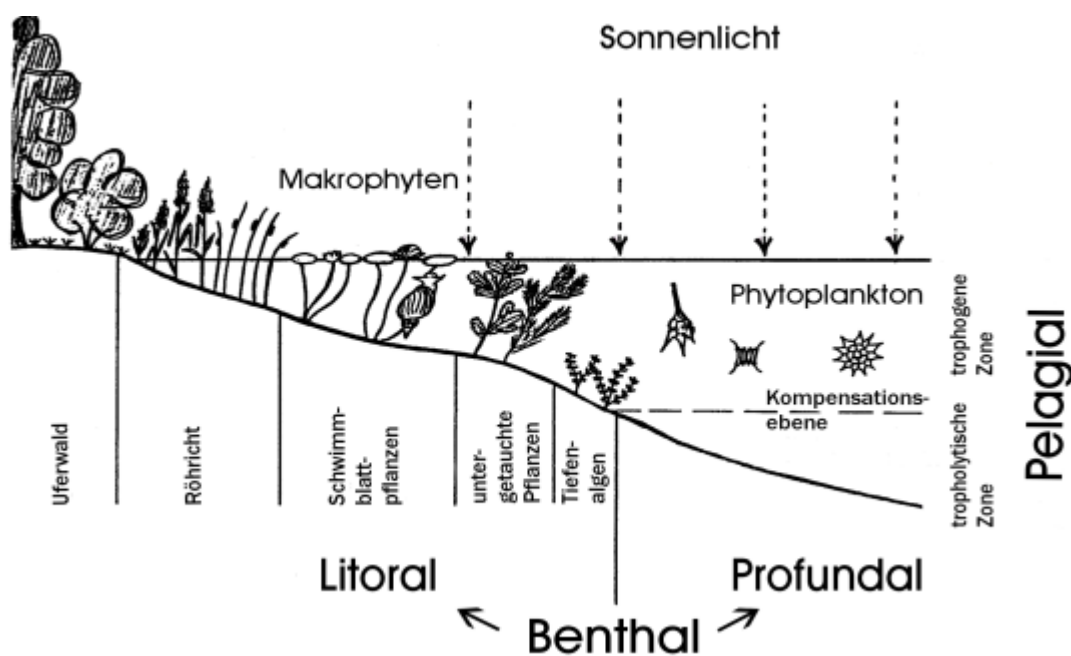


Abbildung 1: Lebensräume in einem See Quelle: DWA-M-606

In der Uferzone entsteht oftmals durch höhere Wasserpflanzen ein sogenannter Verlandungsgürtel. Dieser Bereich ist für viele Organismen äußerst wichtig, da er Schutz und Nahrung bietet. Aufgrund der hohen biologischen Vielfalt in diesem Bereich (Lebensraum für Insekten, Schnecken, Muscheln sowie Vögeln; Laichplatz für Fische und Amphibien) ist ein besonderer Fokus auf seinen Schutz zu richten.

Eine typische **Makrophytenabfolge** in der Uferzone vom Land zum See kann wie folgt aussehen:

- Überwasserpflanzen mit Röhricht (z.B. Schilf und Rohrkolben) oder Großseggen
- Schwimmblattpflanzengürtel (z.B. Teich- und Seerose)
- untergetauchte Wasserpflanzen (submerse Makrophyten)
- unterseeischen Wiesen (nur in gut durchlichteten Stillgewässern)

In Weihern oder windgeschützten Seen und Buchten können zudem freischwimmende Schwimmblattpflanzen (z.B. Wasserlinsen) auftreten.

Nahrungsnetz in Seen und Weiher

In einem See oder Weiher stehen die verschiedenen **trophischen Ebenen** (Produzenten, Konsumenten und Destruenten) in Wechselbeziehungen zueinander.

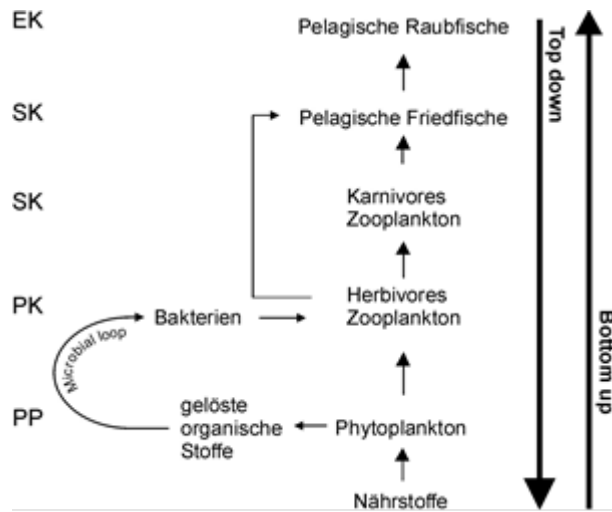


Abbildung 2: Schematische Darstellung der trophischen Ebenen im Wasserkörper eines Sees (PP – Primärproduzenten, PK – Primärkonsumenten, SK – Sekundärkonsumenten, EK – Endkonsumenten), verändert nach SCHWOERBEL (1999) Quelle: DWA-M-606

Diese Wechselbeziehungen kann zum einen aus der Richtung der Ressourcen von „unten“ (der **bottom-up** Steuerung) oder durch die Konsumenten von „oben“ (**top-down** Steuerung) beeinflusst werden. Gerade in eutrophierten Seen wird der Einfluss der Raubfische durch die top-down Steuerung auf das Phytoplankton ausgenutzt.

Seenschichtung

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei Seen und Weiher ist der Wärmehaushalt. Die Temperatur- und Schichtungsverhältnisse beeinflussen maßgeblich den vertikalen Stofftransport in Stillgewässern. Aufgrund jahreszeitlicher Temperaturverhältnisse bilden sich vor allem in tieferen Stillgewässern thermisch bedingte Schichtungen aus.

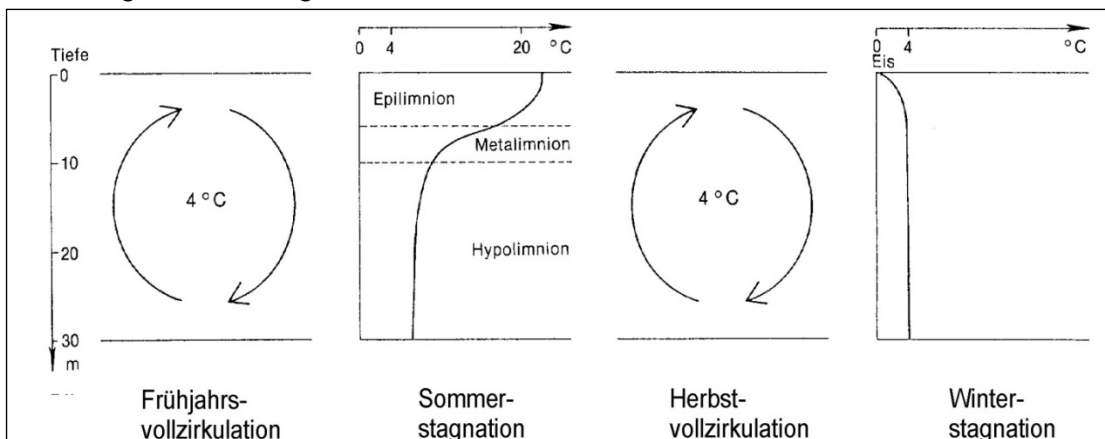


Abbildung 3: Typische Abfolge von Stagnations- und Zirkulationsperioden in einem tieferen See der gemäßigten Breiten Quelle: DWA-M-606

Zum Ende des Winters und im Frühjahr ist eine gleichmäßige Wassertemperatur vorhanden und Windeinwirkungen sorgen für eine vollständige Durchmischung, der sogenannten **Frühjahrsvollzirkulation**. Im Verlauf des Sommers erfolgt eine Erwärmung des Sees durch die Sonnenstrahlung von der Oberfläche her. Der Windeintrag ist oftmals zu schwach um den entstandenen Dichtegradienten entgegenzuwirken, sodass sich eine stabile vertikale Temperaturschichtung im Sommer ausbilden kann (**Sommerstagnation**). Die Temperaturschichtung wird in drei Bereiche untergliedert. Das **Metalimnion** mit einem steilen Temperaturgradienten trennt das obenliegende durchmischte **Epilimnion** von dem darunterliegenden stagnierenden kalten **Hypolimnion**. Die Stabilität der thermischen Schichtung sowie deren Bildung sind abhängig von der Seenmorphologie und der Windeinwirkung. Bei flachen Seen kann auch während der Sommermonate keine oder nur eine recht kurze thermische Schichtung auftreten, da eine Umwälzung des Wasserkörpers windbedingt durch die geringe Wassertiefe erfolgen kann. Ein windgeschützter See oder Weiher kann bereits ab einer Tiefe von 5 m eine stabile Schichtung im Sommer aufweisen. Im Herbst erfolgt in geschichteten Seen und Weihern durch die jahreszeitliche Abkühlung des Epilimnions (Verringerung Dichtegradient) wieder eine vollständige Zirkulation des Wasserkörpers (**Herbstzirkulation**) unter Windeinfluss. Erfolgt eine Abkühlung des Oberflächenwassers unter 4 °C oder sogar die Bildung einer Eisbedeckung, bildet sich in den Wintermonaten eine inverse Schichtung aus (**Winterstagnation**), wo kühleres Wasser das 4 °C warme Wasser überlagert (Anomalie des Wassers). Findet zweimal im Jahresverlauf ein Wechsel zwischen Stagnation und Vollzirkulation statt ist der See **dimiktisch**. Erfolgt nur die Bildung einer Schichtung im Jahr, ist der See bzw. Weiher **monomiktisch**. Das **Metalimnion** eines geschichteten Sees wirkt als Barriere für den Austausch zwischen Oberflächenwasser und Tiefenwasser. Dadurch können akkumulierte Nährstoffe des Tiefenwassers nicht ins Oberflächenwasser zurückgeführt werden. Außerdem kann kein Sauerstoff ins Tiefenwasser gelangen, sodass es im **Hypolimnion** zur einer Sauerstoffverknappung kommt und somit zur Anreicherung reduzierter Stoffe. Ist kein Sauerstoff mehr im Tiefenwasser vorhanden spricht man von **anaeroben** Verhältnissen.

Trophie und Eutrophierung

Die **Trophie** eines Gewässers ist die Intensität der Pflanzenproduktion. Diese ist vor allem vom Nährstoff- und Lichtangebot abhängig. Mithilfe des Trophiensystems lässt sich der Zustand eines Sees oder Weihers beschreiben. Es werden fünf Trophiegrade mit zunehmender Produktivität unterschieden: **oligotroph, mesotroph, eutroph, polyeutroph und hypertroph**. Zur Bestimmung des Trophiegrads werden der Gesamt-Phosphor-Gehalt, die Sichttiefe und Chlorophyll a verwendet.

Der wachstumslimitierende Faktor in Seen und Weihern ist oftmals Phosphor, d.h. viel Phosphor bewirkt eine hohe Pflanzenproduktivität und wenig Phosphor führt zu einer geringeren Produktivität. Im Gegensatz zu Stickstoffverbindungen, welche im Seeneinzugsgebiet leicht ausgewaschen werden, wird Phosphat durch Sorptionsprozesse im Boden oftmals zurückgehalten. und gelangt vor allem nach Niederschlagsereignissen durch Abschwemmungen in die Vorfluter und Seen und Weiher. Die Verluste in der Fläche werden durch den Auftrag von Düngern ausgeglichen

Seen und Weiher durchlaufen eine natürliche Seenalterung, wo der Eutrophierungsverlauf relativ langsam in Jahrhunderten oder Jahrtausenden verläuft. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts setzte eine anthropogene verursachte und deutlich schnellere Eutrophierung der Stillgewässer ein. Grund dafür war die Industrialisierung und intensive Landwirtschaft, wodurch eine stark gesteigerte Nährstoffverfügbarkeit bestand. Unter **Eutrophierung** versteht man aufgrund einer höheren Nährstoffverfügbarkeit die Zunahme der Primärproduktion (Trophie) von Gewässern.

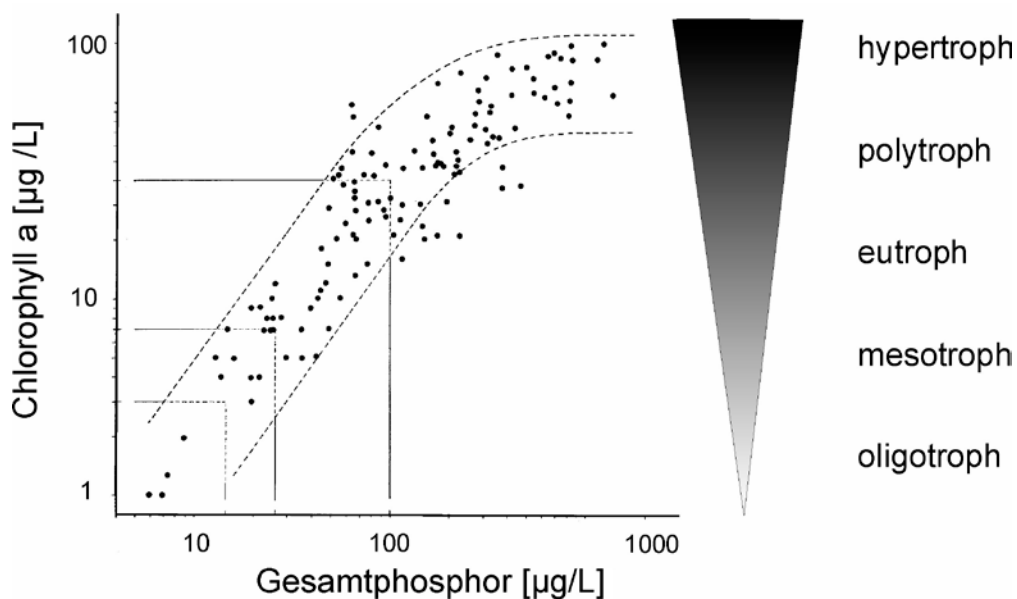


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der mittleren Gesamt-P-Konzentration eines Sees und der Chlorophyll a-Konzentration (verändert aus Forsberg & Ryding 1980) Quelle: DWA-M-606

Die Folgen bzw. Begleiterscheinungen einer Eutrophierung sind:

- Massenentwicklung von Algen (Algenblüten)
- Verminderung der Sichttiefe
- Geruchsbelästigungen sowie geschmackliche Beeinträchtigungen
- Rückgang und Absterben von Makrophyten
- Intensivierung mikrobieller Abbauprozesse im Tiefenwasser und Sediment
 - Mangel oder Schwund von Sauerstoff im Tiefenwasser durch steigenden Verbrauch
 - Anreicherung von giftigen Stoffwechselprodukten (Nitrit, Ammonium, H₂S) oder anderen reduzierten Substanzen (zweiwertiges Eisen und Mangan sowie Methan) (lösen Fischsterben sofern sie ins Oberflächenwasser gelangen)
- Veränderung und Verarmung des Fischartenbestandes (oftmals zu Gunsten der Cypriniden)

Gewässerbelastungen durch **Stoffeinträge** können durch verschiedene Eintragspfade erfolgen:

Belastungen aus dem Einzugsgebiet	Direkteintrag in den See
• Einleitung von Abwasser	• Eintrag aus der Atmosphäre
• Austrag aus Landflächen	• Eintrag durch Falllaub
	• Eintrag durch Wasservögel
	• Eintrag durch Gewässerbenutzungen

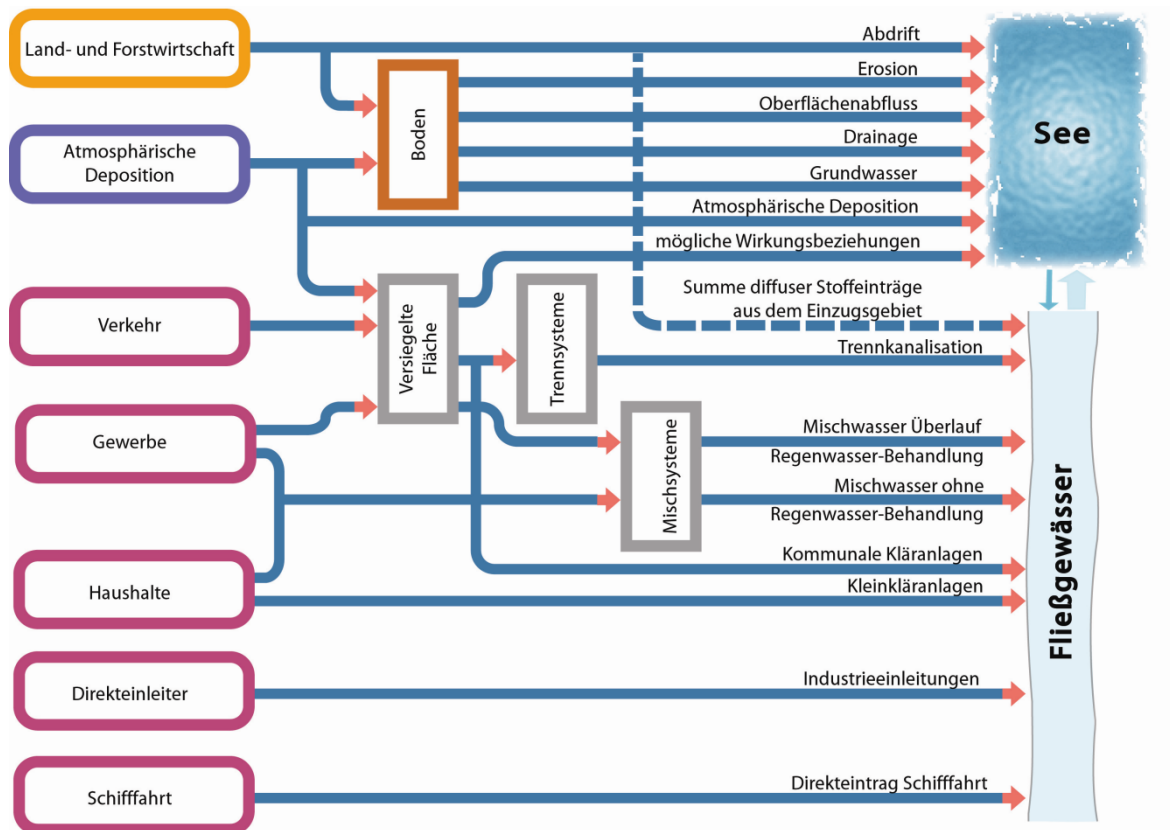
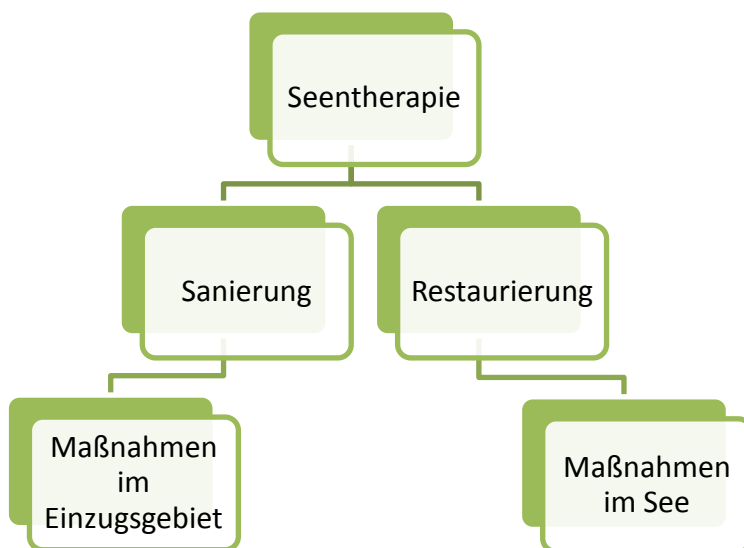


Abbildung 5: Grundschemata zur „Vernetzung“ von möglichen Stoffeinträgen in die Gewässer (Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW (Theis), in Anlehnung an UMWELTBUNDESAMT)) Quelle: DWA-M-606

Seentherapie

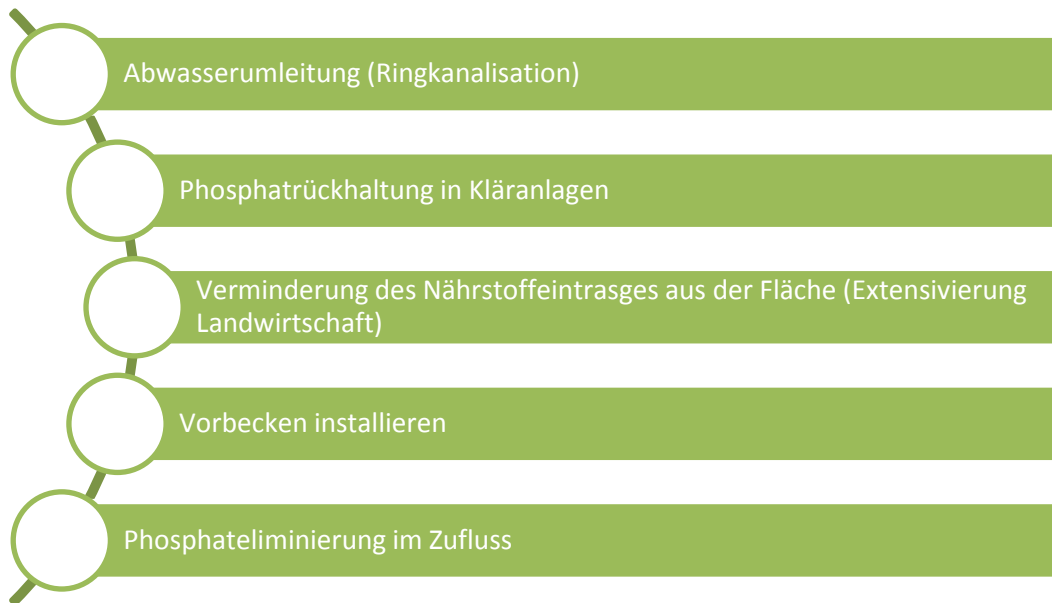
Besteht in einem Stillgewässer Handlungsbedarf aufgrund eutropher Beeinträchtigungen gliedert sich die Seentherapie wie folgt:



Ein Grundsatz der Seentherapie ist **Sanierung vor Restaurierung**, da die Ursache der Eutrophierung oftmals an zu hohen externen Nährstoffeinträgen im Einzugsgebiet liegt. Demzufolge ist die Sanierung die Ursachenbekämpfung und die Restaurierung die

Symptombekämpfung. Erst nach der Minimierung der Nährstoffe im Einzugsgebiet (Seensanierung) sind gegebenenfalls noch Restaurierungsmaßnahmen notwendig und sinnvoll, da die Sanierungsmaßnahmen in einigen Fällen erst nach längerer Zeit im See selbst Wirkung zeigen. Im Einzelfall können Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen auch parallel durchgeführt werden. Es gibt eine Vielzahl an Maßnahmen, die bei eutrophierten Seen und Weiher Abhilfe schaffen.

Seensanierung



Seenrestaurierung



Quelle:

Merkblatt DWA-M 606: Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie (Dezember 2006)