

Skript zur Veranstaltung
Der Lebensraum See



Pädagogische Hochschule Weingarten
Sommersemester 2011
Dr. Heinz M. Strehle
Regierungspräsidium Tübingen – Abteilung Umwelt

Der Lebensraum See

Folie 2: Was ist ein See:

Eine treffende Begriffsbestimmung 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, J.: 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 Kaspisee (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 Kaspisee 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 Gewässer, 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

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

Wasser ein besonderer Saft

Pädagogische Hochschule Weingarten Sommersemester 2011

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.

Übergang ohne Folie: Welches sind die Entstehungsursachen von Seen?

Seen können in der Folge von geologischen Verwerfungen auf und in der Erdrinde entstehen: Diese können sein: Erdbeben, Grabenbrüche und Vulkanausbrüche.

Andere Seen wie der Bodensee und die oberschwäbischen Seen sind Folgeerscheinungen von vorausgegangenen Eiszeiten.

Folie 6: Entstehung von tektonischen Seen

Tektonische Seen entstehen infolge von Grabeneinbrüchen. Sie sind in der Regel sehr tief, wie Baikalsee mit rund 1500 m. Dieser Typus von See kann wesentlich älter als eiszeitliche Stillgewässer.

Der Baikalsee ist so alt, dass sich dort endemische Arten ausgebildet haben. So gibt es dort die einzige Süßwasserrobbe der Erde.

Tektonische Seen zeichnen sich auf der Landkarte oder dem Atlas häufig durch eine längliche Silhouette aus.

Folie 7: Entstehung von Krater- und Maarseen

Kraterseen und Maare sind Explosionstrichter, die von Vulkanausbrüchen herrühren.

Solche Seen sind z.B. die Maare in der Eifel.

Auf Bergspitzen treten sie als Kraterseen in Erscheinung.

Beide Seentypen haben eine meist typisch kreisrunde Gestalt.

Folie 8: Die Würmeiszeit – Entstehungsursache der oberschwäbischen Seen

Die Würmeiszeit, der die oberschwäbischen, oberbayerischen, schweizer und oberitalienischen Seen ihre Existenz verdanken, begann vor rund 115 000 Jahren und endete vor rund 10 000 Jahren.

Vor 20 000 Jahren war Oberschwaben bis etwa zur Kreisgrenze von Biberach mit einem mehrere hundert Meter mächtigen Gletscher bedeckt.

Diese Vereisung umfasste nicht nur Süddeutschland sondern auch weite Teile der Erde.

Der Würmeiszeitgletscher nahm seinen Ausgang von den Alpen.

Folie 9: Spuren der Würmeiszeiten in Oberschwaben

Während der Würmeiszeit rückten mehrmals Gletscher von den Alpen nach Norden in Oberschwaben vor. Sie schoben gewaltige Schuttmassen vor sich her, die nach der Vereisung als Moränenwälle in der Landschaft liegen blieben.

Folie 10: Eiszeitseen im Alpenbogen

Um den Alpenbogen herum gruppieren sich zahlreiche große und kleine

Der Lebensraum See

Seen.

Folie 11: Die Entstehung von Dammseen

Gletschereis kann auf verschiedene Art und Weise Seen in einer Landschaft hinterlassen.

Einmal kann durch den vor einem Gletscher liegenden Schutt- oder Moränenwall ein Fluss aufgestaut werden. Dabei entstehen Dammseen. Ein solcher ist z.B. der Federsee und der ehemalige Wurzacher See von dem heute nur noch ein Niedermoor übrig ist.

Im Falle des Federsees staute der Gletscher einen Fluss auf, der ursprünglich in den Rhein und anschließend in Richtung Donau abfloss.

Folie 12: Die Entstehung von Toteisseen

Toteisseen ist der häufigste Seentyp in der von der Würmeiszeit geprägten Region Oberschwaben.

Toteisseen entstehen, wenn nach dem Abschmelzen eines Gletschers noch sog. Toteis in der Landschaft *hängen* bleibt und dieses erst im Laufe der Zeit bis zur Grundwasserlinie abschmilzt.

Folie 13: Die Entstehung von Kar- oder Ausräumungsseen

Karseen entstehen, wenn Gletscher ein Tal ausschürfen und dieses nach dem Abschmelzen mit Wasser auffüllen. Sie sind kennzeichnend für Hochgebirgslagen.

Folie 14: Charakterisierung von Stillgewässern

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

Folie 15: 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 Adleshäuser 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 16: Die Wirtschaftliche Bedeutung von Weihern

Viel der ehemaligen Nutzungen von Weihern sind heute bedeutungslos. In unseren Tagen dienen sie als Einrichtungen zur Freizeitnutzung (Baden, Angeln u.a.).

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

Folie 17: Die Entwicklung eines Sees von seinem Ursprung bis zu seinem Ende

Wasser ein besonderer Saft

Pädagogische Hochschule Weingarten Sommersemester 2011

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.

Folie 18: Phase II: Das Jugendstadium des Sees

Wasserpflanzen und Algen haben die Fähigkeit, nicht nur das in Wasser gelöste Kohlendioxid für die Fotosynthese heranzuziehen, sondern sie sind überdies in der Lage aus im Wasser gelöstem Kalziumhydrogencarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) Kohlendioxid zu extrahieren. Dabei scheiden sie unlösliches Kalziumdioxid 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.

Folie 19: Phase III: Der See wird erwachsen

Lebermudde (Faulschlamm) bildet sich, wenn abgestorbene Algen, Wasserpflanzen und -tiere aufgrund des Mangels an Sauerstoff am Grund der Gewässer nicht mehr vollständig mineralisiert werden und infolgedessen nur noch verfaulen. Während dieser Phase überwiegt die Bildung von Faulschlamm mehr und mehr die der Kalkmudde.

Folie 20: Phase IV: Der See wird zum Greis

Im Verlaufe seiner weiteren Entwicklung büßt der See sein Volumen immer mehr ein. Schließlich bleiben nur noch Schlenken und Bulten als freie Wasserflächen übrig.

Folie 21: Phase V: Der See ist tot

Irgendwann ist ein See vollständig verlandet. Er ist dann zu einem Niedermoor geworden. Gelegentlich bilden sich in diesem Hochmoorareale aus. In der weiteren Folge fällt auch dieses Moor der natürlichen Sukzession anheim.

Folie 22: Pflanzennährstoffe – Ursache der Alterung von Seen

Die eben beschriebenen Vorgänge werden bedingt durch den Eintrag von Pflanzennährstoffen vor allem Phosphaten. Sie fachen das Wachstum von

Der Lebensraum See

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 den 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 23: Bedeutung von Phosphaten für die Belastung von Oberflächengewässern (Süßwasser)

Von 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 24: 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 bezeichnet.

Folie 25: 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 26: 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 diesen 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

Wasser ein besonderer Saft

Pädagogische Hochschule Weingarten Sommersemester 2011

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 27: 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 28: 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.

Folie 29: 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 gereinigtes Abwasser gelangen.

Die unmittelbare Umgebung von Seen und Weihern besteht oft aus entwässerten (drainierten) Niedermoorböden, über die große Mengen Pflanzennährstoffe ausgetragen werden.

Folie 30: See 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 31: 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.

Der Lebensraum See

Folie 32: 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.

Zentraler Punkt bei dieser Sichtweise ist, dass der Nährstoffgehalt eines Sees seine Fauna und Flora bestimmt.

Zunächst aber eine kleine Begriffsbestimmung. Seen und Weiher werden auch nach ihrem Nährgehalt klassifiziert. An einem Ende des Spektrums liegen die **nährstoffarmen** die **oligotrophen** Gewässer. Auf sie folgen die Gewässer mit einem **mittleren** Nährstoffgehalt die **mesotrophen**. Danach kommen die **nährstoffreichen**, die **eutrophen** und schließlich die **überaus nährstoffreichen** die **polytrophen** Gewässer.

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 33: 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 34: 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.

Wasser ein besonderer Saft

Pädagogische Hochschule Weingarten Sommersemester 2011

Folie 35: 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.