

Skript zur Veranstaltung

Seen und Weiher als Lebensraum



Pädagogische Hochschule Weingarten
Sommersemester 2012
Dr. Heinz M. Strehle
Regierungspräsidium Tübingen – Abteilung Umwelt



Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN

Folie 2: Was ist ein See

Eine wissenschaftliche Begriffsbestimmung für Seen ist die folgende:

Die Seen sind größere stehende Gewässer ohne direkte Verbindung zum Meer, die inselhaft auf dem Festland verteilt sind. Sie enthalten gewöhnlich elektrolytarmes (salzarmes) Wasser. (Siehe hierzu: *Schwoerbel, Jürgen: Einführung in die Limnologie. 7. Aufl., S. 18*)

Die Seen der Erde umfassen ca. 1,8 % der Erdoberfläche. Das sind 2,5 Mill. km². Sie speichern eine Wassermenge von 250.000 Mill. km³.

Der größte See der Erde ist der Kaspische Meer (Kaspisches Meer) hat eine Fläche von 371 000 km² und ein Wasservolumen von 79 319 km³.

Seen haben vor allem in den regenreichen Regionen in der Regel einen Zu- und einen Abfluss. In trockenen Regionen können sie aber auch nur einen Zufluss haben. Das dem See zufließende Wasser verdunstet vollständig auf dessen Oberfläche. Dies ist beim Kaspischen Meer der Fall.

Solche Seen können mit der Zeit salzreicher als die Weltmeere werden. Ein Beispiel dafür ist das Tote Meer.

In der Limnologie, der Süßwasserkunde unterscheidet man Stillgewässer, Seen, Weiher, Stauseen von fließenden Gewässern, den Flüssen Bächen und Strömen.

Teiche, in Süddeutschland Weiher¹ genannt, sowie Stauseen sind künstlich angelegte Stillgewässer.

Folie 3: Die großen Seen der Erde

Die wirklich großen Seen der Erde liegen außerhalb Deutschlands aber auch Europa.

Der größte See Europas ist der Ladoga-See an der Grenze Russlands zu Finnland. Er hat eine Fläche von 18 390 km² und ein Volumen von 837 km³.

Folie 4: Der Bodensee und die oberschwäbischen Seen und Weiher

Der Bodensee als der größte See in Deutschland umfasst eine Wasserfläche von 536 km² und ein Volumen von rund 50 km³.

Einer der kleinsten Seen Oberschwabens der Bibersee bei Fronhofen hat dagegen nur eine Wasserfläche von 32 000 m² und ein Volumen von 91 400 m³.

Ein Zahlenvergleich soll die unterschiedlichen Dimensionen von Seen deutlich machen: Der Bodensee hätte 650 mal im Kaspischen Meer Platz und der Bibersee 7.420.000 mal. Im Bodensee könnte man den Bibersee immerhin noch 11.400 mal unterbringen.

Folie 5: Seen und Weiher in Oberschwaben

Die Region Oberschwaben mit den vier Landkreisen Bodenseekreis, Biberach, Ravensburg und Sigmaringen gehört zu den gewässerreichsten in Deutschland. Dies hat seine Gründe in der letzten Eiszeit, die vor 10 000 Jahren in Oberschwaben zu Ende ging. Davon war bereits ausführlich die Rede.

Folie 6: Charakterisierung von Stillgewässern

Man kann Stillgewässer charakterisieren: einmal im Hinblick auf ihr äußeres Erscheinungsbild und zum anderen im Hinblick auf ihre Entstehungsursache.

¹ Das Wort Weiher leitet sich vom lateinischen vivarium ab. Darunter verstand man Behälter für lebende Tiere.

Folie 7: Oberschwaben ist nicht nur ein Land der Seen sondern auch ein Land der Weiher

Vor allem während der wirtschaftlichen Blütezeit des Mittelalters legten die Klöster und Adelshäuser in Oberschwaben zahlreiche Weiher an. Dies taten sie einmal, um die notwendige Fastenspeise für die 149 Fastentage des Kirchenjahres zu erzeugen.

Es gab aber auch handfeste wirtschaftliche Gründe Weiher anzulegen. Während der Boomzeit der Gotik war der Handel mit Fischen *big business*.

Der typische Weiher Oberschwabens ist denn auch der Klosterweiher.

Folie 8: Die Wirtschaftliche Bedeutung von Weihern

Viel der ehemaligen Nutzungen von Weihern sind heute bedeutungslos.

In unseren Tagen dienen diese Gewässer der Freizeitnutzung (Baden, Angeln u.a.).

Mitunter sind sie Speicher, um Hochwasserspitzen abzufangen

Darüber hinaus sind sie aber hochwertige Lebensräume für amphibische und aquatische Organismen.

Folie 9: Die Entwicklung eines glazialen Sees von seinem Ursprung bis zu seinem Ende

Vor allem eiszeitliche Seen sind gemessen an geologischen Maßstäben sehr kurzlebige Gebilde. Viele vor allem kleine Seen werden kaum älter als 10 000 Jahre. Dann sind sie aus der Landschaft verschwunden.

Im Folgenden beschreiben wir fünf charakteristische Phasen, welche ein See im Laufe seiner Existenz durchläuft.

Phase I: Das mit der sog. Gletschertrübe eingespülte feintonige Gesteinsmaterial dichtet ein Gewässerbecken gegen den Untergrund ab. Dieser Eintrag versiegt mit dem Verschwinden der Gletscher.

Gletschertrübe ist ein toniges Material, das durch die Erosion von Gletschern entsteht. Im Frühjahr zur Zeit der Schneeschmelze wird dieses Material mit dem Wasser fortgespült. Dieses Phänomen kann man heute noch bei Hochgebirgsseen, die durch Gletscherwasser gespeist werden, beobachten.

Die Gletschertrübe setzt sich in Form von Bändertonen auf dem Seegrund ab.

In dieser Phase beherbergen die Seen wegen der Armut an Pflanzennährstoffen noch keine höheren Wasserpflanzen. Ihr Wasserkörper mit seinen niedrigen Temperaturen war reich an Sauerstoff und sein Untergrund bestand aus Geröll und Kies. Diesen Typus von See finden wir heute noch im Hochgebirge.

Seiner Fischleiertart, der Bachforelle entsprechend, nennt man ihn Forellensee. Begleitfische sind die Elritze, die Koppe und die Schmerle.

In gewässerökologischer Hinsicht bezeichnet man den See jetzt als oligotroph (nährstoffarm)

Folie 10: Phase II: Das Jugendstadium des glazialen Sees

Wasserpflanzen und Algen können nicht nur das in Wasser gelöste Kohlendioxid für die Photosynthese nutzen, sondern sie sind auch in der Lage aus im Wasser gelöstem Kalziumhydrogencarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) Kohlendioxid zu extrahieren. Dabei scheiden sie unlösliches Kalziumkarbonat aus (CaCO_3) aus. Dieses Phänomen nennt man biogene Entkalkung. Der dabei entstehende Kalk lagert sich auf dem Grund von der Gewässern ab. Man nennt ihn Seekreide oder Kalkmudde. Im Sommer kann man diesen Kalk z.B. auch auf der Unterseite von Seerosenblättern als schmutziggrauen Belag erkennen. An den Rändern des Sees etablieren sich jetzt auch höhere Wasserpflanzen. Entsprechend seiner typischen Fischfauna, den Felchen oder Maränen mit ihren Begleitarten Seeforelle, Seesaibling, Quappe und

Barsch nennt man diesen Typus von See Felchen- oder Maränensee. In diesem Entwicklungsstadium ist heute in etwas der Bodensee.

Gewässerökologisch ist der See jetzt mesotroph (mittlerer Gehalt an Pflanzennährstoffen).

Folie 11: Phase III: Der glaziale See wird erwachsen

In einem weiteren Entwicklungsstadium kann die in einem See entwickelte Biomasse (Algenleichen, abgestorbene Pflanzenteile, tote Fische, u.a) nach ihrem Absterben nicht mehr vollständig mineralisiert werden. Es fehlt dazu der notwendige Sauerstoff. So lagert sich am Grund des Sees eine Schicht Faulschlamm oder Lebermudde ab. Entsprechend den ungünstiger werden Sauerstoffgehalten und der in größeren Intervallen sich entwickelnden Wassertemperatur verändert sich auch die Flora und Fauna in dem Gewässer. Da der See jetzt auch an Tiefe verloren hat, entfaltet sich auf einer immer größeren Fläche des Seegrundes eine Flora von höheren Wasserpflanzen. Die Dichte der Algenbiomasse nimmt gleichfalls zu. In fischereibiologischer Hinsicht dominieren jetzt Brassen, auch Blei genannt (Blei- oder Brassensee) mit ihren Begleitarten Rotfeder, Güster, Schleie, Hecht, Wels und Aal das Erscheinungsbild.

Wenn der See noch flacher wird, treten an die Stelle der Brassen Hechte und Schleien (Hecht- und Schleiensee) mit ihren Begleitarten Rotfeder, Rotaugen, Schleie, Bitterling, Karausche, Giebel u.a. Spezies.

Wenn das Wasser schließlich durch die dichte Algenbiomasse, das Wachstum höherer Wasserpflanzen immer mehr einschränkt, wird der See zum Zandersee mit den Begleitfischen Ukelei, Stint, Barsch, Aal, Sitchling und Weißfischen.

Gewässerökologisch wird der See jetzt eutroph (nährstoffreich) charakterisiert und ist auf dem Weg, polytroph (übermäßig nährstoffreich) zu werden.

Folie 12: Phase IV: Der glaziale See wird zum Greis

Im Verlaufe seiner weiteren Entwicklung büßt der See sein Volumen immer weiter ein.

Schließlich bleiben nur noch Schlenken und Bulten als freie Wasserflächen übrig.

Der Lebensraum vor allem für Fische wird dadurch erheblich eingeschränkt.

Gewässerökologisch interessant wird das Gewässer jetzt als Lebensraum für Amphibien.

Folie 13: Phase V: Der glaziale See ist tot

Irgendwann ist der See vollständig verlandet. Er ist dann zu einem Niedermoor geworden.

Unter günstigen Bedingungen bilden sich darin Hochmoorareale mit der ihr typischen Fauna und Flora.

Folie 14: Pflanzennährstoffe die Ursache der Alterung von Seen

Die eben beschriebenen Vorgänge werden bedingt durch den Eintrag von Pflanzennährstoffen vor allem Phosphaten. Sie fachen das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen an, das schließlich zur Verlandung von Seen und Weihern führt.

Durch zivilisatorische Einflüsse hat der Eintrag von solchen Stoffen vor allem in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg stark zugenommen. Gründe dafür waren höhere hygienische Ansprüche und daraus folgend ein stärkerer Anfall von Abwasser.

Derzeit leiden Stillgewässer vor allem an der Auswaschung von Pflanzennährstoffen aus intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen.

Folie 15: Die Bedeutung von Phosphaten für die Belastung von Oberflächengewässern (Süßwasser)

Unter den für das Wachstum von Pflanzen wesentlichen Nährstoffen spielen Phosphate (PO_4^{3-}) eine dominante Rolle für Oberflächengewässer. Sie sind im Sinne des Liebig'schen Minimalprinzips der Faktor, von dem das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen letztlich abhängt.

Folie 16: Phosphate stehen in einer engen Wechselwirkung mit dem Sediment

Phosphate, die in einen See oder Weiher gelangen, werden, wenn genügend Sauerstoff vorhanden ist, in den Sedimenten fixiert. Bei diesem Vorgang wird Phosphat an Eisen-III-Ionen gebunden und geht mit diesen eine wasserunlösliche Verbindung ein. Auf diese Weise salzt man auch in Kläranlagen Phosphate aus.

Bei Sauerstoffmangel werden Eisen-III-Ionen zu Eisen-II-Ionen reduziert. Eisen-II-Phosphat ist wasserlöslich. Bei einer solchen Reduktion können große Mengen von Phosphor in den Wasserkörper freigesetzt werden. Ein See oder Weiher düngt sich dann selbst im Zuge eines Vorganges, den man als interne Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) bezeichnet.

Folie 17: Die Bedeutung der Dichteanomalie des Wassers für Stillgewässer

Die Dichteanomalie des Wassers hat für Stillgewässer – vorausgesetzt sie sind tief genug – zur Folge, dass sich sommers wie winters Wasser mit einer Temperatur von um die 4°C am Grund ansammelt.

Folie 18: Die Wärmeschichtung in einem See

Im jahreszeitlichen Verlauf stellen sich in Seen folgende Zustände ein:

Im Sommer nimmt von der Oberfläche aus betrachtet die Temperatur zunächst kontinuierlich ab. Dann kommt man an einen Punkt (Wärmesprungschicht) an dem die Temperatur gleich um mehrere Grade nach abfällt. Danach findet die Temperaturminderung wieder kontinuierlich statt bis schließlich zum 4°C am Gewässergrund. Die oberer Hälfte des Sees wird durch den infraroten Anteil des Sonnenlicht erwärmt und der Wind durchmischt diese Bereich bis zur Wärmesprungschicht. Darunter schichtet sich das Wasser entsprechend seiner Dichte ein.

Im Herbst, wenn das Oberflächenwasser immer kälter wird kommt es zu einem Zustand, wo die gesamte Wassersäule eine Temperatur von 4°C erreicht. Jetzt kann der Wind den gesamten Wasserkörper durchmischen. Es kommt zur Herbstzirkulation.

Im Winter, wenn das Oberflächenwasser unter die 4°C Marke absinkt, kehren sich die Verhältnisse vom Sommer um. Das Oberflächenwasser ist kälter als das darunter liegende. Fische und andere aquatische Organismen finden auf dem Seegrund ein frostfreies Refugium zum Überwintern.

Im Frühjahr, wenn es wieder wärmer wird, steigt Temperatur des Oberflächenwassers, es kommt erneut zu einer Durchmischung (Frühjahrszirkulation).

Folie 19: Die Sauerstoffschichtung in einem See

Neben der Wärmeschichtung gibt es in Seen noch eine zweite, die den Sauerstoffgehalt entlang der Wassersäule betrifft. Misst man den Sauerstoffgehalt von der Oberfläche herkommend Richtung Seegrund, dann nimmt der zunächst kontinuierlich ab bis zu einer bestimmten Grenze (Sauerstoffsprungschicht), fällt dann abrupt um einige mg/l ab um im weiteren Richtung Grund meist bis auf 0 mg/l abzusinken.

Folie 20: Das Sauerstoffregime in einem Flachsee

Die räumliche Verteilung des Sauerstoffs in tiefen Stillgewässern manifestiert sich in flachen Seen in einer zeitlichen. Während heißer Sommertage kann man oft bis zum Grund hohe Sauerstoffgehalte nachweisen, die dann Nachts mitunter bis fast auf 0 mg/l absinken. Der Grund für dieses Phänomen ist der Folgende: In tiefen Seen wird die Biomasse der Algen ständig dadurch ausgedünnt, dass diese nach unten in die lichtlosen Tiefenbereiche absinken. Die Algenbiomasse kann deshalb eine bestimmte Dichte nicht überschreiten. In flachen Seen ist dies zwar auch der Fall, aber die auf den Grund abgesunkenen Algen werden immer wieder durch den Wind aufgerührt und gelangen in durchlichtete Bereiche. Bei hochproduktiven Seen und Weihern spielt noch ein weiteres Phänomen eine Rolle, das auf die Flora und Fauna zurückwirkt. Es ist dies die bereits erwähnte biogene Entkalkung. Dabei nehmen Wasserpflanzen und Algen nicht nur das CO₂ auf, das über die Grenzschicht Luft Wasser in das Gewässer eindringt, sondern auch CO₂, das in dem gelösten Calciumhydrogencarbonat (Ca(HCO₃)²⁻) des Wasserkörpers vorkommt. In der Folge dessen scheiden Pflanzen unlösliches Calciumcarbonat (CaCO₃) aus. Um einen Ladungsausgleich im Wasserkörper zu gewährleisten, scheiden die Algen und Wasserpflanzen dabei OH⁻ Ionen aus. Das hat eine pH-Wertverschiebung in Richtung Basizität zur Folge. In hochproduktiven Weihern können mitunter pH-Werte von 11 gemessen werden, dies entspricht dem pH-Wert einer scharfen Seifenlauge. Ammonium NH₄⁺ kann dabei in NH₃ Ammoniak überführt werden. Und dies ist ein Fischgift.

Folie 21: Seen im ländlichen Raum – kritischer Zustand

Seen und Weiher in ländlichen Räumen, sind verschiedenen Belastungen ausgesetzt. Die Abwasserbehandlung dort entspricht oft nicht dem technischen Stand, so dass in Oberflächengewässer unzureichend gereinigte Abwässer gelangen. Die unmittelbare Umgebung von Seen und Weihern besteht oft aus entwässerten (drainierten) Niedermoorböden, über die große Mengen Pflanzennährstoffe ausgetragen werden.

Folie 22: Seen im ländlichen Raum – Idealzustand

Das beste für Seen und Weiher ist es, wenn keine (auch keine gereinigten!) Abwässer in sie eingeleitet werden. Niedermoorböden sollten wiedervernässt und die landwirtschaftliche Nutzung nur in weitem Abstand vom See betrieben werden.

Folie 23: Die Nährstoffkette in einem See

Die Nährstoffkette in einem See beginnt bei dem pflanzlichen Plankton und erstreckt sich über das tierische Plankton zu den kleinen und schließlich den großen Fischen den Endkonsumenten. Nach einer Faustformel werden von einem Kettenglied zum anderen jeweils 10 % an Stoffen und 10 % an Energie weitergereicht. Tatsächlich ist dieses Bild zu einfach, um die Flüsse von Stoffen und Energie hinreichend zu beschreiben. Betrachtungen der Nährstoffkette wurden meist nur von oben nach unten top-down-Sicht, also von den Raubfischen aus oder bottom-up von unten vom Phytoplankton aus angestellt.

Folie 24: Das Nahrungsnetz in einem nährstoffreichen See

Tatsächlich sieht man die Zusammenhänge des Flusses von Stoffen und Energie in ökologischen Systemen heute eher in Form eines Netzes als in der einer linearen Anordnung strukturiert. Die ausschließliche bottom-up oder top-down-Betrachtungen sieht man als überholt an. Zentraler Punkt bei der neuen Sicht der Dinge ist, dass die Funktion der Flora und Fauna in einem Gewässer nicht mehr linear top-down vs bottom-up sonder in Form eines Netzes zu

sehen ist.

In sehr nährstoffreichen Seen dominieren das pflanzliche Plankton meist fädige Algen die aber von Kleinkrebsen, dem nächsten Glied in der Nahrungskette schlecht gefressen werden können. Die aus anorganischen Bausteinen gebildete Primärbiomasse kann auf weite Strecken gar nicht durch das Nährstoffnetz fließen.

Eine Zooplanktonfauna, die sich von Algen ernährt kann sich daher nur schlecht entwickeln. Die Tiefenbereiche dieser Seen sind sauerstoffarm. Es können sich dort keine Nährtiere für größere Fische entwickeln.

Kleine Fische finden wenig Nahrung wachsen deshalb schlecht ab. In der Fachsprache nennt man dieses Phänomen Verbüttung. Obwohl stark unterernährt und zwergwüchsig können diese Fische sich gut fortpflanzen und tun dies in der Regel auch.

Entgegen landläufiger Meinung sind die Fischerträge nährstoffreichen Seen aber meist nicht sehr gut.

Folie 25: Das Nahrungsnetz in einem wenig nährstoffreichen See

In weniger nährstoffreichen (mesotrophen, oder wenig eutrophen) Seen kommen viele kleine Algen vor, die eine ideale Futtergrundlage für Kleinkrebse bilden.

Diese Kleinkrebse sind die Futtergrundlage für kleine Fische.

Sind diese Fische aus dem frühen Entwicklungsstadium herausgewachsen, wo sie Kleinkrebse als Futter brauchen, können sie sich in den sauerstoffhaltigen Tiefenbereichen an Zuckmücken-, anderer Larven und Tubifiziden gütlich tun.

Die Fischerträge mesotropher Seen und Weiher sind meist besser als die eutropher.

Folie 26: Geräte für limnologische Untersuchungen

Planktonnetz und Umkehrmikroskop:

Mit seiner Hilfe eines Planktonnetzes kann man aus Gewässern Plankton (Algen, Kleinkrebse, Rotatorien u.a.) entnehmen.

Um planktische Organismen quantitativ bestimmen zu können, lässt man diese in speziellen Kammern sedimentieren.

Mit Hilfe eines Umkehrmikroskops kann man dann die sedimentierten Partikel zählen.

Folie 27: Geräte für limnologische Untersuchungen

Die sogenannte Secchi-Scheibe dient dazu, die Sichttiefe in einem Gewässer zu bestimmen.

Mit Hilfe eines Ruttner-Schöpfers kann man aus beliebigen Wassertiefen Wasserproben entnehmen.

