



LakeExplorer - Wissen  
Temperatur im See



Folge @lakeexplorer  
auf facebook



Folge @lakeexplorer\_org  
auf Instagram





# Lake Explorer

Mit dem LakeExplorer erhalten Naturinteressierte die Möglichkeit und den Anreiz, die Gewässernatur Deutschlands vertiefend kennen zu lernen. Das neu gewonnene Wissen kann mit Hilfe der app- und webbasierten Onlineplattform gespeichert und geteilt werden, was das Bewusstsein für den Schutzbedarf der limnischen Lebensräume deutlich verbreiten soll.

Der LakeExplorer ist als Citizen Science-Projekt konzipiert, wobei er die naturkundliche Naturbegegnung mit einem starken Fokus im Bereich der Umweltbildung kombiniert. Auf diesem Weg soll die Wertschätzung für das heimische Naturerbe gestärkt werden. Der LakeExplorer unterstützt damit die Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS).

Schutzstation Wattenmeer e.V.  
Hafenstraße 3  
25813 Husum  
E-Mail: info(at)schutzstation-wattenmeer.de

© Schutzstation Wattenmeer e.V.  
Stand 6/2023

*Das Projekt wird vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie BINGO!-Projektförderung gefördert.*



Bundesamt für  
Naturschutz

leben.natur.vielfalt  
das Bundesprogramm



# Temperatur im See

Neben dem Licht und Nährstoffgehalt ist die Temperatur eines Sees ein wichtiger Umweltfaktor. Hier spielt die Sonnenstrahlung, insbesondere der langwellige Bereich, eine besondere Rolle. Der größte Teil der in das Gewässer eindringenden langwelligen Strahlung wird bereits nahe der Oberfläche absorbiert und in Wärme umgewandelt.

Die hohe Wärmekapazität von Wasser ist eine wichtige Eigenschaft, die das Klima der Erde und das Leben in den Bächen, Flüssen, Seen und Meeren beeinflusst. Wasser hat eine höhere Wärmekapazität als die meisten anderen Substanzen, was bedeutet, dass es viel mehr Energie benötigt, um es zu erwärmen oder abzukühlen als andere Materialien. Dies führt dazu, dass Wasser eine recht konstante Temperatur beibehält, was dazu beiträgt, den Klimawandel zu mildern und den Lebensraum für viele Wassertiere und -pflanzen stabil zu halten.

Im Gegensatz zum Licht nimmt aber die Temperatur nicht exponentiell nach unten hin ab, sondern unterliegt einer von der geographischen Breite und von der Jahreszeit abhängigen typischen Verteilung.

In der obersten Schicht (Epilimnion) eines stehenden Gewässers, wie beispielsweise eines natürlichen See oder eines Bagger- oder Stausees, verändert sich die Wassertemperatur mit zunehmender Tiefe zunächst kaum.

Im Metalimnion, der Sprungschicht in einem stehenden Gewässer, die zwischen der oberen Schicht (Epilimnion) und der unteren Schicht (Hypolimnion) liegt, erfolgt eine abrupte Abnahme der Wassertemperatur. Hier gibt es eine starke Abnahme der Wassertemperatur von  $> 1 \text{ }^\circ\text{C/m}$ . Den Temperaturverlauf nennt man auch Thermokline. Unterhalb der Sprungschicht, im Hypolimnion, erfolgt im Sommer kein Wärmetransport mehr von oben nach unten und die Wassertemperatur bleibt auf einem niedrigen Niveau konstant. In sehr tiefen Seen liegt daher die Wassertemperatur dort bei etwa  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Somit ergibt sich für größere Seen im Sommer eine, über längere Zeiträume bestehende stabile Temperaturschichtung.

Die Gründe dafür liegen im Wesentlichen in der Dichteanomalie des Wassers. Die Dichteanomalie des Wassers beschreibt das ungewöhn-

liche Verhalten von Wasser bei der Änderung seiner Dichte in Abhängigkeit von der Temperatur. Im Gegensatz zu den meisten anderen Flüssigkeiten erreicht Wasser seine höchste Dichte bei etwa 4 °C und wird dann bei weiterer Abkühlung weniger dicht.

Der Dichteunterschied beträgt bei einer Abkühlung von 4 °C auf 0 °C etwa 0,13 g/L und bei einer Erwärmung von 4 auf 20°C etwa 1,77 g/L. Mit steigender Wassertemperatur wird dieser Dichteunterschied immer größer. So ist er bei einer Erwärmung von 24 °C auf 25°C etwa 30x so groß wie von 4 °C auf 5 °C. Daraus ergibt sich, dass das Wasser mit einer größeren Dichte in die Tiefe sinkt, wo es von der Oberfläche isoliert ist. Dort unten bleibt es, bis Wasser mit einer noch größeren Dichte es wieder verdrängt.

In unseren gemäßigten Breiten, in denen wir haben vier deutliche Jahreszeiten: Frühling, Sommer, Herbst und Winter haben, gibt es praktisch in jedem Jahr Abkühlungen des Oberflächenwassers auf 4 °C, weshalb die Wassertemperatur in der tiefsten Schicht eines Sees immer bei 4 °C liegt.

Um nun die an der Wasseroberfläche absorbierte Wärme in

größere Tiefen zu verfrachten, wird Wind benötigt. Allerdings kann dieser im Sommer die oberen, warmen Wasserschichten nicht so einfach mit den unteren, kälteren Wasserschichten mischen, da das warme Wasser durch seinen Auftrieb (seine geringere Dichte) einen dem Temperaturgradienten entsprechenden Widerstand entgegengesetzt. Da die Dichteänderung pro °C bei hohen Temperaturen größer ist als bei niedrigen, stellt sich eine Zunahme der Stabilität von unten nach oben ein. Dies bedeutet, dass sich bei hohen Oberflächentemperaturen im Sommer eine stabile Schichtung aufbauen kann, die Sommerstagnation genannt wird. Im Verlauf des Sommers wird diese Schichtung immer stabiler.

Wenn sich die oberen Wasserbereiche im Spätherbst wieder abgekühlt haben, kann der meist kräftig wehende Wind den See ganz durchmischen. Das wird Herbstzirkulation genannt. Der See besitzt dann in der Regel vom Gewässergrund bis zur Oberfläche eine Wassertemperatur von 4 °C.

Kühlt das Oberflächenwasser bis zur Eisbildung noch weiter ab, schwimmt das spezifisch leichtere, weil kältere Wasser (Eis) auf dem schwereren 4 °C-Wasser auf. Eine

erneute stabile Temperaturschichtung hat sich eingestellt, die sogenannte Winterstagnation.

Nachdem das Eis im Frühjahr geschmolzen ist und sich das Oberflächenwasser wieder auf etwa 4°C erwärmt hat, können kräftige Winde bei nun wieder geringen Dichteunterschieden zwischen den Wasserkörpern den See bis auf den Grund durchmischen. Dieser Vorgang wird Frühjahrszirkulation genannt.

Dieser jahreszeitlich bedingte Wechsel zwischen 2 Stagnationen und 2 Vollzirkulationen ist typisch für unsere Voralpenseen. Unter anderen klimatischen Bedingungen kann sich aber ein vollkommen anderes Bild ergeben. So kann sich dieser Wechsel zwischen Schichtung und Zirkulation bei flachen Seen in den Tropen auch im täglichen Rhythmus abspielen. Da bei hohen Temperaturen die relative Dichteänderung pro Grad größer ist als bei tiefen, genügen in den Tropen schon kleine Temperaturunterschiede, um tagsüber stabile Schichtungen entstehen zu lassen, die nachts bei Abkühlung und Wind wieder zerstört werden. Die Temperaturschichtung und der Wärmeaustausch hängen also in starkem Maße von der Sonneneinstrahlung und vom Wind ab. Aber auch die Größe des Sees und

die Form eines Sees, also ob er flach oder tief ist, ob er geschützt in einem Tal der in einer Ebene liegt sowie die Art seiner Zuflüsse spielen eine wichtige Rolle für eine Stagnation und Zirkulation.

Es gibt folgende Zirkulationstypen von Seen:

1.) Amiktische Seen: Seen, die keine Zirkulation aufweisen, weil sie zumindest an der Oberfläche ständig zugefroren sind. Diese findet man in der Arktis, Antarktis und im Hochgebirge.

2.) Meromiktische Seen: Seen, in denen nur eine teilweise Zirkulation stattfindet. Die tiefen Wasserschichten werden dabei nie ausgetauscht, weil sie entweder eine sehr große Dichte haben, der weil der See zu windgeschützt liegt.

3.) Holomiktische Seen: Seen, die eine vollständige Zirkulation aufweisen. Diese werden entsprechend der Häufigkeit der Zirkulationen weiter unterteilt.

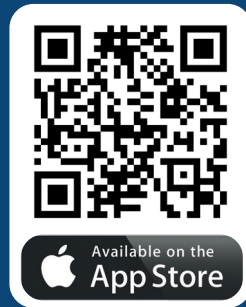
4.) Oligomiktische Seen: Seen, die nicht in jedem Jahr zirkulieren. Sie sind meistens sehr Große und können viel Wärme speichern. Daher ist nur unter entsprechenden klimatischen Bedingungen eine Vollzirkulation möglich.

5.) Monomiktische Seen: Seen, die nur einmal im Jahr, entweder im Sommer oder im Winter zirkulieren. Kalt-monomiktische Seen in den Polarregionen tauchen beispielsweise im Sommer auf, erreichen aber kaum Temperaturen über 4 °C, so dass nur eine Sommerzirkulation stattfinden kann. Warm-monomiktische Seen hingegen zirkulieren im Winter, da sie bis etwa 4 °C abkühlen, aber nicht zugefrieren.

6.) Dimiktische Seen: Seen, die zweimal im Jahr, im Frühjahr und im Herbst, zirkulieren. Diese Typ ist der häufigste Typ in unseren gemäßigten Breiten.

7.) Polymiktische Seen: Seen, die mehrmals im Jahr und teilweise auch täglich zirkulieren. Das sind vor allem flache Seen in den Tropen, aber auch bei uns, mit nur geringen Temperaturunterschieden zwischen der Wasseroberfläche und dem Bereich auf dem Grund.





Den LakeExplorer gibt es als webbasierte Onlineplattform unter [www.LakeExplorer.org](http://www.LakeExplorer.org) und als App im App Store von iTunes oder im Google Play Store. Jetzt kostenlos downloaden!



Folge @lakeexplorer  
auf facebook



Folge @lakeexplorer\_org  
auf Instagram

