

ÖKOSYSTEME UND DEREN ANTHROPOGENE BELASTUNG

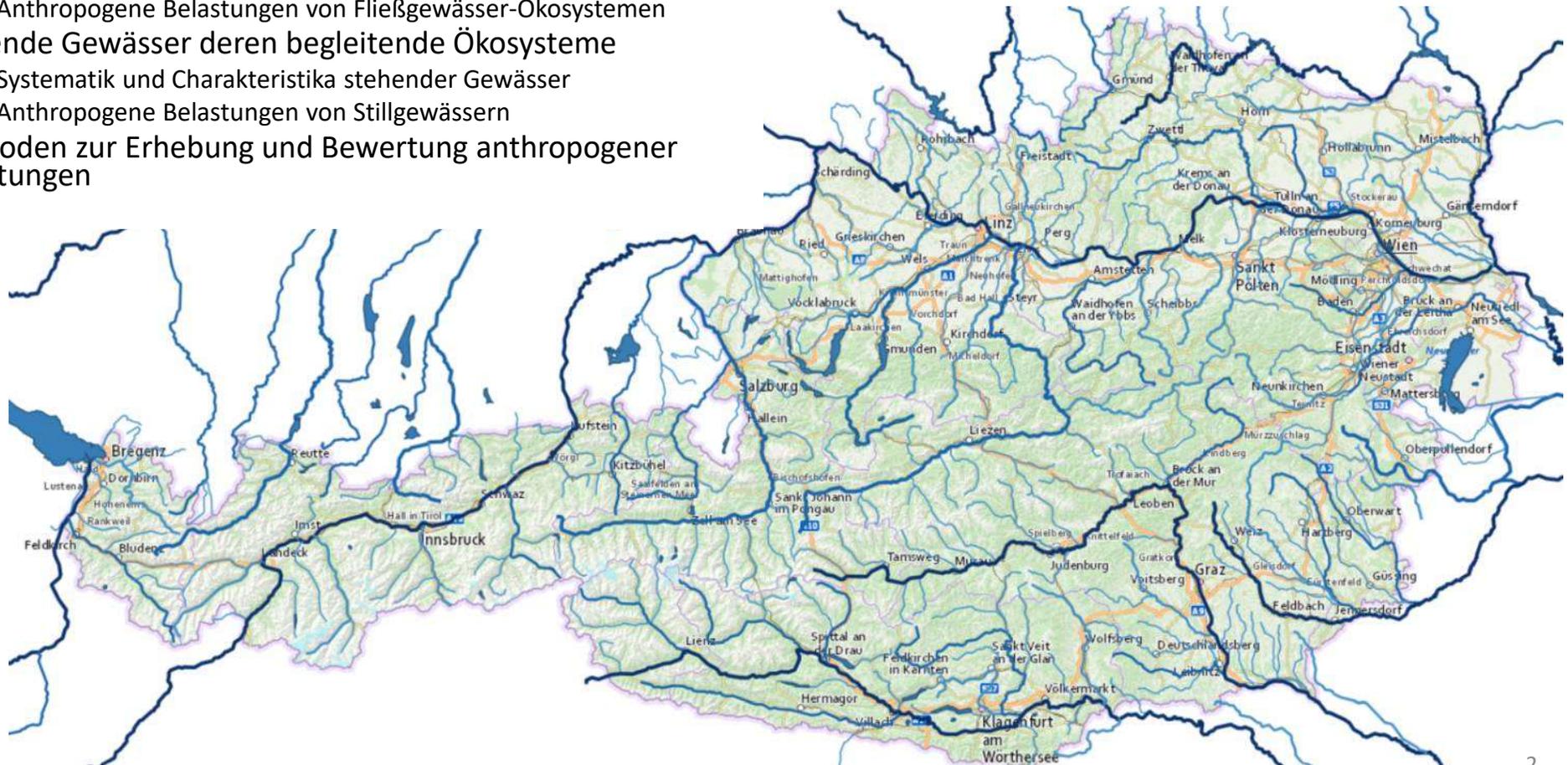
Aquatische Ökosysteme: Binnengewässer

SeBBU08201
SS 2025

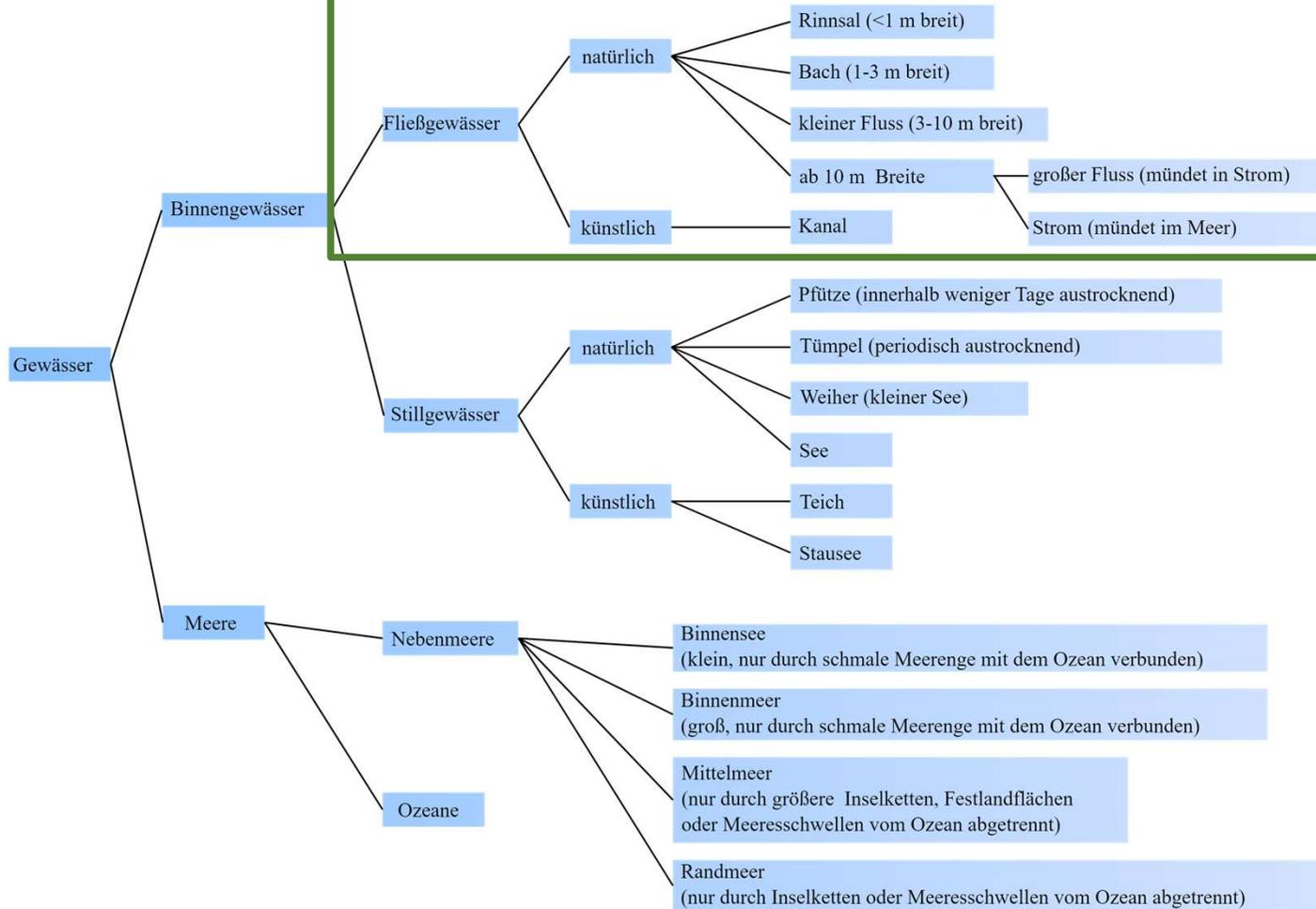
Inhalte:

Binnengewässer: limnische Ökosysteme

- Fließgewässer und deren begleitende Ökosysteme
 - Systematik der Fließgewässer-Ökosystemen
 - Anthropogene Belastungen von Fließgewässer-Ökosystemen
- Stehende Gewässer deren begleitende Ökosysteme
 - Systematik und Charakteristika stehender Gewässer
 - Anthropogene Belastungen von Stillgewässern
- Methoden zur Erhebung und Bewertung anthropogener Belastungen

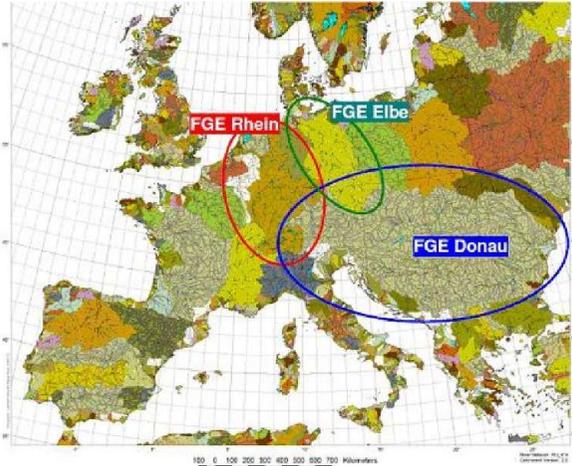


Terrestrische aquatische Ökosysteme: Fließgewässer

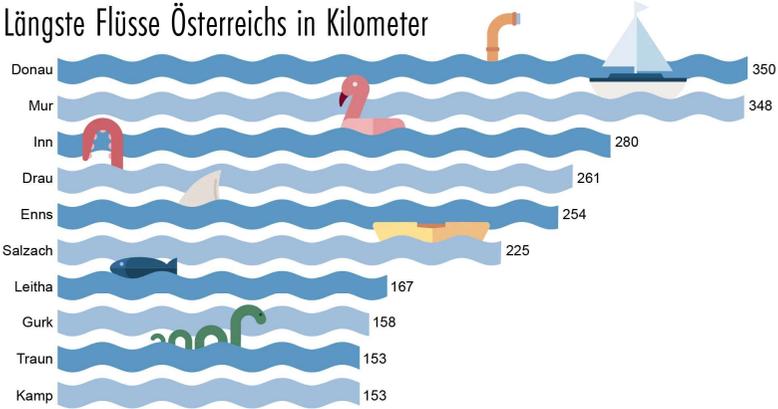


Das Fließgewässernetz von Österreich

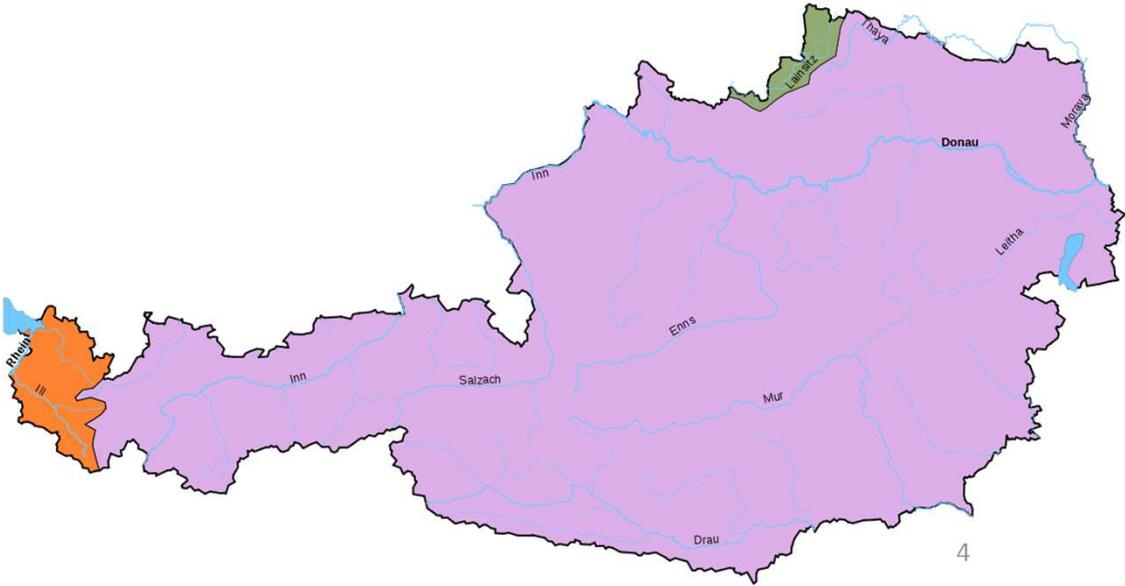
- Die Länge des österreichischen Fließgewässernetzes beträgt über rund 100.000 Kilometer.
- Die mittlere Gewässernetzdichte liegt bei 1,2 km/km².
- 2.194 **Fließgewässer** in Österreich mit Einzugsgebiet größer als 10 km²
- 53 der österreichischen Flüsse besitzen ein Einzugsgebiet von mehr als 500 km².
- Jene 30 Gewässer, die ein Einzugsgebiet von über 1.000 km² haben, weisen eine Gesamtlänge von ca. 3.800 km auf.



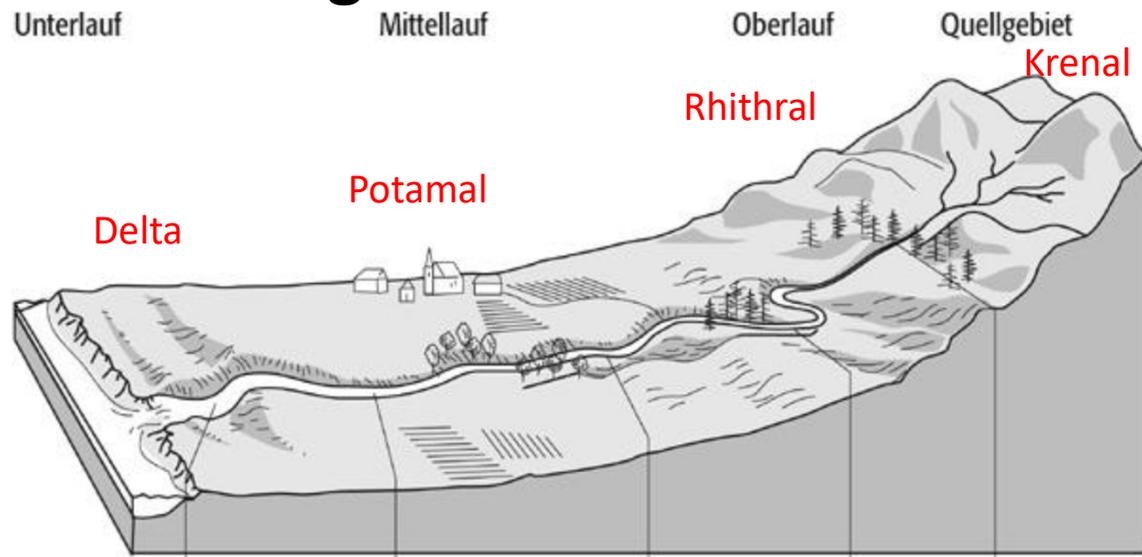
Fließgewässer-Einzugsgebiete



Quelle und Grafik: STATISTIK AUSTRIA, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Erstellt am 18.05.2022.



Längszonierung eines Fließgewässers



Krenal: Quellregion, Lebensraumgemeinschaft ist das **Krenon**.

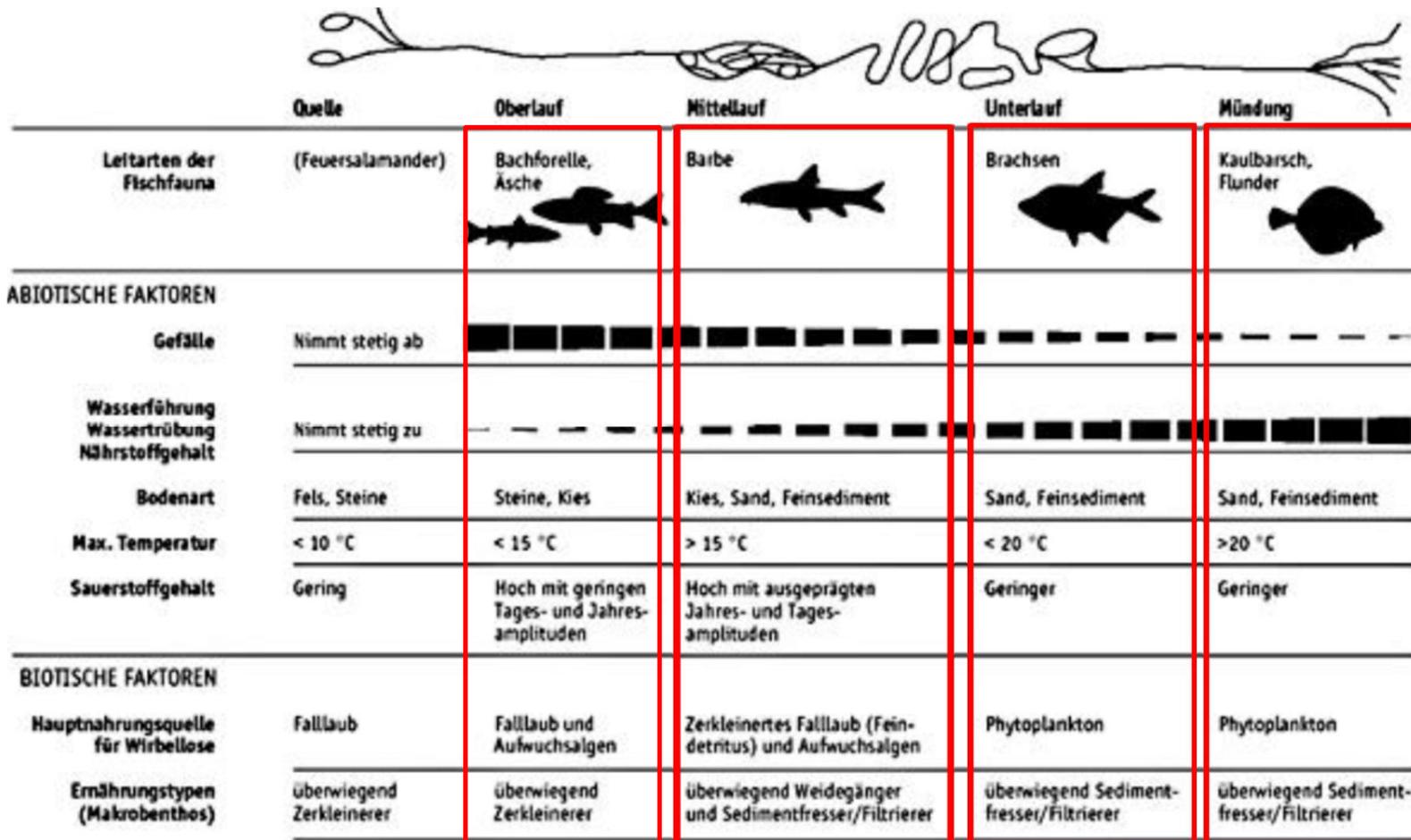
Das **Potamal:** Unterlauf, Lebensgemeinschaft ist das **Potamon**, bestehend aus drei Fischregionen:

- Barbenregion (Epipotamal),
- Brachsenregion (Metapotamal) und
- Kaulbarsch-Flunder-Region (Bereich der Mündung ins Meer, **Hypopotamal**).

Brackwasserregion	Brachsenregion	Barbenregion	Äschenregion	Forellenregion
Bodenart: Feinstmaterial	Sand	Kies	Fels und große Steine	
mittlere Temperatur im Sommer: häufig >20°C	bis 20°C und mehr	häufig >15°C	selten >15°C	selten >10°C
Sauerstoff an der Oberfläche ausreichend, in Bodennähe Sauerstoff-Zehrung		an der Oberfläche reichlich, in Bodennähe geringe Mengen	Sauerstoff reichlich	Sauerstoff sehr reichlich

Rhithral: Bachregion, unterteilt in **Epi-, Meta- und Hyporhithral** (oberer, mittlerer und unterer Bachabschnitt). Epi- und Metarhithral = obere bzw. die untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion.

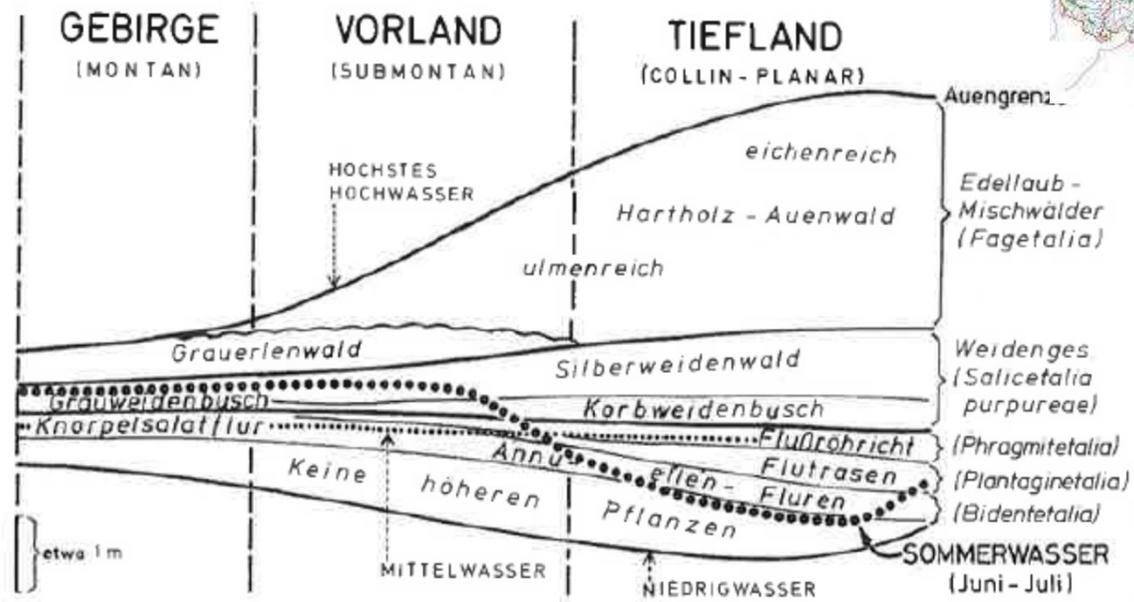
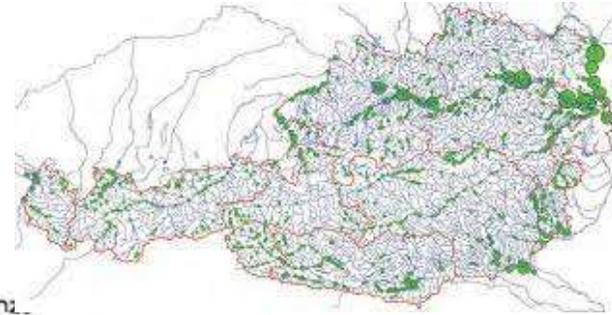
Längszonierung eines Fließgewässers



(Graw & Borchardt, 1999)

Auwaldökosysteme

Begleiten Fließgewässer und stehen unter deren Einfluss



Schematischer Längsschnitt durch die Begleitvegetation eines Alpenflusses vom Ober- zum Unterlauf (Ellenberg & Leuschner 2010)



Anthropogene Einflüsse auf Fließgewässer

In der Hauptsache beeinflussen 3 Faktoren die Ausgangslage in heimischen Fließgewässern:

1. Künstlicher Eintrag von Nährstoffen (Trophierung) und Chemikalien
2. Eingriffe in die Gewässermorphologie
 1. Flussbegradigung und anthropogene Gewässeroptimierung
 2. Künstliche Staugebiete und Hindernisse

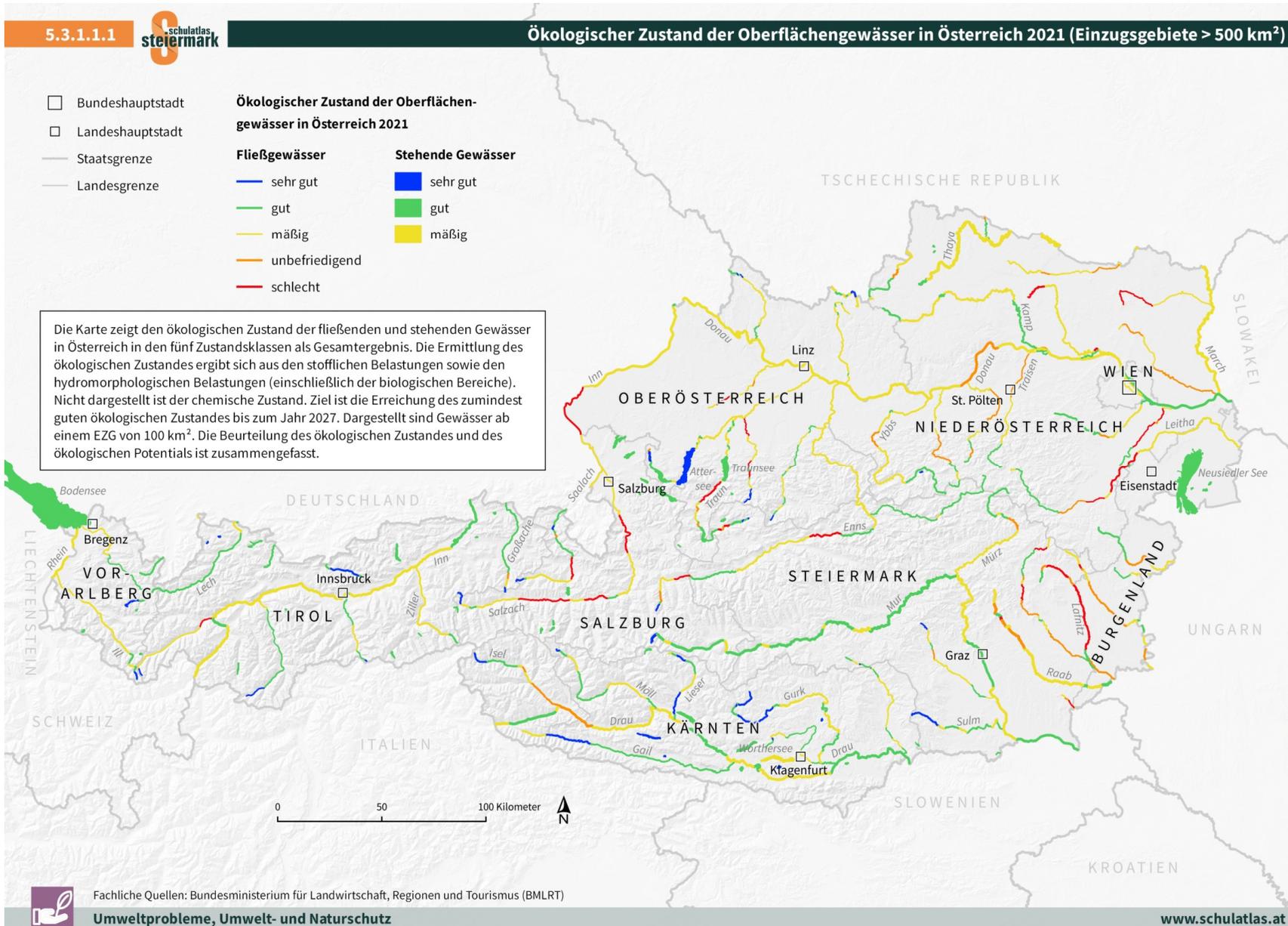


- Bundeshauptstadt
- Landeshauptstadt
- Staatsgrenze
- Landesgrenze

Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer in Österreich 2021

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| Fließgewässer | Stehende Gewässer |
| — sehr gut | ■ sehr gut |
| — gut | ■ gut |
| — mäßig | ■ mäßig |
| — unbefriedigend | |
| — schlecht | |

Die Karte zeigt den ökologischen Zustand der fließenden und stehenden Gewässer in Österreich in den fünf Zustandsklassen als Gesamtergebnis. Die Ermittlung des ökologischen Zustandes ergibt sich aus den stofflichen Belastungen sowie den hydromorphologischen Belastungen (einschließlich der biologischen Bereiche). Nicht dargestellt ist der chemische Zustand. Ziel ist die Erreichung des zumindest guten ökologischen Zustandes bis zum Jahr 2027. Dargestellt sind Gewässer ab einem EZG von 100 km². Die Beurteilung des ökologischen Zustandes und des ökologischen Potentials ist zusammengefasst.

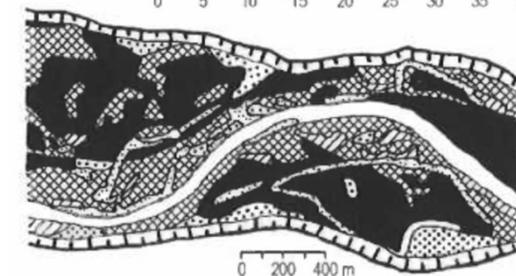
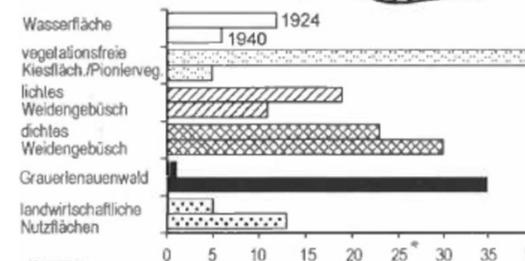
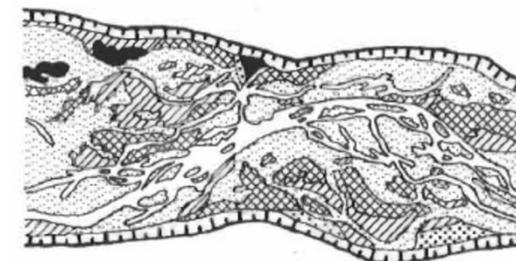
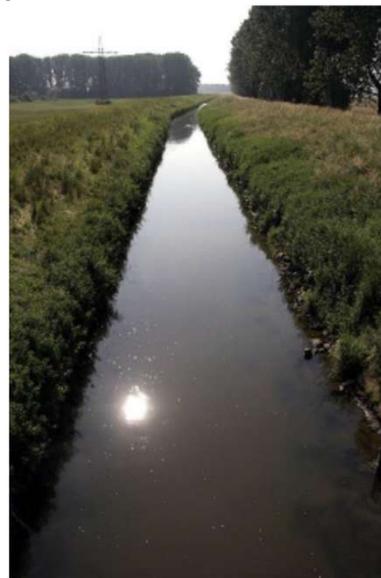


Flussbegradigung und anthropogene Gewässeroptimierung

Hintergründe sind/waren die Verbesserung der Binnenschifffahrt, der Gewinn von Siedlungs- und Kulturlflächen und der technische Hochwasserschutz

Probleme:

- Absenkung des Grundwasserspiegels
- Veränderung der Bedingungen für Ökosysteme
- Hochwassergefahr



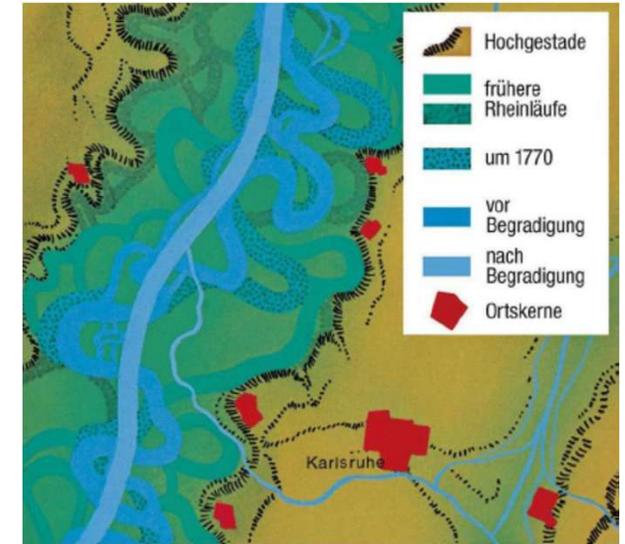
Flächenmäßige Veränderung der Auenvegetation und Landnutzung zwischen 1924 und 1940 nach starken wasserbaulichen Eingriffen in der Lechaue bei Augsburg. Nach Schauer (1984) in Müller & Müller (1998).

Flussbegradigung und anthropogene Gewässeroptimierung



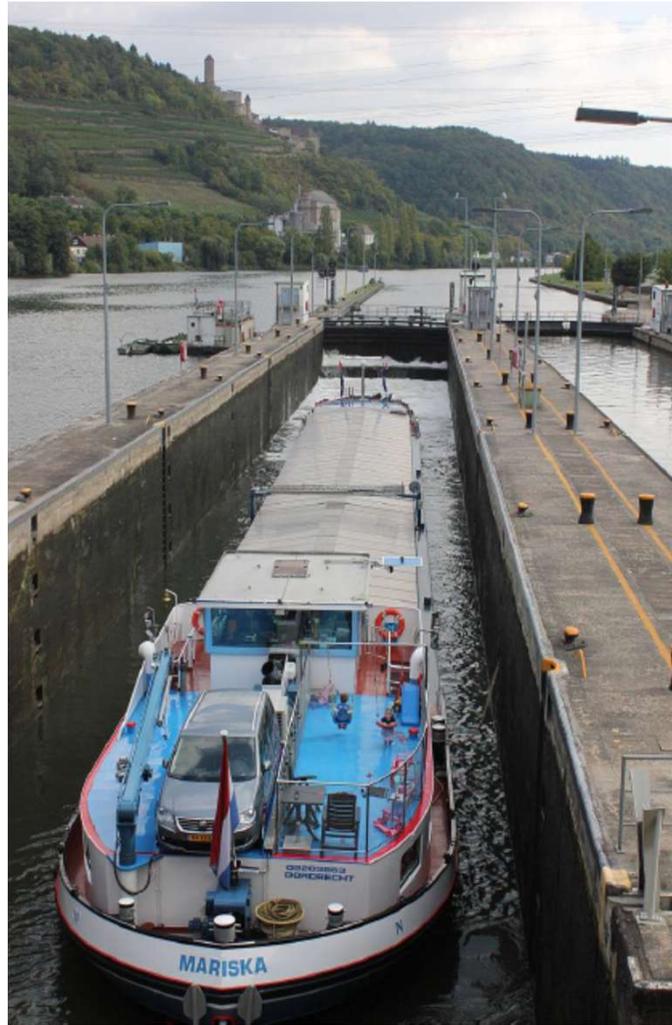
Verhinderung von natürlichen Mäandern verändert Strömungsgeschwindigkeiten und führt zum Verlust natürlicher Überschwemmungszonen (Retentionsräumen).

→ Auwälder und Auwiesen verschwinden als Ökosysteme



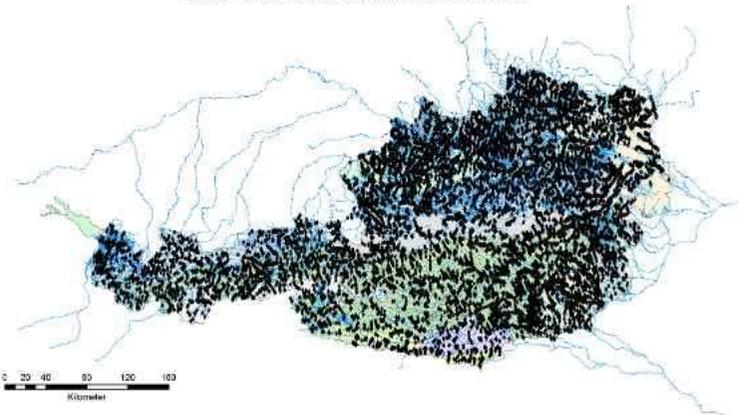
Künstliche Staugebiete und Hindernisse

Künstlich veränderte
Strömungsgeschwindigkeiten
und vor allem die
Einschränkung von (vor allem)
Fischwanderungen!!



Querbauwerke, nicht fischpassierbar

laut NCP-DB, verortet auf Berichtsgewässernetz des Bundes



Künstliche Staugebiete und Hindernisse

Gründe für Fischwanderung:

- Wechsel zwischen **Teillebensräumen** (z.B. Wanderung der Jungfische zu den Adulthabitaten)
- Nahrungssuchverhalten
- Ausgleich der Besiedelungsdichte
- Wiederbesiedelung nach Störungen
- Aufsuchen von Winterquartieren
- Aufsuchen von Ruhezeiten bei hohen Abflüssen
- Drift (insb. Eier und Brut) → Driftkompensation



Setzt gute **Durchgängigkeit** der Gewässer voraus!!

Roadmap Fischwanderung

Bedeutende Wanderfische der Schweiz

Aal
Alle in der Schweiz vorkommenden Aale sind Jungfische. Nur eine kurze Lebensphase als ausgewachsene Aale verbringen sie im Meer, wo sie sich auch fortpflanzen. In der Schweiz kommt der als gefährdet eingestufte Aal mittlerweile im Rhein und in dessen Zuflüssen vor.

Nase
Die Nase kommt in den Einzugsgebieten von Rhein und Aare vor und ist vom Aussterben bedroht. Ihre Laichzeit Russaufwärts, genannt Nossenschick, sind legendär. Heute ist dieses Phänomen nur noch selten zu beobachten.

Lachs
Der ausgewachsene Lachs lebt im Meer. Nur zur Fortpflanzung steigt er in die Fließgewässer auf. Die Jungfische wandern ihrerseits nach einigen Jahren zurück ins Meer. Früher gelangten Lachse über den Rhein in die Schweiz. In den Rhein-Nebenflüssen, teilweise aber auch im Rhein selbst, legen sie ihre Eier ab. Heute ist der Lachs in der Schweiz zwar ausgestorben, verschiedene Massnahmen zur Wiederansiedlung sind jedoch im Gange.

Barbe
Die potentiell gefährdete Barbe lebt in den Einzugsgebieten von Rhein, Aare und Rhone. Im Frühling unternimmt sie ausgedehnte Wanderungen zu ihren Laichplätzen.

Seeforelle
Die Seeforelle ist die Wanderform der Forelle. Sie lebt als ausgewachsener Fisch in Seen und steigt zur Fortpflanzung in ihr Geburtsgewässer auf. Sie wird als stark gefährdet eingestuft.

Äsche
Vor dem Bau der grossen Flusskraftwerke kam die Äsche in den Einzugsgebieten von Rhein, Rhone und Ticino sehr zahlreich vor. Nicht umsonst wurde eine ganze Fischregion nach ihr benannt – die Äschereggion. Die Äsche hat heute leider stark abgenommen und gelten als gefährdet. Zur Fortpflanzung wandert die Äsche stromauf und in die Unterläufe von Zuflüssen.

Alle Fische wandern

Künstliche Staugebiete und Hindernisse

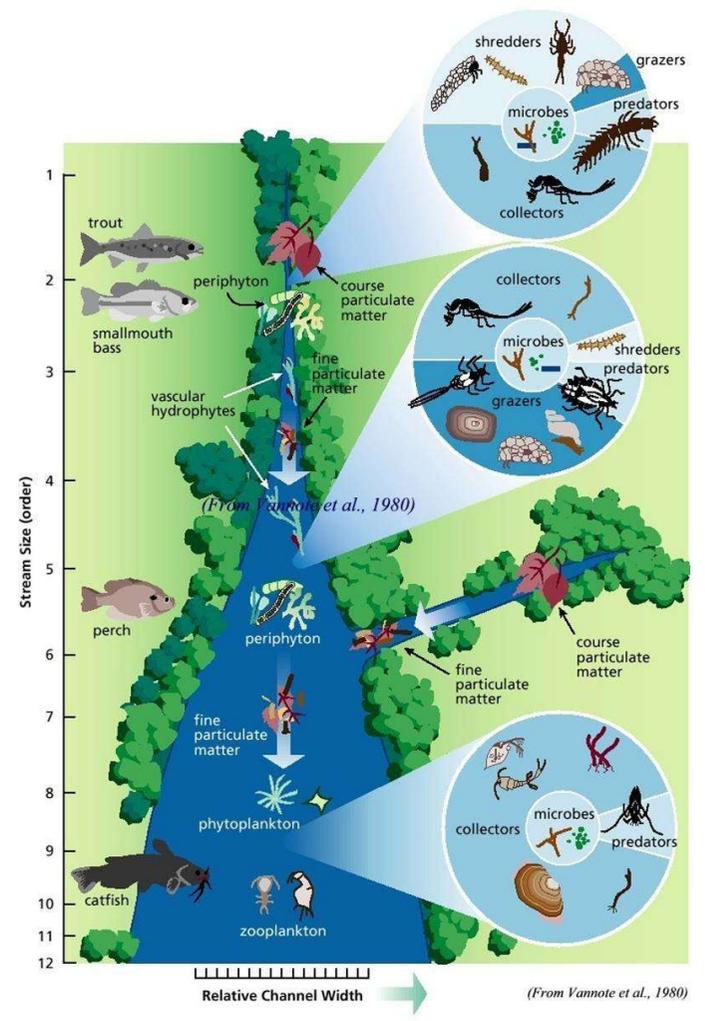
Fischtreppen können Abhilfe schaffen



Revitalisierung und Renaturierung von Fließgewässern

Ausgangspunkt bildet das River Continuum Concept
(Vannote et al. 1980)

- Modell zur Einteilung und Beschreibung von Fließgewässern
- Klassifizierung einzelner Gewässerabschnitte nach dem Vorkommen von **Leitorganismen** und der **Geomorphologie**
- Fließgewässer werden als **offene Ökosysteme** betrachtet, die in dauernder Interaktion mit dem Ufer stehen und sich im Verlauf von der Quelle bis zur Mündung stetig verändern (Breite, Tiefe, Wassermenge, Strömungseigenschaften, Substratzusammensetzung Temperatur, Komplexität des Gewässers)
- Lebewesen sind dem kontinuierlichen System angepasst und bilden ihrerseits ein Kontinuum, bei denen die Lebensgemeinschaften über längere Flussbereiche mit den physikalischen Gegebenheiten in Einklang stehen und sich ein Gleichgewicht zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten einstellt.
- Entlang des Flussverlaufs kommt es zu einer Veränderung im Verhältnis zwischen der Produktion und dem Verbrauch (Respiration) des Materials.



Hydromorphologische Gewässerstrukturgüteklassen

Hydromorphologie

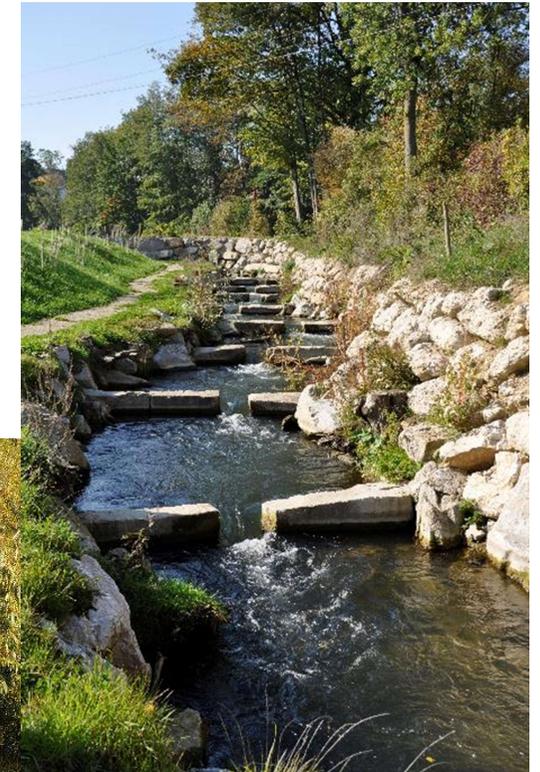


Klasse	Grad der Veränderungen	Farben im Plan	Kurze Beschreibung: Gewässerstruktur ...
1	Unverändert	dunkelblau	... entspricht dem potenziell natürlichem Zustand
2	Gering verändert	hellblau	... gering beeinflusst durch einzelne, kleinräumige Eingriffe
3	Mäßig verändert	grün	... mäßig beeinflusst durch mehrere kleinräumige Eingriffe
Entspricht einem guten ökomorphologischen Zustand gemäß EU WRRL!			
5	Stark verändert	gelb	Nutzungen ... ist durch Kombinationen von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder Nutzungen in der Aue beeinträchtigt
6	Sehr stark verändert	orange	... ist durch Kombinationen von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder Nutzungen in der Aue stark beeinträchtigt
7	Vollständig verändert	rot	... ist durch Eingriffe in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch Nutzungen in der Aue vollständig verändert .

Revitalisierung und Renaturierung von Fließgewässern



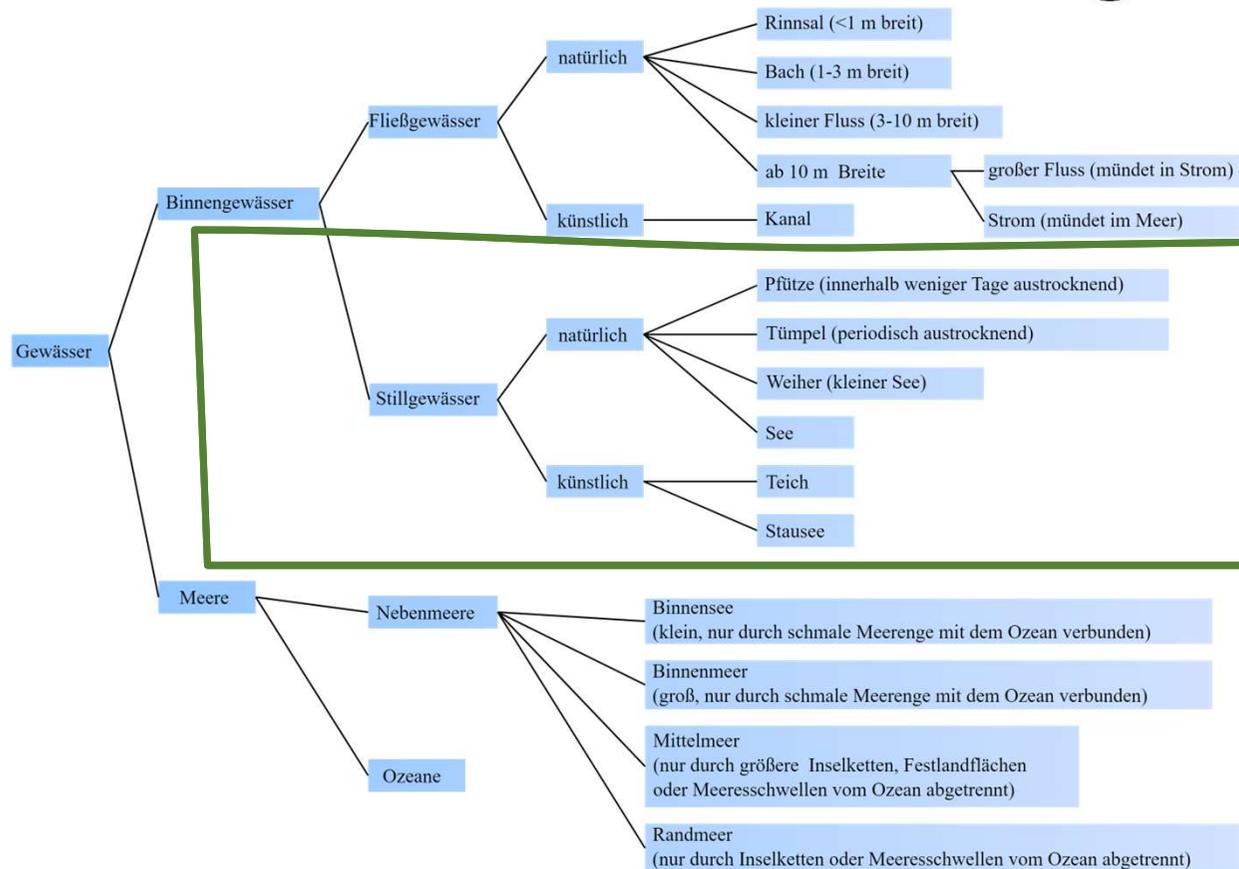
Revitalisierung und Renaturierung von Fließgewässern



Terrestrische aquatische Ökosysteme:



Stillgewässer



Stillgewässer in Österreich

- mehr als 25.000 **stehende Gewässer** mit einer Fläche größer als 250 m²: sowohl natürlich entstandene große Seen, Lacken, Klein- und Augewässer wie auch die künstlich entstandenen Baggerseen, Teiche, Speicherseen und Stauseen.
- ca. 2.140 stehende Gewässer mit einer Fläche größer als 1 ha. Die Gesamtfläche dieser Gewässer beträgt rund 613 km² (= ca. **0,7% der Staatsfläche**)
- 62 Seen sind "große Seen" mit einer Fläche über 50 ha. Davon 43 "natürlich" und 19 "künstlich".



Gewässertypeneinteilung: Stillgewässer

- **Seen**, die über eine ausreichende Tiefe verfügen, damit sich eine **Temperaturschichtung** entwickeln kann,
- **Flachgewässer**, deren Wasserkörper häufig umgeschichtet wird, manchmal sogar täglich.
- **Weiber** sind Flachwasserseen mit oder ohne ständige Wasserführung.
- **Tümpel** sind flache, periodisch austrocknende Wasseransammlungen mit natürlicherweise stark schwankenden Wasserständen ohne Wasserführung bzw. Ablauf. Sie können natürlichen oder menschlichen Ursprungs sein.
- **Lachen, Laken oder Pfützen** sind episodisch wasserführend.
- **Teiche** sind von Menschen geschaffene Gewässer, deren Wasserstand meist künstlich regulierbar ist, so dass ein Teich auch zeitweise trockengelegt sein kann.
- **Sölle** sind **eiszeitlich bedingt entstandene Weiber** oder Tümpel aus ehemaligem Toteis.
- **Altarme und Altwasser** sind abgeschnürte Mäander, wobei beim Altwasser keine Verbindung mehr zum Fluss besteht.





Lange Lacke, Seewinkel im Burgenland



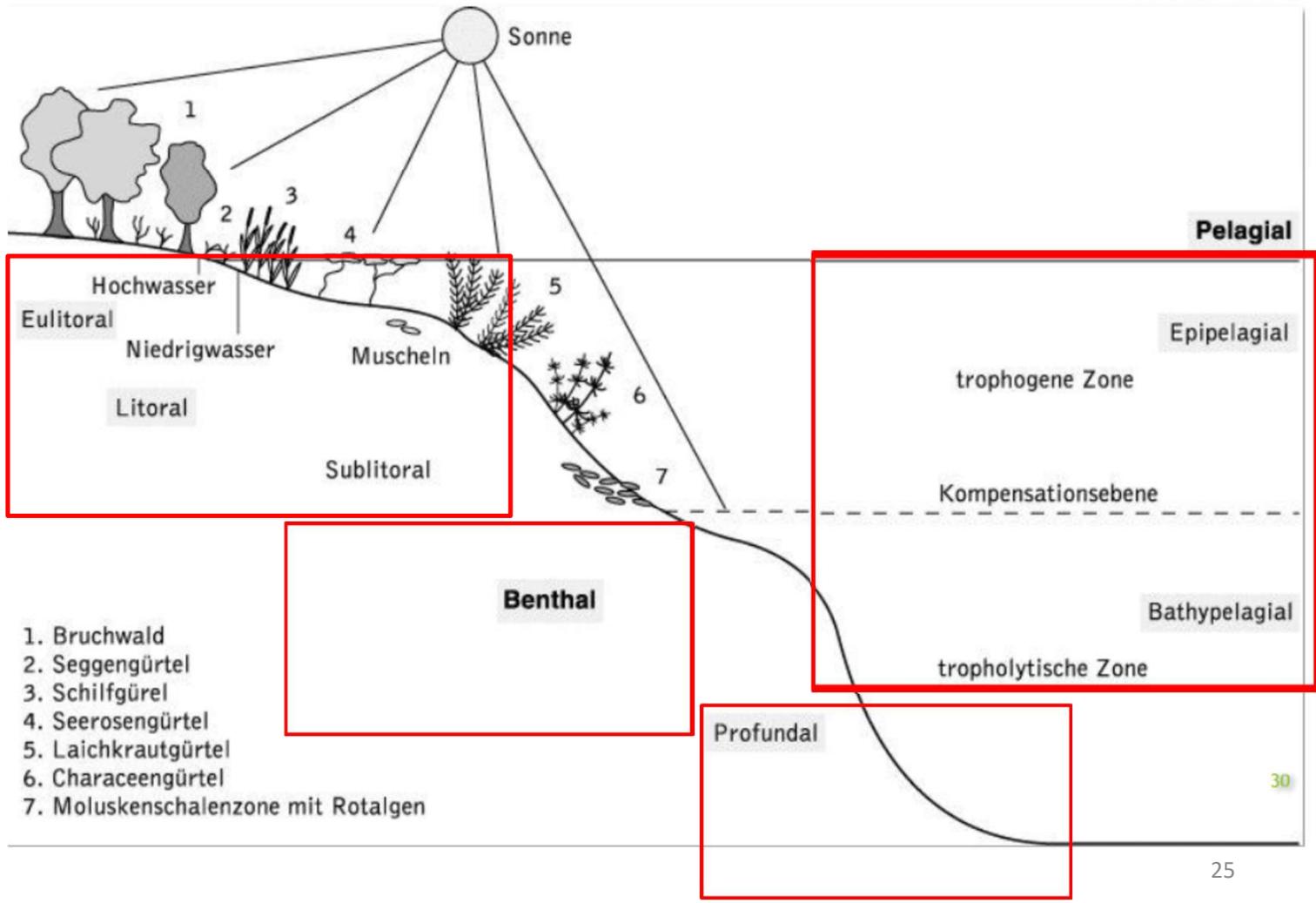
Attersee im Alpenvorland



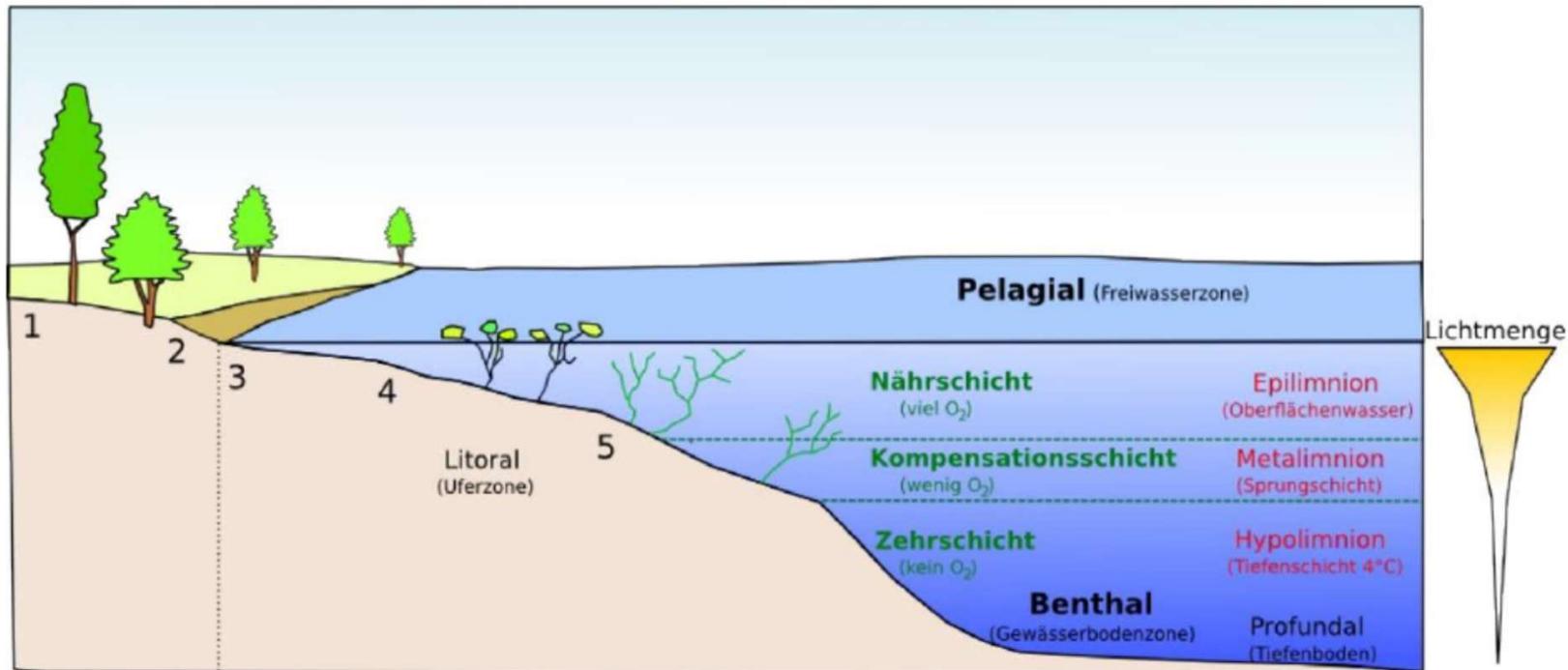
Waldviertler Teichlandschaft

Stillgewässerzonierung

- **Litoral** = Uferzone
- **Benthal** = Lebensbereich im, am und auf dem Boden eines Gewässers
- **Profundal** = Tiefste Bodenzone
- **Pelagial** = Freiwasserzone
- **Trophogene Zone** = Nährschicht
- **Tropholytische Zone** = Zehrschicht



Stillgewässerzonierung



1. **Bruchwald:** Erle, Moorbirke, Weide
2. **Seggenried:** Seggen, Schwertlilien, Weidericharten
3. **Röhrlichtzone:** Schilfrohr, Rohrkolben, Binsen, Froschlöffel, Pfeilkraut
4. **Schwimmblattzone:** Seerose, Teichrose, Schwimmendes Laichkraut
5. **Unterwasserblattzone:** Tausendblatt, Hornblatt, Algen

Stillgewässerzonierung

Gliederung nach abiotischen Faktoren:

Epilimnion (Deckschicht):

Hohe Temperaturschwankung

Hoher Sauerstoffgehalt

Lichtdurchflutet

Erwärmte und stark bewegte Wasserschicht

Metalimnion (Sprungschicht):

Übergangs-Wasserschicht

Temperaturabnahme von 1°C/m bis auf minimal 4°C

Sauerstoffabnahme mit zunehmender Tiefe

Lichtabnahme mit zunehmender Tiefe

In kleineren Seen reicht das Metalimnion bis zum Seeboden

Hypolimnion (Tiefenschicht):

Gleichmäßig 4°C

Meist kein Sauerstoff

Lichtlos

Nur durch interne Wellen und Ausgleichsströmung bewegte Wasserschicht

Gliederung nach biotischen Faktoren:

Trophogene Zone (Nährschicht):

Photosynthese durch Primärproduzenten

Biomasse und Sauerstoff

Lichtdurchflutet

Kompensationsschicht:

Sauerstoffproduktion und Verbrauch gleichen einander aus

Tropholytische Zone (Zehrschicht):

Verbrauch von Biomasse und Sauerstoff durch Destruenten

Leben im Stillgewässer

Plankton: Kleinlebewesen der **Freiwasserzone**. Sie schweben im Wasser, ohne aktiv gegen die Wasserströmung zu schwimmen. Man unterscheidet **Phytoplankton** (autotrophe Blau-, Grün- oder Kieselalgen) und **Zooplankton** (heterotrophe Kleinkrebse, Wasserflöhe, Rädertierchen).

Nekton: (Klein)-lebewesen des Freiwassersbereichs, welche aktiv gegen die Wasserbewegung schwimmen können (vor allem Fische).

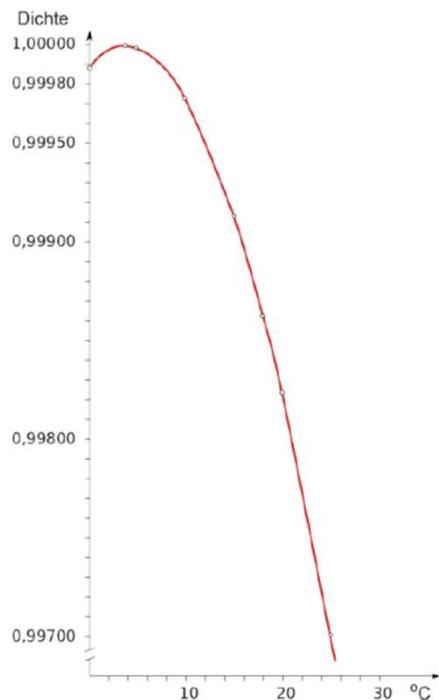
Pleuston (=Schwimmlebensgemeinschaft): Lebewesen, welche auf der Wasseroberfläche schwimmen - z.B. Enten, Wasserlinsen, Wasserhyacinthen

Neuston: Lebewesen, welche auf der Wasseroberfläche leben (oder genau darunter!), ohne zu schwimmen. Sie bewegen sich auf dem Wasser, welches sie durch seine Oberflächenspannung trägt z.B. Wasserläufer Insektenlarven, einzellige Zooflagellaten (an der Wasserunterseite).



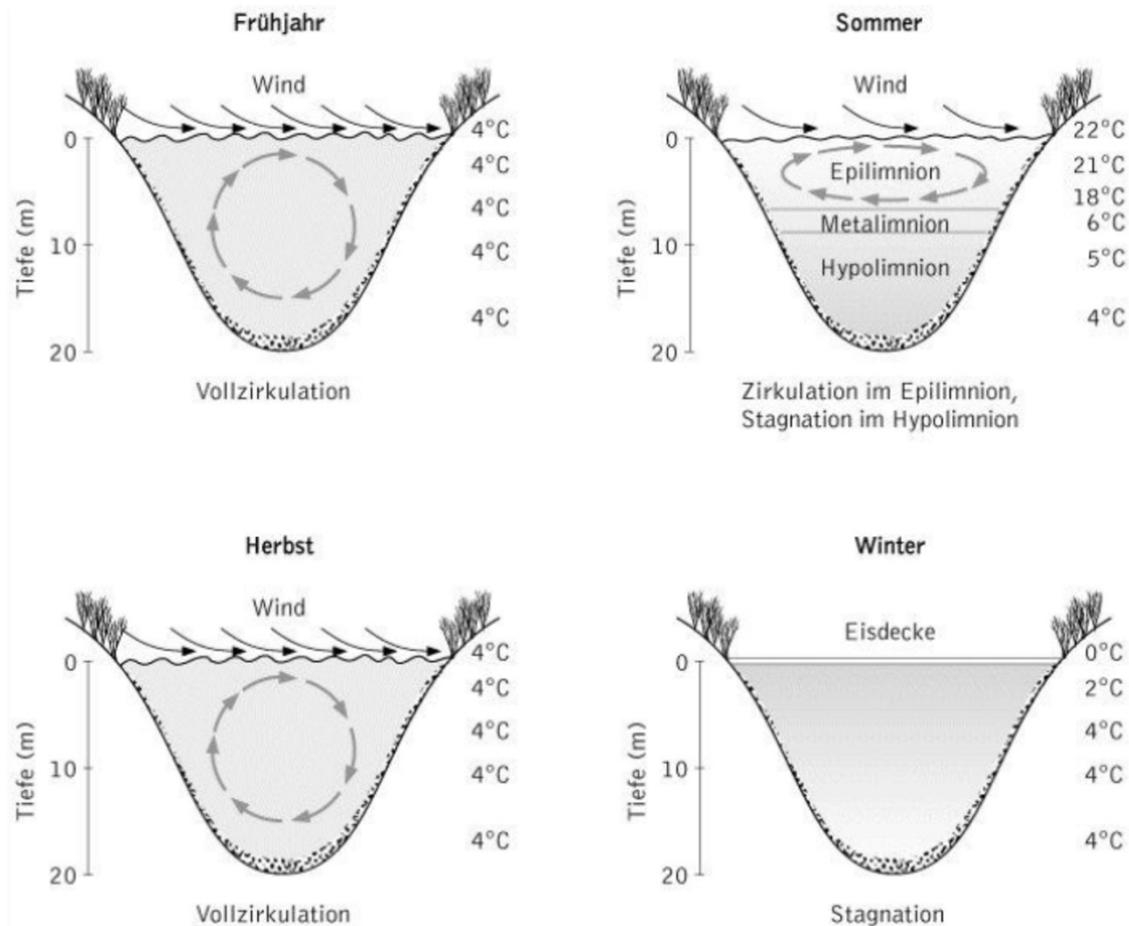
Nährstoffe im Stillgewässer: Verfügbarkeit nach Jahreszeit

Die Abhängigkeit der Wasserdichte von der Temperatur



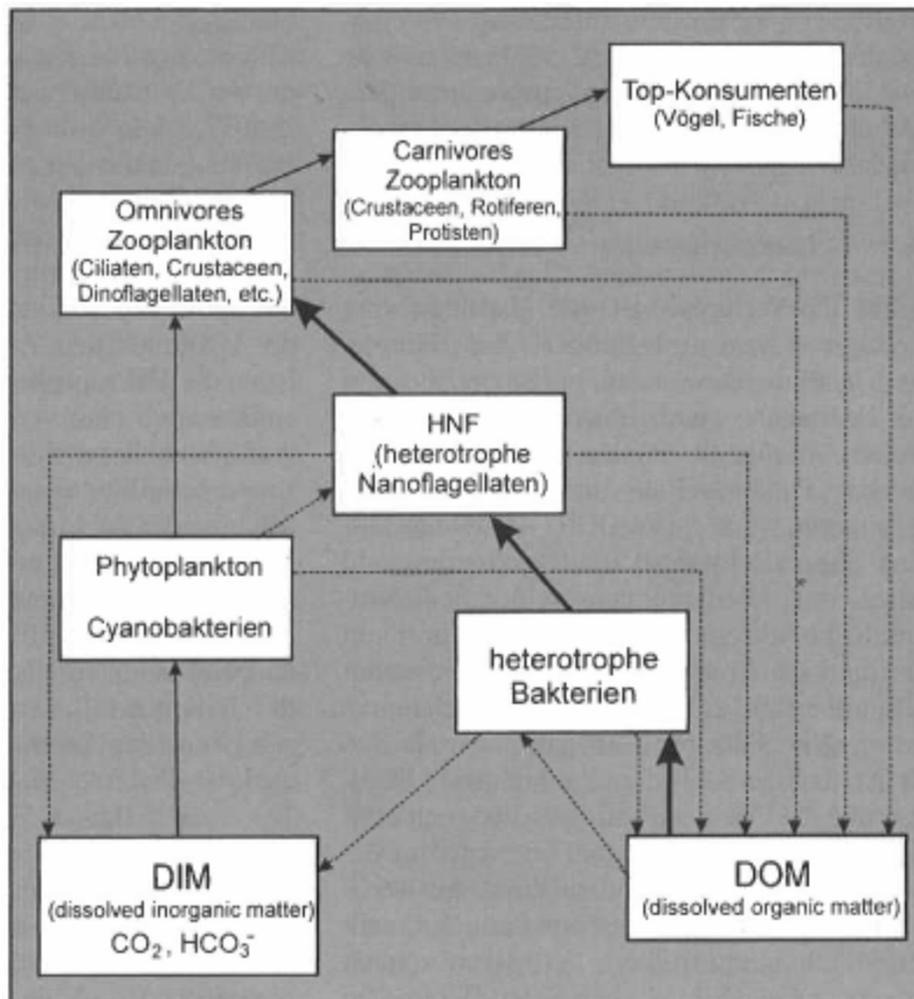
Dichteveränderung des Wassers bei zunehmender Temperatur

Dichteanomalie des Wassers, Wind und Temperatur bedingen die Zirkulation



Nahrungsnetze im Stillgewässer

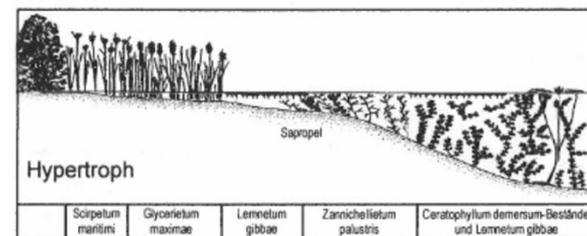
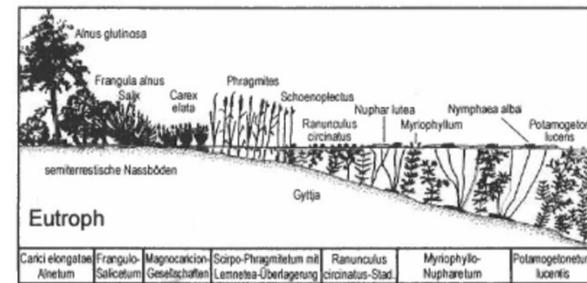
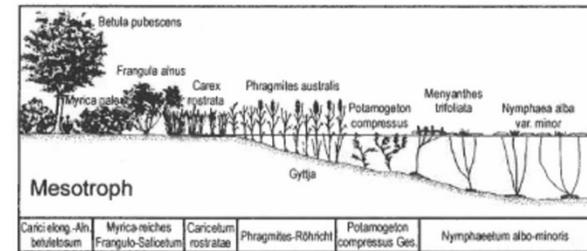
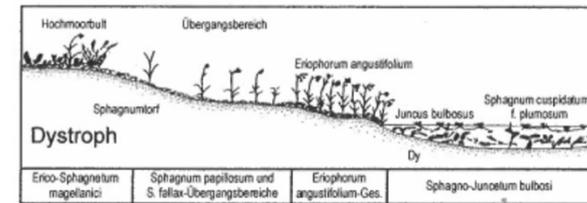
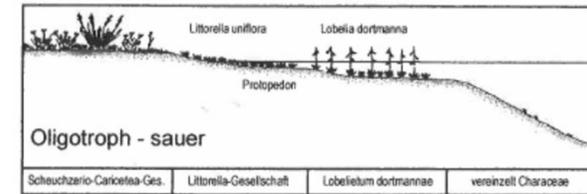
Vereinfachtes Schema des limnischen Nahrungsnetzes in einem See, in dem heterotrophe Bakterien gelöste organische Verbindungen aus dem Wasser konsumieren und diese Substanzen für höhere trophische Ebenen verfügbar machen. Nach Schwoerbel (1999), verändert.



Dynamiken in Stillgewässern

Infolge von Photosynthesetätigkeit und der damit verbundenen Produktion von Biomasse tendieren Stillgewässer ohne Zu- und Abflüsse auch unter humiden Klimagebieten zur Verlandung.

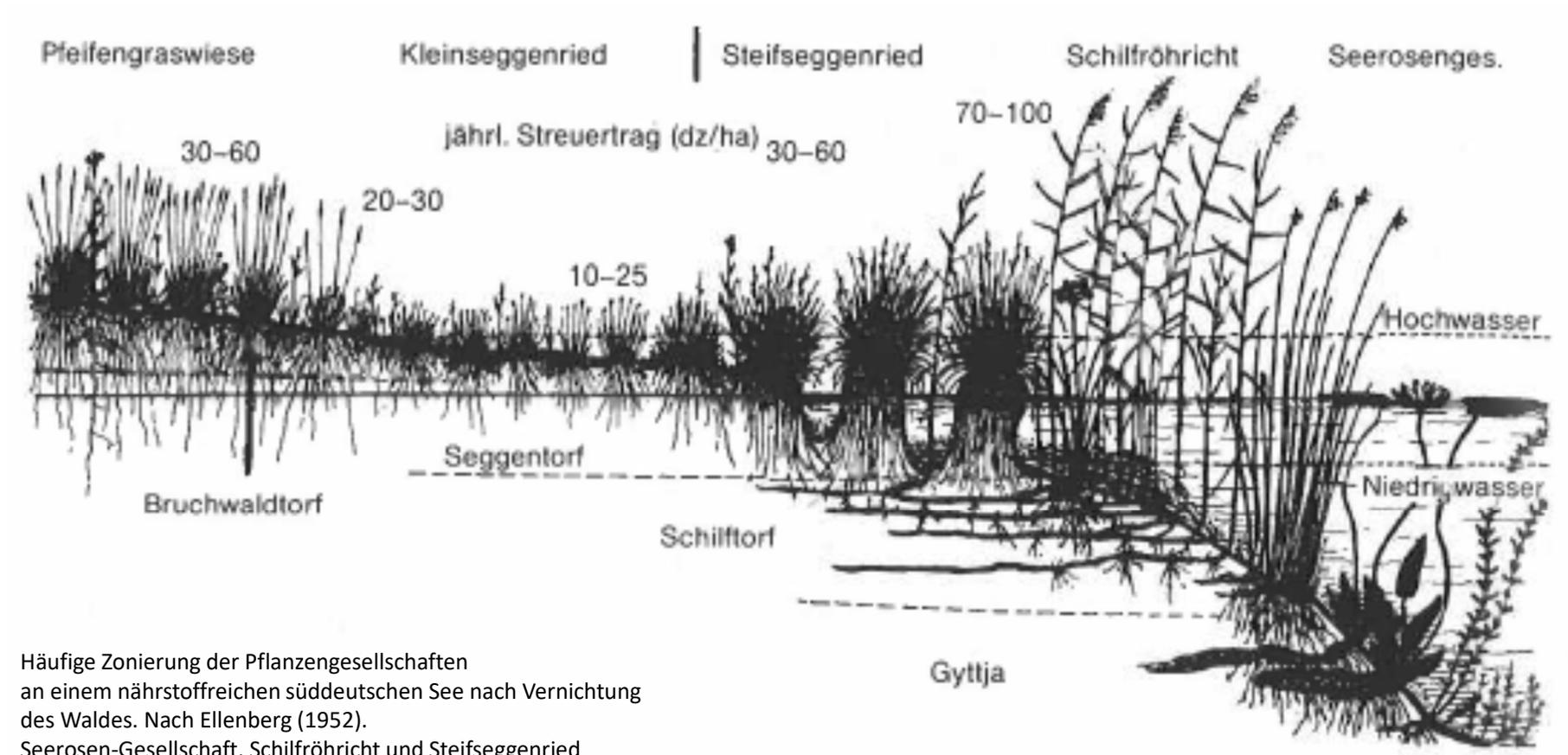
Die Verlandungsdynamiken verlaufen je nach Trophieniveau über unterschiedliche Pflanzengesellschaften in verschiedenen Entwicklungsstadien.



Vegetationszonierung an den Ufern von Stillgewässern unterschiedlicher Trophie in Nordwestdeutschland. Nach Pott & Remy (2000).



Dynamiken in Stillgewässern



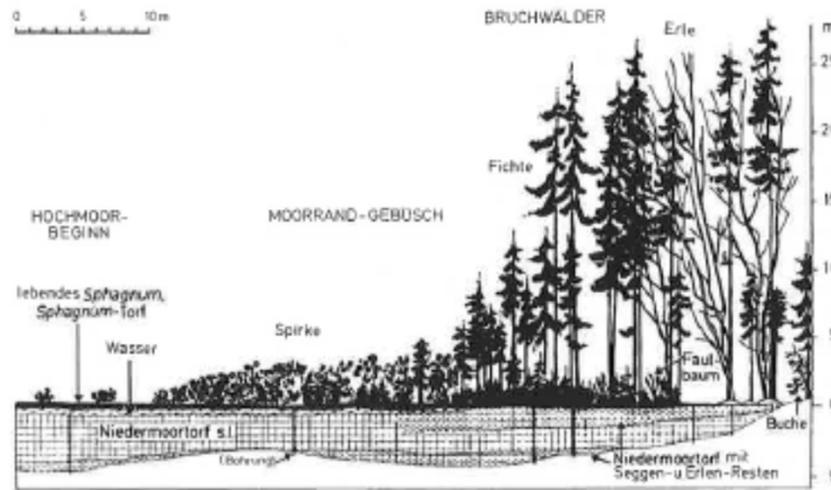
Häufige Zonierung der Pflanzengesellschaften an einem nährstoffreichen süddeutschen See nach Vernichtung des Waldes. Nach Ellenberg (1952).

Seerosen-Gesellschaft, Schilfröhricht und Steifseggenried sind noch naturnah, während Kleinseggenried und Pfeifengraswiese durch regelmäßige Mahd an Stelle von Erlenbruch und Erlen-Eschenwald oder feuchtem Eichen-Hainbuchenwald erhalten werden.

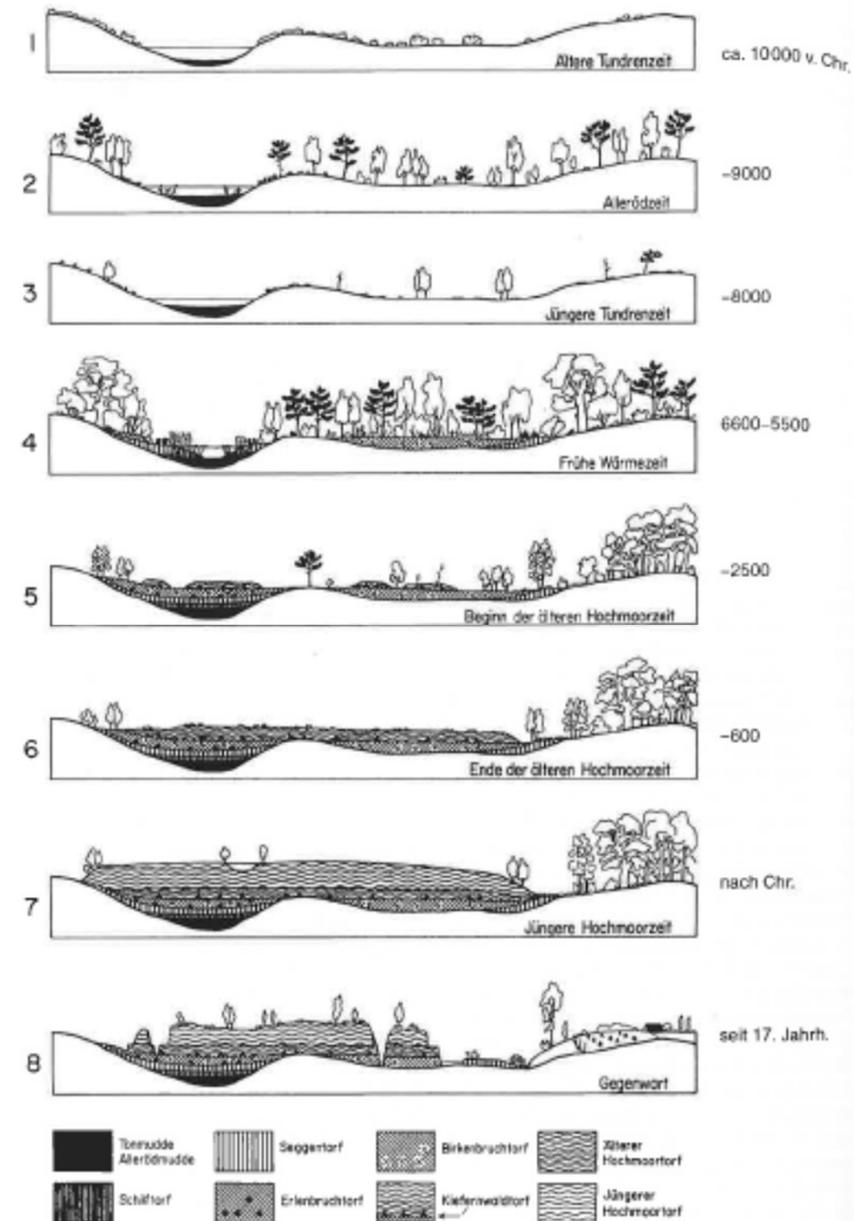
Exkurs: Hochmoorökosysteme

Entstehung von Hochmooren

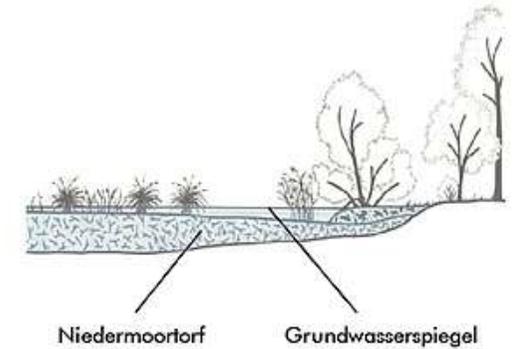
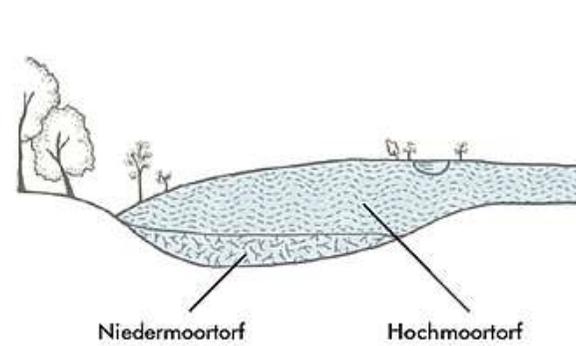
- Moorbildung seit Temperaturanstieg ab dem Alleröd (Ablagerung von Torfmudde)
- Präboreal und Boreal (10.000-8.000bp): **Niedermoortorfe** aus Seggen mit Teilen von Birken und Kiefern (Bruchwald-Torf)
- Ab Atlantikum (8.000bp): Beginn der **Hochmoorbildung**: stark zersetzte „**Schwarztorfe**“
- Ab Subboreal (4.500bp): Bildung von „**Weißtorflagern**“ – Seggentorf und **Torfmoose**



Zonierung am Rand eines Hochmoores (Pfadenhauer und Kaule 1973)



Exkurs: Nieder- und Hochmoor

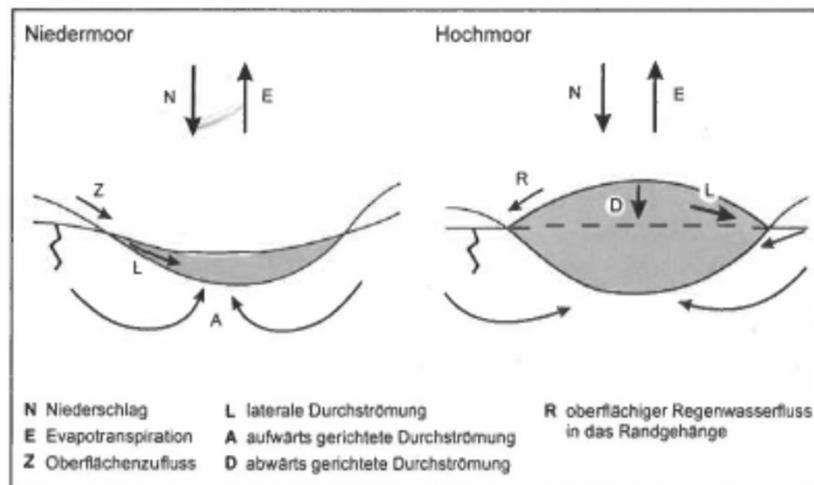


Hochmoor = Regenmoor

- † kein Kontakt zum Grundwasser, gespeist vom Regen
- † extrem nährstoffarm
- † typisch sind Torfmoose
- † Lebensraum weniger Spezialisten

Niedermoor = Grundwassermoore

- † gespeist vom Grundwasser
- † nährstoffreicher als Hochmoor
- † typisch sind Sauergräser
- † Pflanzen- und Tierwelt artenreicher



Schema der Wasserbilanz eines Nieder- und eines Hochmoores mit den wesentlichen Wasserflüssen. Nach Streefkerk & Casparie (1989) in Dierßen & Dierßen (2001).



© J. Garschhammer

Nährstoffe im Stillgewässer (Trophiesystem)

- Eine Gewässertypeneinteilung kann nach Verfügbarkeit der Nährstoffe in unterschiedlicher Tiefe getroffen werden:

Oligotroph



Mesotroph



Eutroph



Hypertroph



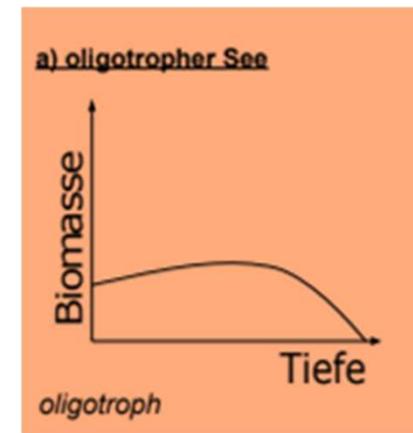
Zunehmende Produktivität der Gewässer-Biozönose

Nährstoffe im Stillgewässer (Trophiesystem)

Oligotropher See

- wenig Nährsalze vorhanden => wenig Phytoplankton
- => wenig Phyto- und Zooplankton => hohe Sichttiefe (bis zu 10m)
- Sauerstoff in allen Tiefen
- schnelle Umsetzung von organischem Material
- schmale Uferzone
- „ungestörte“ Seen
- hohe Artenvielfalt, aber geringe Anzahl an Tieren insgesamt
- oft im Gebirge, da dort kein Nährsalzeintrag aus Dünger der Landwirtschaft vorliegt.

Entspräche Saprobien Index von ca. 1-1,8

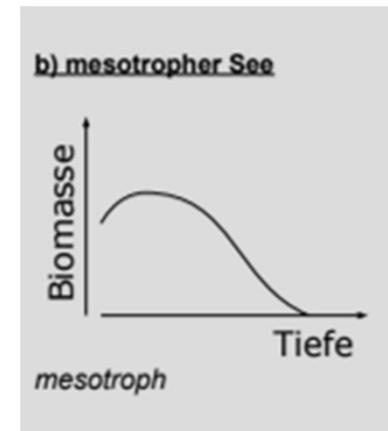


Nährstoffe im Stillgewässer (Trophiesystem)

Mesotropher See

- mehr Nährsalze vorhanden (z.B. durch landwirtschaftliche Düngung), aber auch höhere Produktionsleistung der Primärproduzenten
- dadurch mehr Produzenten und Konsumenten
- => geringere Sichttiefe (1 bis max. 5m)
- während der Sommerstagnation weniger Sauerstoff im Hypolimnion

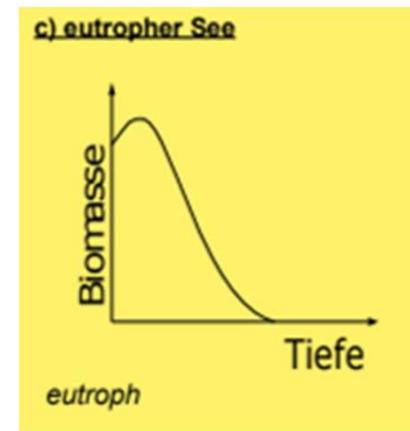
Entspräche Saprobien Index von ca. 1,8-2,7



Nährstoffe im Stillgewässer (Trophiesystem)

Eutropher See

- viele Nährsalze im Wasser vorhanden
- => im Herbst und Frühling viel Phytoplankton
- im Sommer Absterben vieler Algen
- => Faulschicht am Boden durch Sauerstoffmangel
- geringere Artenvielfalt, jedoch hohe Individuenzahl
- viel Vegetation am Ufer
- kaum Sichttiefe
- viele mitteleuropäische Seen



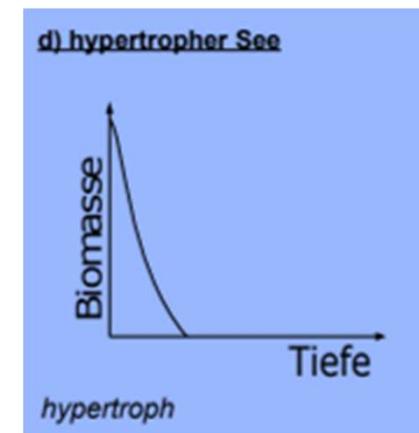
Entspräche Saprobien Index von ca. 2,7-3,5

Nährstoffe im Stillgewässer (Trophiesystem)

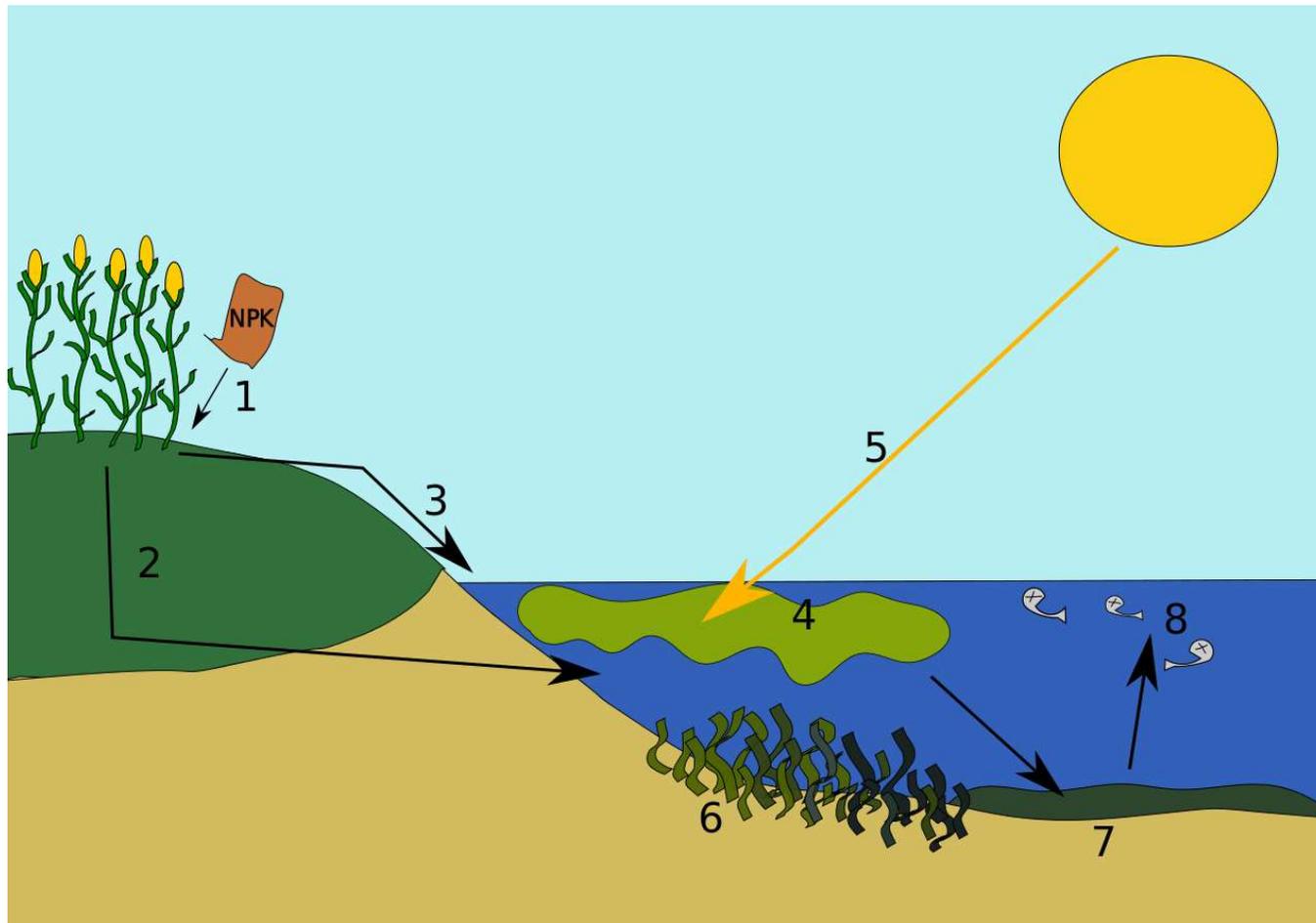
Hypertropher See

- „umgekippter See“
- mehrere Meter dicke Faulschicht am Boden
- anaerob zersetzende Bakterien produzieren giftige Gase wie Methan, Ammoniak, Schwefelwasserstoff
- lebensfeindliches Gewässer
- solche Seen verlanden vom Ufer aus

Entspräche Saprobien Index von ca. 3,5-4



Eutrophierung eines Gewässers



By Kungfucrab - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49234478>

1. Anthropogener Eintrag von Nährstoffen
2. Depotwirkung in Böden
3. Eintrag, Schwämmung
4. Algenblüte (od. Cyanobakterien)
5. Trübung des Wassers und Deckschicht aus Algen blocken Sonnenlicht
6. Lichtmangel lässt Phytobenthos sterben → Sauerstoffeintrag fehlt
7. Ende der Algenblüte → Biomasse wird abgebaut → Sauerstoffverbrauch
8. Faulgase, toxische Abbauprodukte und Sauerstoffmangel → Absterben der restlichen Fauna & Flora → mehr Biomasse

Erfassung der biologischen Gewässergüte

Grundlegend werden die chemisch-physikalischen Bedingungen gemessen:

- pH-Wert, Temperatur, Stickstoffgehalt (NO_2 , NO_3 , NH_4), Phosphat-Wert, O_2 -Level, BSB_5 -Wert, Wasserhärte
- **Stehende Gewässer** nach dem sog. **Trophiesystem**
- **Fließgewässer** werden zudem und klassischerweise in Hinblick auf den sog. **Saprobienindex** einer Gewässergüteklasse zugeordnet



Die wichtigsten Parameter im (Süß-)wasser

Die ersten 4 **abiotischen** Faktoren für Leben im Süßwasser sind:

- Temperatur
- Karbon(at)härte
- pH-Wert
- Gesamthärte

Hinzu kommen die 3 **Hauptionensorten**, die zum einen für Pflanzenwachstum limitierende Faktoren sind, zum anderen aber schnell **toxisch für Tiere** wirken können (in mg/l):

- Ammonium
- Nitrite
- Kupfer

Sowie:

- O₂-Gehalt

Richtwerte zusammengesetzt nach „Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River by Sharon Behar. Montpelier, VT: River Watch Network, 1997. ISBN 0787234923“ und Angaben von JBL Aquaristik

	Süßwasser mit Fischen (künstl.)	Süßwasser ohne / wenige Fische (künstl.)	Teich / Fluss (natürl.)
Temperatur (°C)	23 - 28	23 - 26	4 - 25
KH Karbonathärte (°dKH)	5 - 12	3 - 8	4 - 12
pH-Wert	6,5 - 8	6,0 - 7,0	7,5 - 8,5
GH Gesamthärte (°dGH)	8 - 25	3 - 10	6 - 20

Richtwerte zusammengesetzt nach „Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River by Sharon Behar. Montpelier, VT: River Watch Network, 1997. ISBN 0787234923“ und Angaben von JBL Aquaristik

	Süßwasser mit Fischen (künstl.)	Süßwasser ohne / wenige Fische (künstl.)	Teich / Fluss (natürl.)
NH ₄ Ammonium (mg/l)	< 0,25	< 0,25	< 0,1
NO ₂ Nitrite (mg/l)	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2
Cu Kupfer (mg/l)	0 - 0,3	0 - 0,3	0 -
O ₂ Sauerstoff (mg/l)	5 - 8	5 - 10	5 - 20

Die wichtigsten Parameter im (Süß-)wasser

Mit Fokus auf Pflanzenwuchs und -abundanz, sind vor allem folgende Parameter relevant:

- Nitrat
- Phosphat
- Silikat
- Eisen, Kalium, Magnesium
- CO₂-Gehalt

Richtwerte zusammengesetzt nach „*Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River* by Sharon Behar. Montpelier, VT: River Watch Network, 1997. ISBN 0787234923“ und Angaben von JBL Aquaristik

	Süßwasser mit Fischen	Süßwasser ohne / wenige Fische	Teich / Fluß
Leitfähigkeit	150 - 800 µS/cm	150 - 600 µS/cm	250 - 800 µS/cm
NO ₃ Nitrat (mg/l)	0 - 50	10 - 30	0 - 10
PO ₄ Phosphat (mg/l)	0 - 0,4	0,1 - 1,5	< 0,05
SiO ₂ Silikat (mg/l)	0 - 2,0	0 - 2,0	0 - 2,0
Fe Eisen (mg/l)	0,05 - 0,2	0,1 - 0,5	0,05 - 0,1
K Kalium (mg/l)	10 - 30	10 - 30	0 -
Mg Magnesium (mg/l)	5 - 10	5 - 10	0 -
CO ₂ Kohlendioxid (mg/l)	15 - 35	20 - 35	0 -

Die wichtigsten Parameter im (Süß-)wasser: CO₂-Gehalt und ph-Wert in Abhängigkeit von der Wasserhärte

Karbonathärte und Kohlendioxid										
mg CO ₂ bei Karbonathärte (°d)										
	KH 2	KH 4	KH 6	KH 8	KH 10	KH 12	KH 14	KH 16	KH 18	KH 20
ph 7.8	1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
ph 7.6	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
ph 7.4	2	5	7	10	12	14	17	19	21	24
ph 7.3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
ph 7.2	4	8	11	15	19	23	27	30	34	38
ph 7.1	5	10	14	19	24	29	33	38	43	48
ph 7.0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
ph 6.9	8	15	23	30	38	45	53	60	68	76
ph 6.8	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95
ph 6.7	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
ph 6.6	15	30	45	60	75	90	105	121	136	151
ph 6.4	24	48	72	96	119	143	167	191	215	239
ph 6.2	38	76	114	151	189	227	265	303	341	379

Grüne Felder: Optimaler CO₂-Gehalt für Pflanzen ohne nachteilige Wirkung für Fische

Biochemischer Gewässerindex: BSB₅-Wert

Direkte Messung aller methodisch erfassbarer Wasserqualitäten

- Kolorimetrische Tests im einfachsten Fall
- Elektrochemische Erfassung im Labor

Gemessen wird der **Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB, auch *Biologischer Sauerstoffbedarf*)** = Menge an Sauerstoff, die zum biotischen Abbau im Wasser vorhandener organischer Stoffe unter bestimmten Bedingungen und innerhalb einer bestimmten Zeit benötigt wird. Der BSB dient als Schmutzstoffparameter zur Beurteilung des Verschmutzungsgrades

Güteklasse	BSB ₅ / $\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$	O ₂ -Gehalt	Ammoniumstickstoff -Gehalt / $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
I	< 1	Nahe der Sättigung	≈ 0 (Höchstens in Spuren vorhanden)
I–II	< 2	Geringe Defizite bis 20 % im Tagesgang möglich	
II	< 5	Ausgeprägter Tagesgang durch biogene Sauerstoffproduktion	< 0,5
II–III	> 5	Oft dauerhaft unter 50 % der Sättigung, aber ausgeprägte Tagesgänge	< 1
III	< 10	Oft dauerhaft unterhalb der Sättigung, teilweise unter 2 mg/l	> 1 (oft Bildung des stark toxischen Ammoniaks)
III–IV	> 10	Zeitweise nur noch in Spuren vorhanden, Faulschlamm -Bildung	
IV	oft >> 10	Langfristig unter 1 mg/l, Sediment anaerob , von Faulschlamm bedeckt	> 1 (längerfristig) 45

Saprobienindex

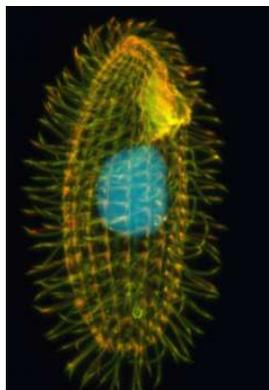
- **Saprobie** von griechisch *sapros* (faul) und *bios* (Leben) beschreibt eine Methode zur Ermittlung und Bewertung der biologischen Wasserqualität von Fließgewässern und ihrer Einordnung in Gewässergüteklassen.
- Im Gewässer vorhandene Lebewesen werden als **Bioindikatoren** für die Belastung eines Gewässers durch abbaubare organische Substanzen verwendet (= Saprobie).
- Den verschiedenen erfassten Organismenarten (*Saprobier* oder *Saprobien*) wird nach ihrer mehr oder weniger saprobionten Lebensweise ein artspezifischer Indikatorwert beigemessen.
- Unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Häufigkeit wird die Berechnung eines sogenannten Saprobienindex möglich, dem jeweils eine Gewässergüteklasse zugeordnet ist.
- Mit dem Saprobienindex wird die **Belastung** eines Fließgewässers **mit organischen, leicht abbaubaren, sauerstoffzehrenden Substanzen** (z. B. aus häuslichen Abwässern) gemessen. Da diese unter Sauerstoff-Verbrauch abgebaut werden, steht der Saprobienindex in engem Zusammenhang mit dem Sauerstoffgehalt des Wassers und dem Redoxpotential (Oxidationsfähigkeit des Wassers).

Gewässergüteklasse und Zeigerorganismen

Güteklasse	Belastung	Zeigerorganismen (Beispiele)
I	unbelastet bis sehr gering belastet	Steinfliegenlarven > Hakenkäfer 
I bis II	gering bis mittel belastet	Köcherfliegenlarven > Strudelwürmer 
II	mittel belastet	Eintagsfliegenlarven > Flohkrebe 
II bis III	kritisch belastet	Egel > Schnecken 
III	stark verschmutzt	Wasserasseln > Wasserflöhe 
III bis IV	sehr stark verschmutzt	Zuckmückenlarven > Schlammröhrenwürmer 
IV	extrem verschmutzt	Wimperntierchen > Bakterien 

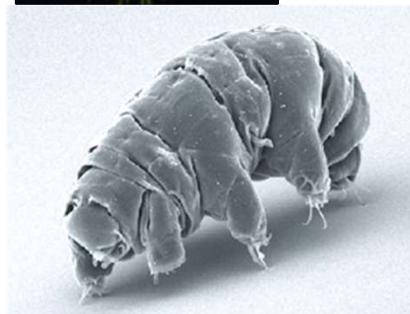
© Thomas Bettnacht

Saprobienten (Bioindikatoren)



- Mikrosaprobien (häufig Einzeller):

- Wimpertierchen
- Geißeltierchen
- Amöben
- Bakterien
- Bärtierchen
- Foraminiferen



- Makrosaprobien (häufig Makrozoobenthos):

- Schwämme
- Hohltiere
- Krebse
- Muscheln & Schnecken
- Würmer und Egel
- Insektenlarven



Beispiel: Saprobienindex

Setzt sich zusammen aus:

- **Saprobiewert S** der beobachteten Art(en)
- **Summe der Häufigkeitswerte h**
- **Indikationsgewicht** der beobachteten Art(en), sowie dem
- **Streuungsmaß SM**, es gilt:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot h_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n h_i \cdot g_i}$$

$$SM = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S)^2 \cdot h_i \cdot g_i}{(n-1) \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot g_i}}$$

S : Saprobienindex der Stichprobe

s_i : Saprobiewert der i-ten beobachteten Art

h_i : Häufigkeitswert der i-ten beobachteten Art

g_i : Indikationsgewicht der i-ten beobachteten Art

n : Anzahl der beobachteten Arten

$$\sum_{i=1}^n h_i \geq 15$$

Häufigkeitsstufen

Häufigkeitsstufe	Anzahl der gefundenen Organismen
1 = Einzelfund	1- 2 Tiere
2 = wenig	3-10 Tiere
3 = wenig bis mittel	11-30 Tiere
4 = mittel	31-60 Tiere
5 = mittel bis viel	61-100 Tiere
6 = viel	101-150 Tiere
7 = massenhaft	über 150 Tiere

Berechnungsbeispiel: Saprobienindex

Name des Gewässers:	Nagold
Meßstelle:	oberhalb Wildberg
Datum der Messung:	10. Juni 2000
Uhrzeit:	14:30 Uhr
Wetter:	heiter
Temperatur	Luft: 17,0 °C
	Wasser: 12,6 °C
Wasserführung /Zustand:	normal, klar, Abflussmenge Pegel Nagold: 3,6 m³/s
Bearbeiter:	Jürgen Gaul

Gefundene Indikatororganismen:

Ordnung / Gattung / Art	Saprobienwert s_i	Indikationsgewicht g_i	Häufigkeit h_i	$s_i \times h_i \times g_i$	$h_i \times g_i$	$(s_i - S)^2 \times h_i \times g_i$
Egel (Hirudinea)						
Erpobdella octoculata	2,7	4	2	21,6	8	4,67082183
Flohkrebs (Amphipoda)						
Gammarus pulex	2,1	4	3	25,2	12	0,32315582
Eintagsfliegen (Ephemeroptera)						
Baëtis sp.	2,1	4	2	16,8	8	0,21543721
Ephemera danica	1,8	8	4	57,6	32	0,59097962
Serratella ignita	1,9	4	3	22,8	12	0,01546351
Zweiflügler (Diptera)						
Atherix ibis	1,7	4	1	6,8	4	0,22259040
Libellen (Odonata)						
Calopteryx virgo	1,9	8	3	45,6	24	0,03092702
Köcherfliegen (Trichoptera)						
Hydropsyche siltalai	1,8	8	4	57,6	32	0,59097962
Rhyacophila dorsalis	2,0	4	4	32,0	16	0,06574622
Schnecken (Gastropoda)						
Ancylus fluviatilis	2,0	4	2	16,0	8	0,03287311
Spaltensummen						
			28	302,0	156	6,75897436

$$\text{Saprobienindex: } S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \times h_i \times g_i}{\sum_{i=1}^n h_i \times g_i} = \frac{302,0}{156} \approx 1,94$$

$$\text{Streuungsmaß: } SM = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S)^2 \times h_i \times g_i}{(n-1) \times \sum_{i=1}^n h_i \times g_i}} \approx \pm \sqrt{\frac{6,759}{1404}} \approx \pm 0,07$$

$$\text{Summe der Häufigkeitsziffern: } \sum_{i=1}^n h_i = 28 \geq 15$$

Bewertung des Untersuchungsergebnisses:

Die Nagold ist an der untersuchten Gewässerstelle in die Güteklasse II (mäßig belastet - β-mesosaprob) einzustufen.

Saprobienindex

- **Güteklasse I (*oligosaprobe Zone*)**: unbelastet bis sehr gering belastet. Hierzu gehören i.Allg. Quellgebiete und nur sehr gering belastete Oberläufe von sommerkalten Fließgewässern. Der Saprobienindex liegt bei 1,0 – 1,5.
- Güteklasse I-II: gering belastet. Saprobienindex 1,5 – 1,8.
- **Güteklasse II (*β-mesosaprobe Zone*)**: mäßig belastet. Hierzu gehören Gewässer mit mäßiger Verunreinigung durch organische Stoffe und deren Abbauprodukten. Es tritt jedoch kein Faulschlamm auf. Diese Gewässer sind meist sehr fischreich und dicht mit **Algen**, höheren **Gefäßpflanzen** und vor allem mit **Schnecken, Kleinkrebsen** und **Insekten** besiedelt. Der Saprobienindex liegt bei 1,8 – 2,3.
- *Güteklasse II-III*: kritisch belastet. Saprobienindex 2,3 – 2,7.
- **Güteklasse III (*α-mesosaprobe Zone*)**: stark verschmutzt. Durch Abwasserbelastungen ist das Wasser getrübt. An Stellen geringer Strömung lagert sich Faulschlamm ab. Diese Gewässer sind relativ fischarm und sind überwiegend mit Wirbellosen und Einzellern besiedelt, wobei oft **Massenentwicklungen einzelner Arten (Wasserasseln, Egel, Schwämme)** vorkommen. Der Saprobienindex liegt bei 2,7 – 3,2.
- *Güteklasse III-IV*: sehr stark verschmutzt. Saprobienindex 3,2 – 3,5.
- **Güteklasse IV (*polysaprobe Zone*)**: übermäßig stark verschmutzt. Durch Abwasserbelastungen ist das Wasser stark getrübt und am Gewässerboden ist meist Faulschlamm abgelagert. Diese Gewässer werden fast ausschließlich von **Bakterien, Pilzen** und **Geißeltierchen** besiedelt. Der Saprobienindex liegt bei 3,5 – 4.