

Limnische Systeme

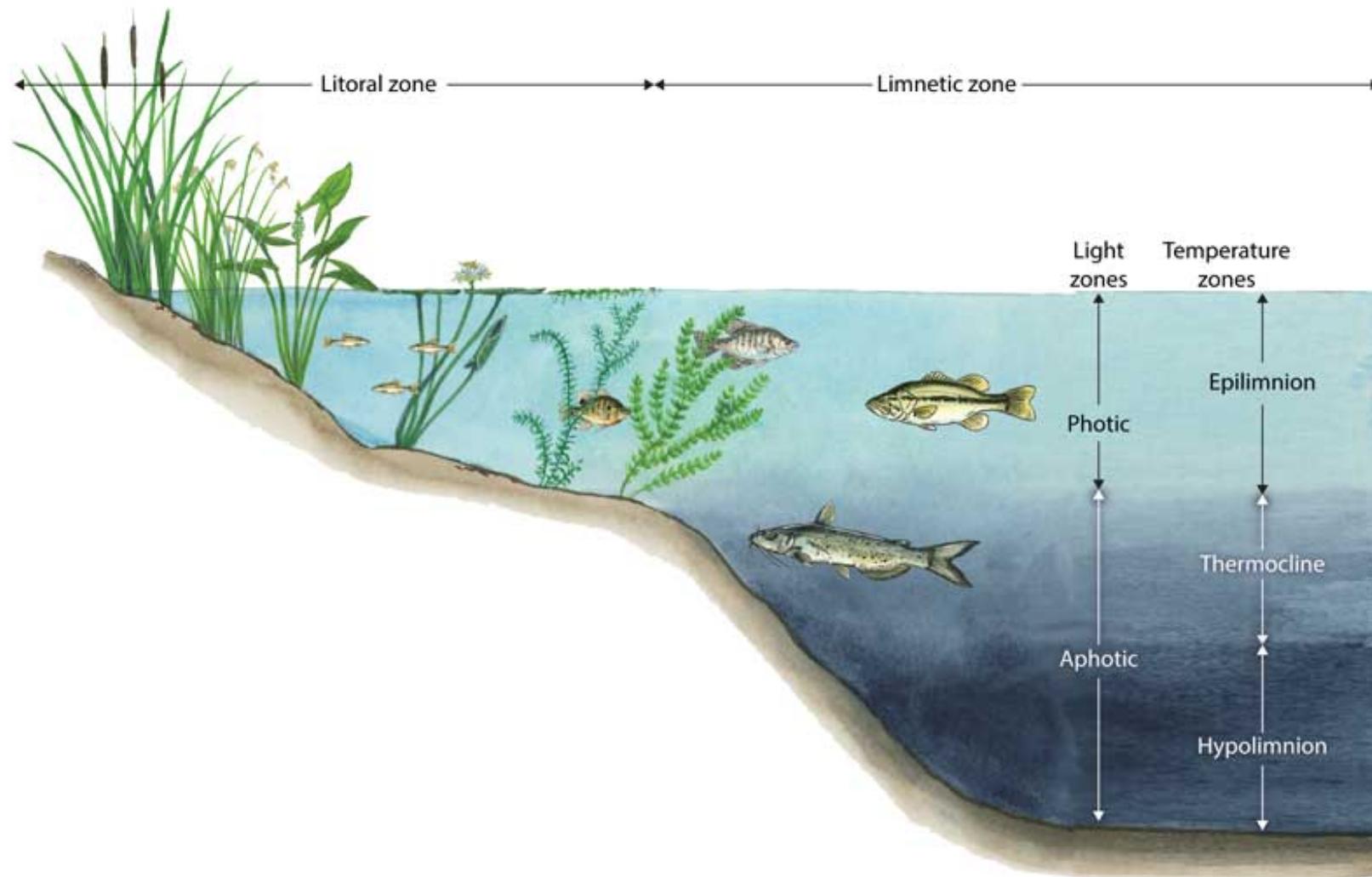
13

Grundlagen der Hydrologie
Primer in Hydrology

Ziele der heutigen Vorlesung

Limnische Systeme

13

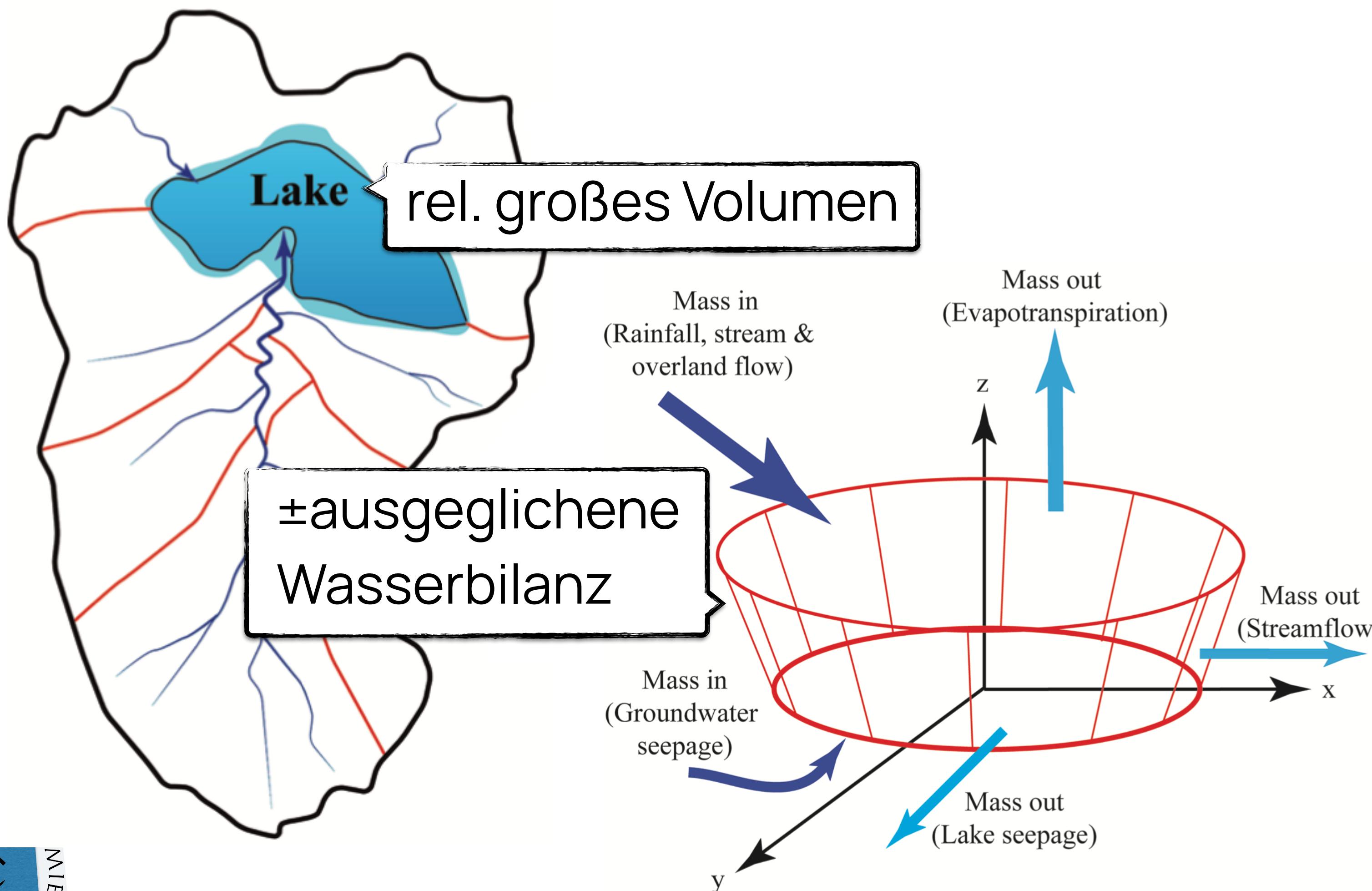


Ziele:

- Verstehen was relevant wird, wenn Oberflächenwasser nicht mehr von der Advektion (Abfluss) dominiert wird
- Konzepte zur Einordnung kennen
- Hyporheische Zone als essentiellen Reaktionsraum erkennen.

Limnologie

Binnengewässer mit relativ wenig advektivem Transport

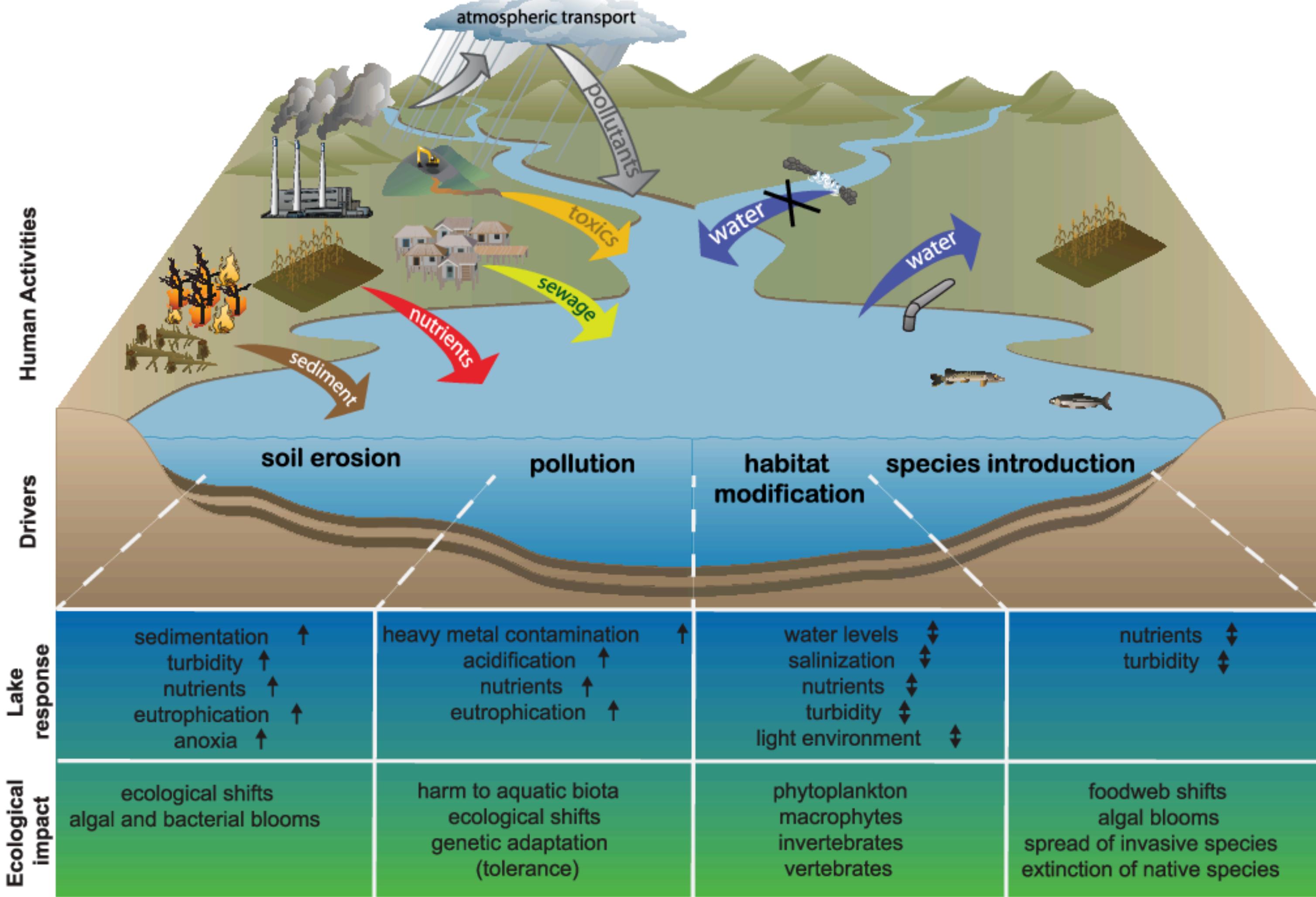


Wann sprechen wir überhaupt von Seen

- kaum direkter Abfluss
- geringe Zu- und Abflussmengen im Vergleich zum Volumen
- meist Süßwasser

Limnologie

Binnengewässer mit relativ wenig advektivem Transport



Wann sprechen wir überhaupt von Seen

- kaum direkter Abfluss
- geringe Zu- und Abflussmengen im Vergleich zum Volumen
- meist Süßwasser
- allgemein Senke (Sammelstellen) für allen Stofftransport

Seen

Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch

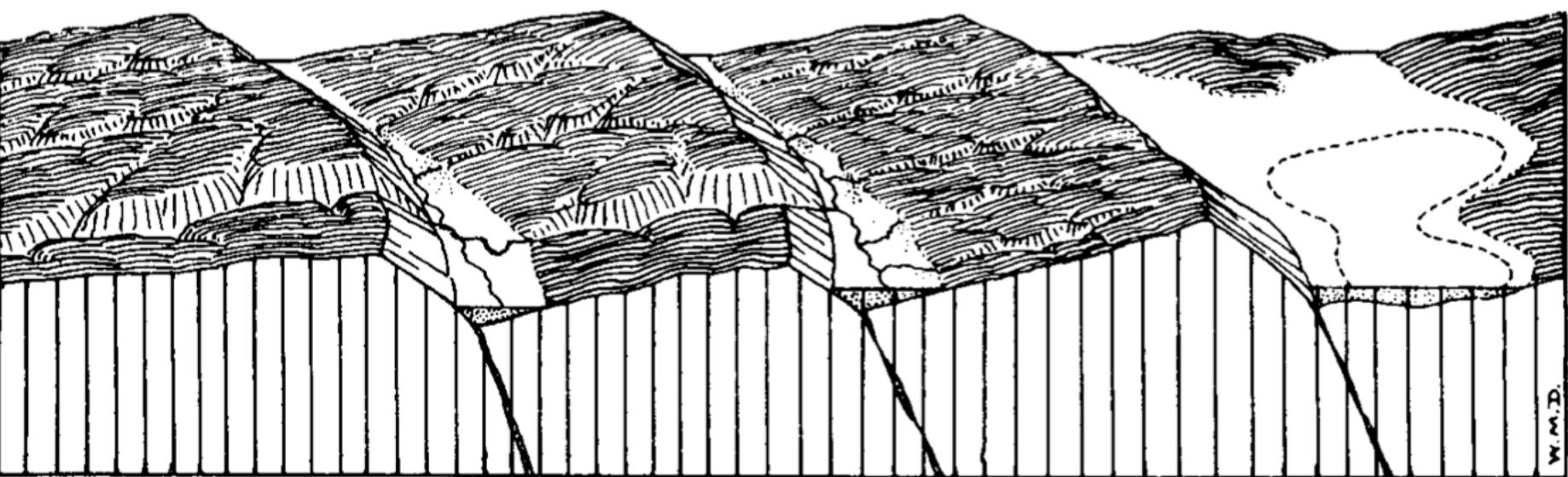
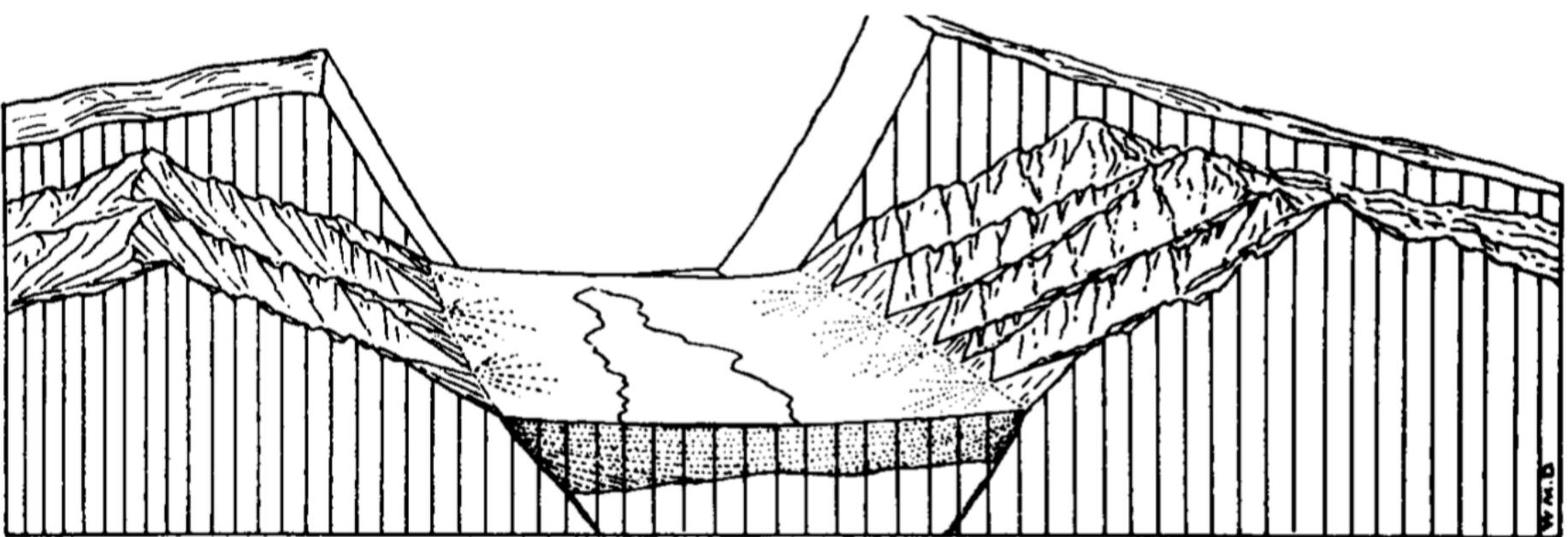
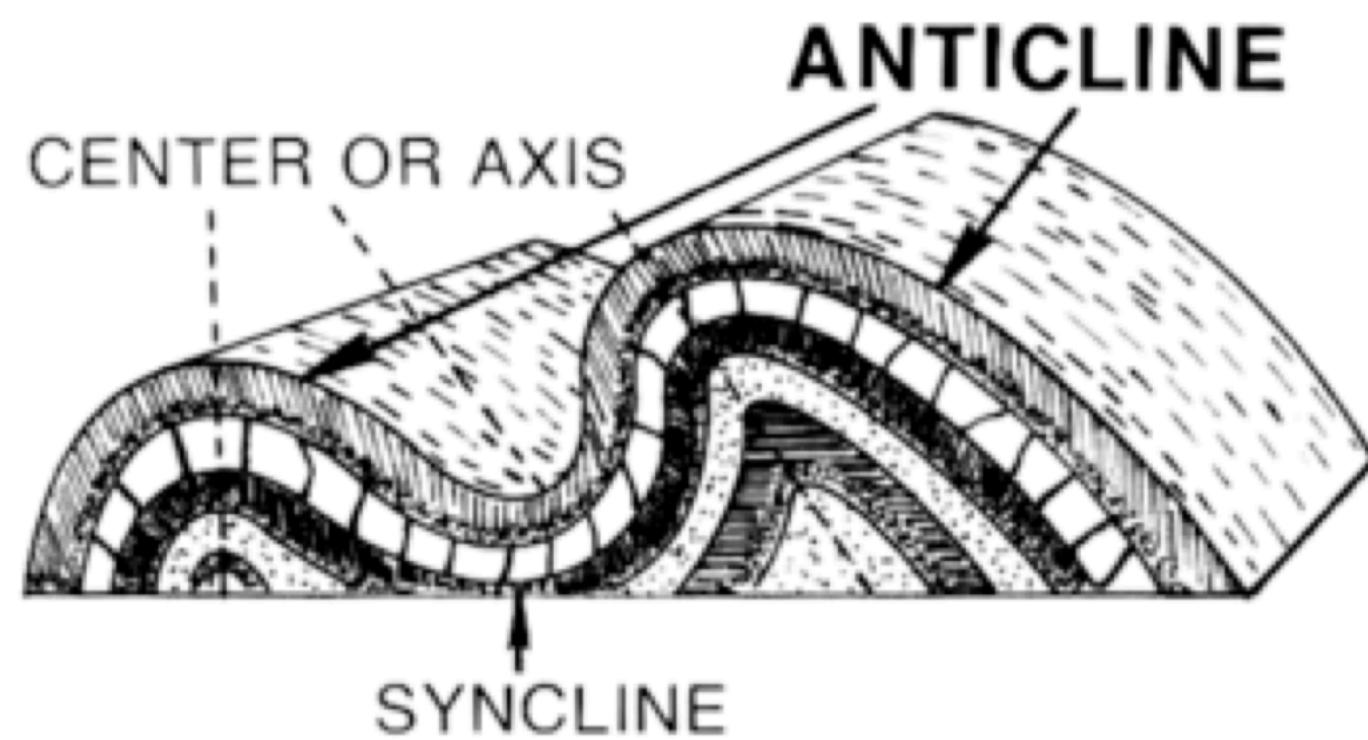


Figure 3-2 Tectonic lake basins. Upper: in the background, a depressed fault block between two upheaved fault blocks; in foreground, the same after a considerable period of erosion and deposition. Lower: Diagram of the great fault blocks of the northern Sierra Nevada Mountains with the plain of Honey Lake to the east. (From Davis, W. M.: Calif. J. Mines Geol. 29:175, 1933.)

Seen

Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch
- Vulkanisch

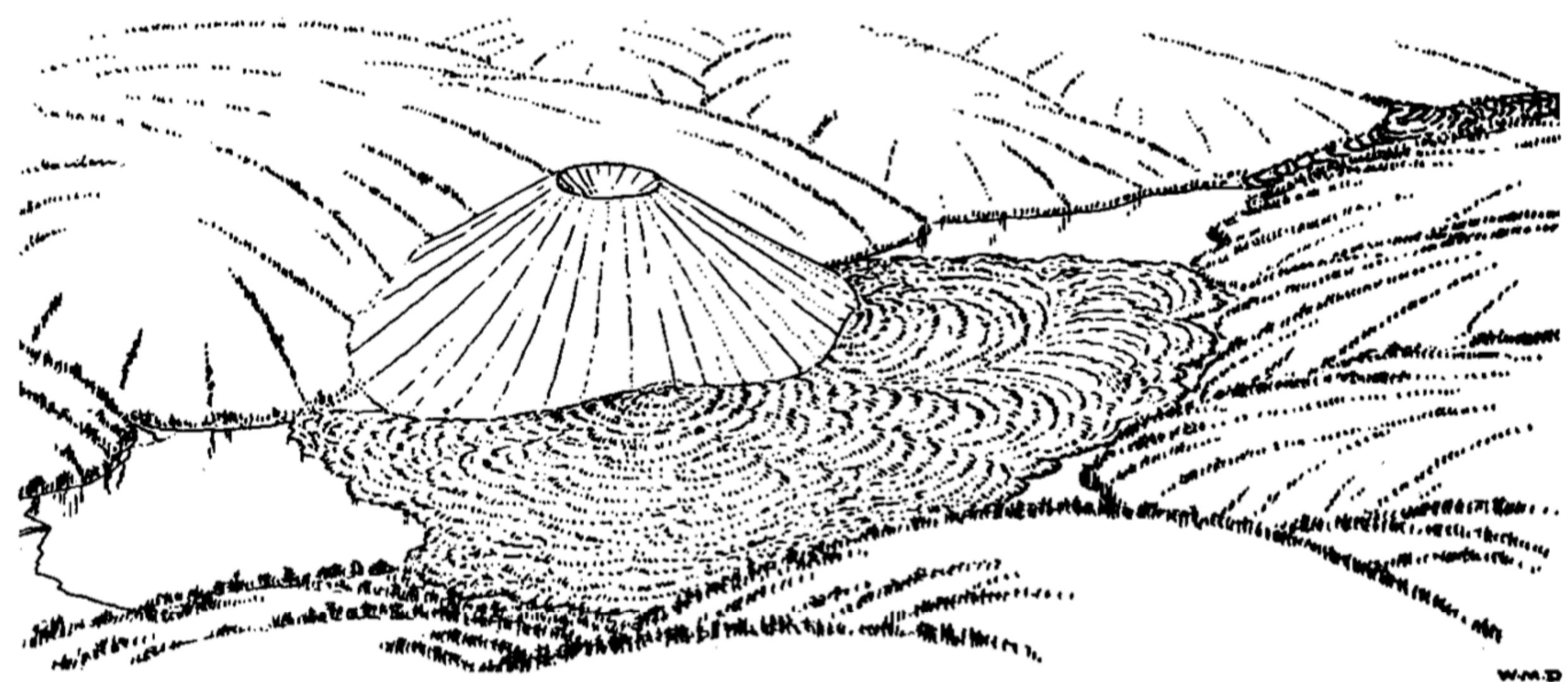
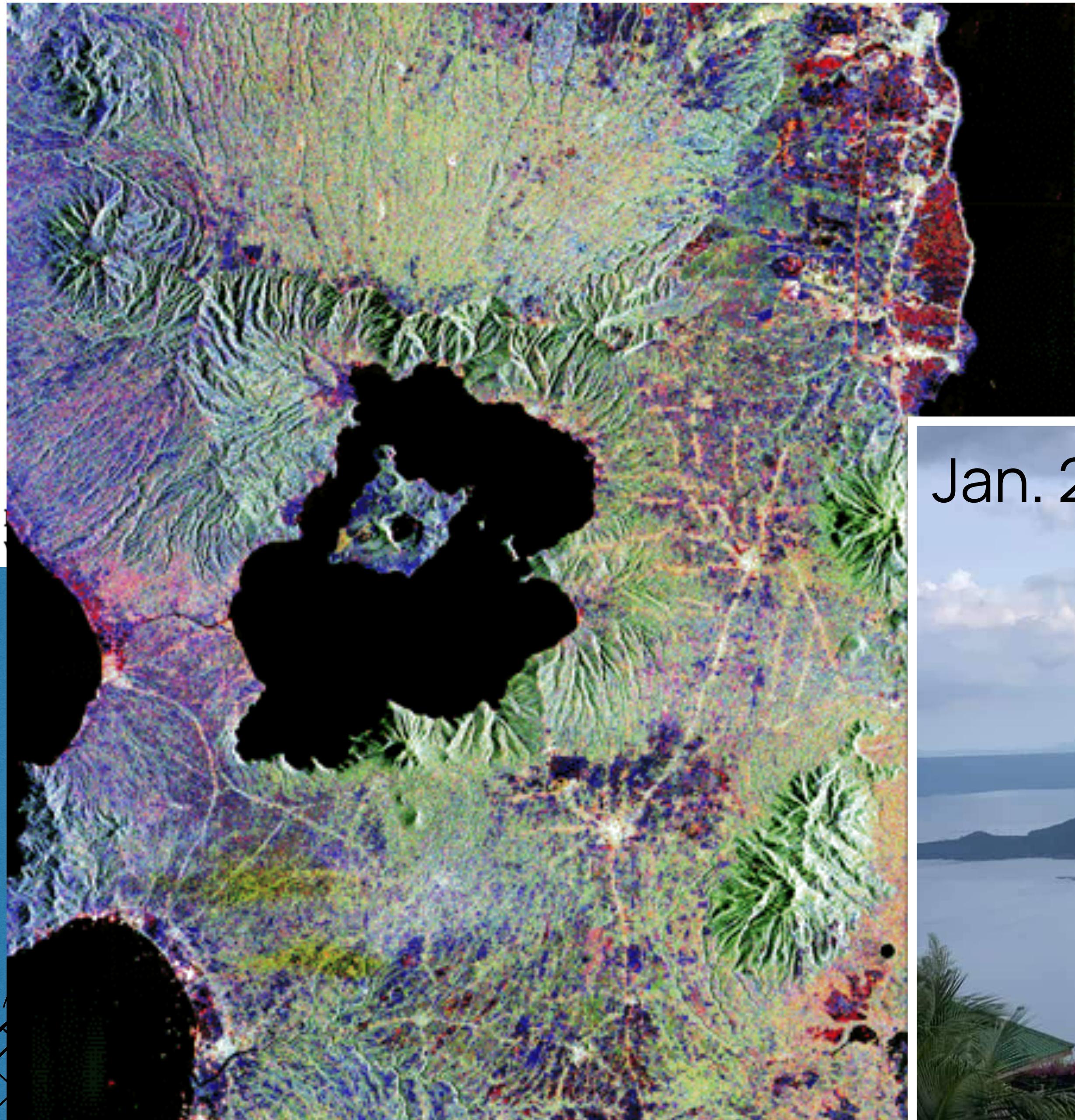


Figure 3-3 Volcanic lakes. A caldera lake within the volcanic cone and several lakes within the valleys dammed by lava flows. (From Davis, W. M.: Calif. J. Mines Geol. 29:175, 1933.)

Seen

Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch
- Vulkanisch



Jan. 2020



Seen

Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch
- Vulkanisch
- Hangrutschungen
 - Blockierte Abflüsse
 - Entstehung von Depressionen

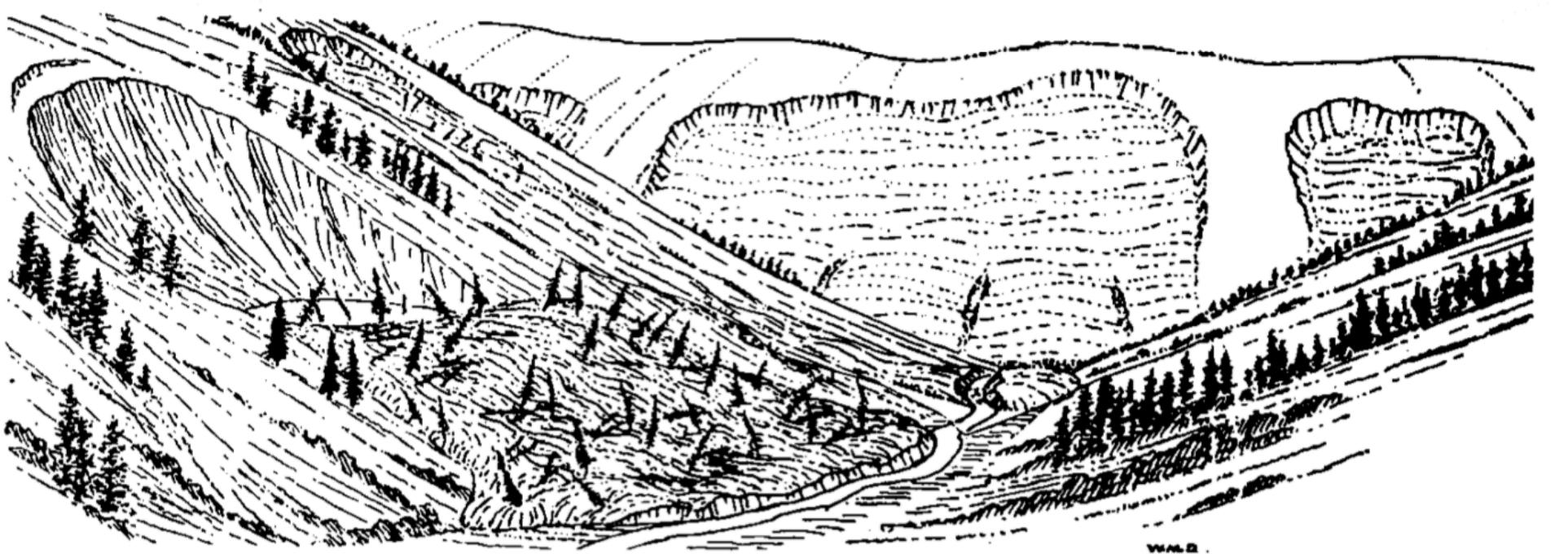


Figure 3-5 Lakes formed by a large landslide into a steep-sided stream-eroded canyon (upper) and in a hollow behind a recent slide with tilted trees (lower). Four mountain landslides are shown in the background. (From Davis, W. M.: Calif. J. Mines Geol. 29:175, 1933.)

Seen

Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch
- Vulkanisch
- Hangrutschungen
- Blockierte Abflüsse
- Entstehung von Depressionen

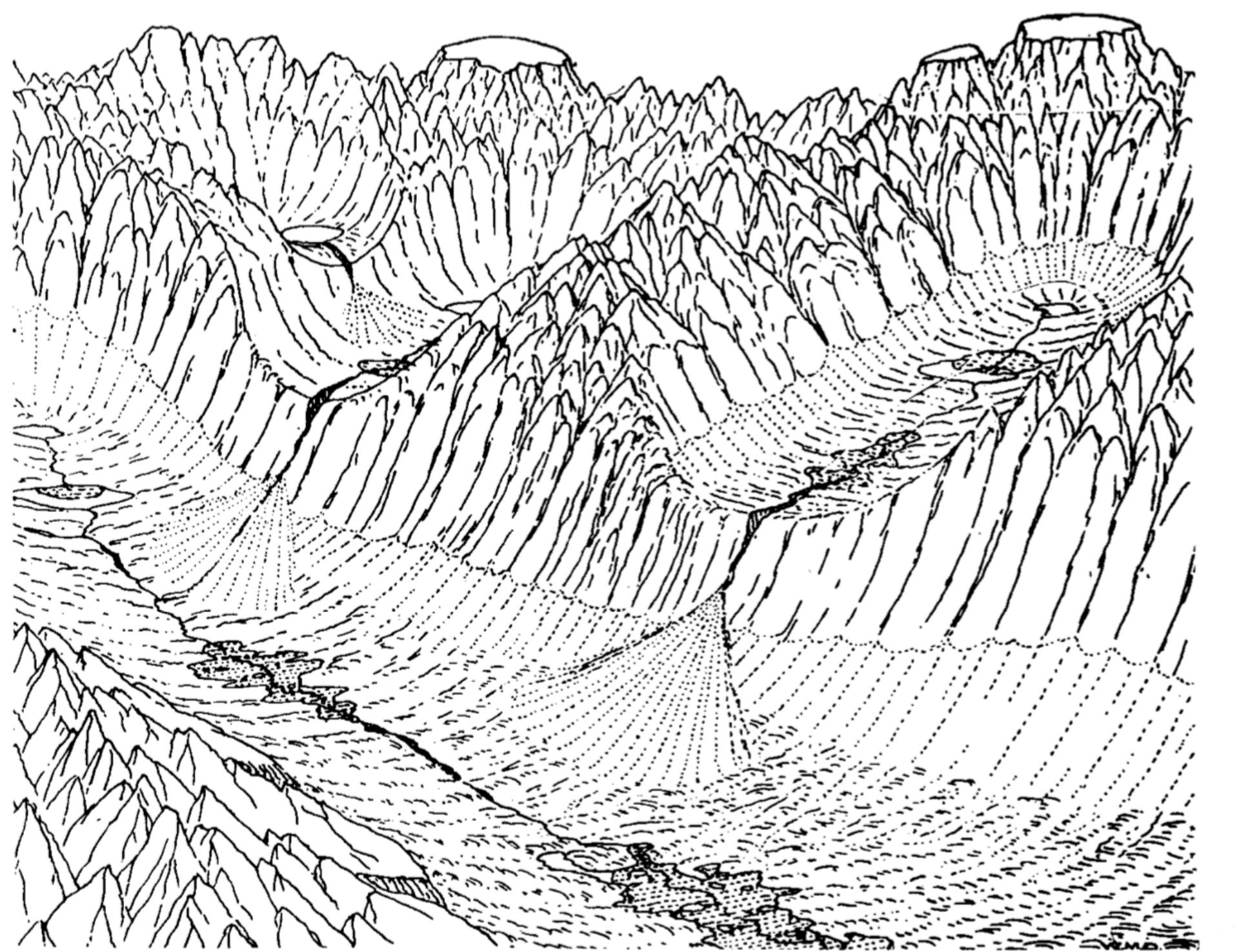


Figure 3-6 Several small cirque lakes within a mountain group from which several converging, cirque headed branch troughs all join the same trunk trough. (From Davis, W. M.: Calif. J. Mines Geol. 29:175, 1933.)

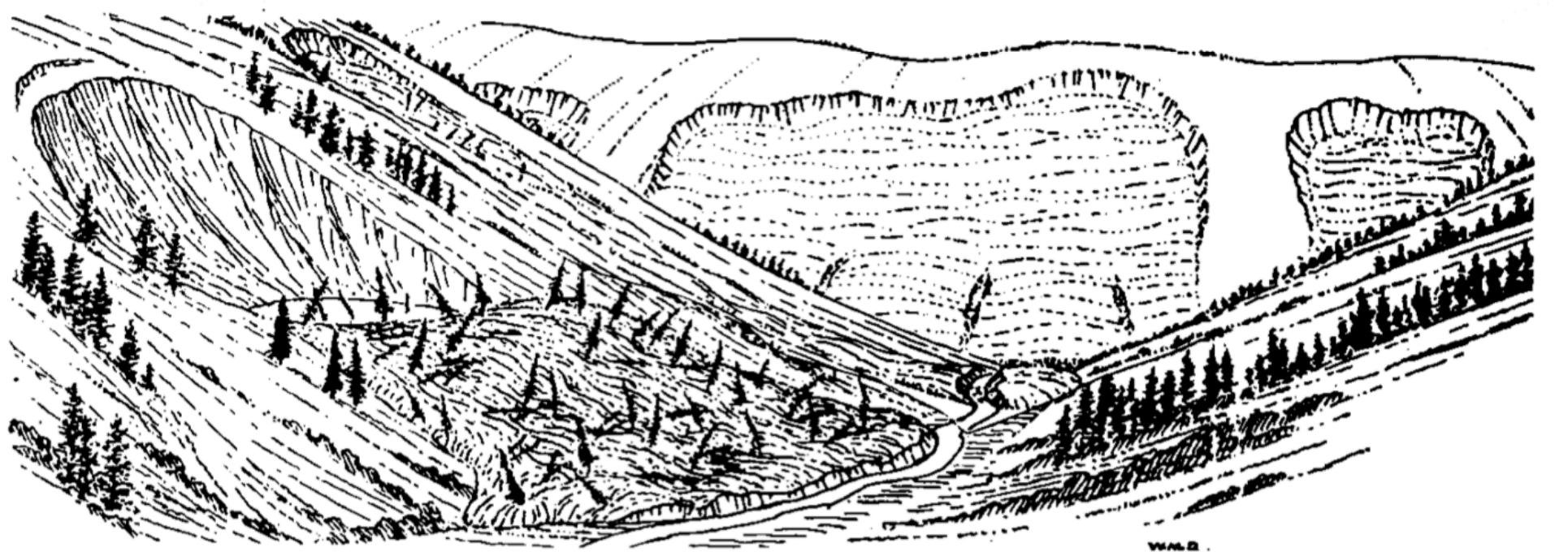
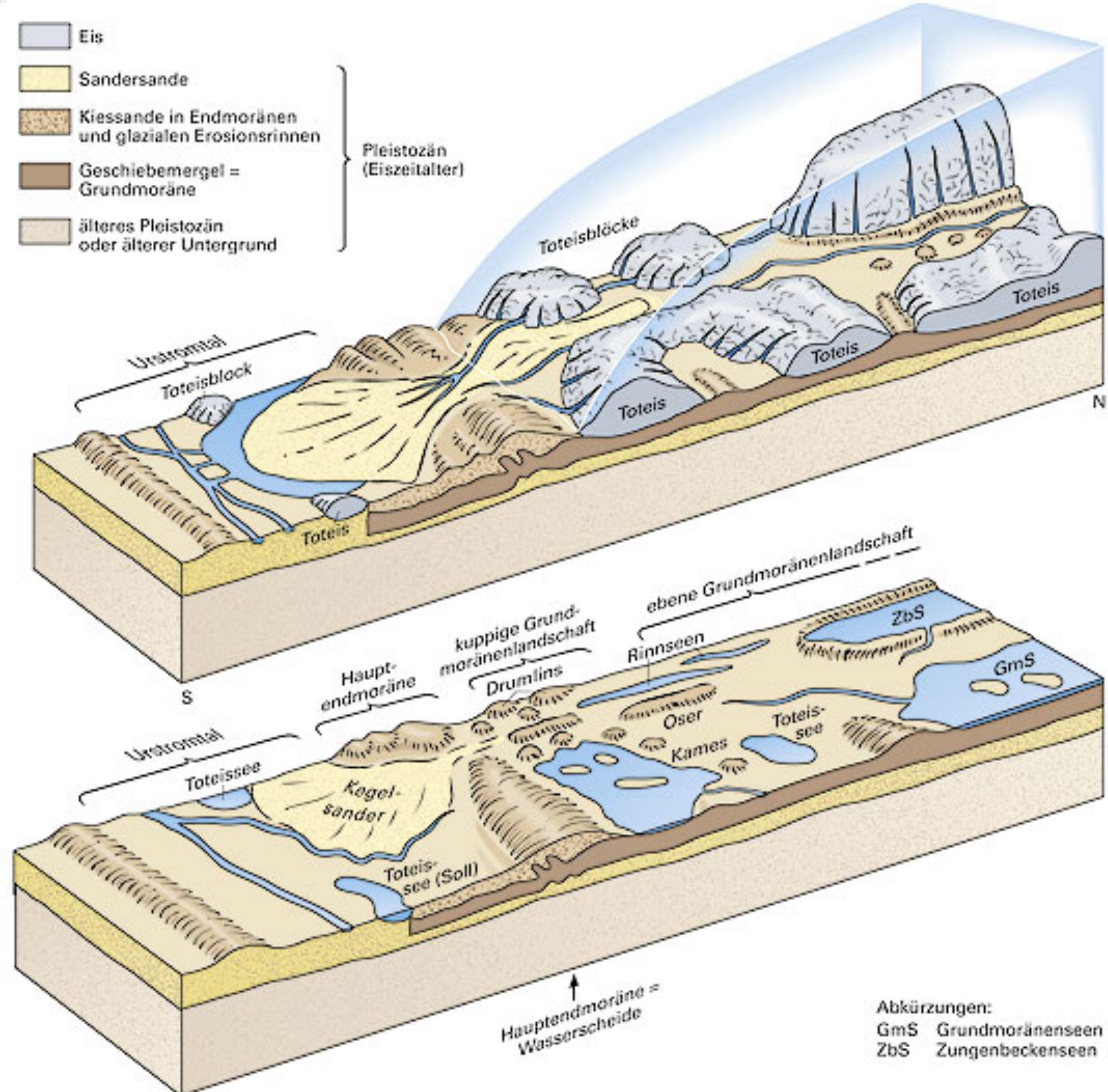


Figure 3-5 Lakes formed by a large landslide into a steep-sided stream-eroded canyon (upper) and in a hollow behind a recent slide with tilted trees (lower). Four mountain landslides are shown in the background. (From Davis, W. M.: Calif. J. Mines Geol. 29:175, 1933.)

Seen

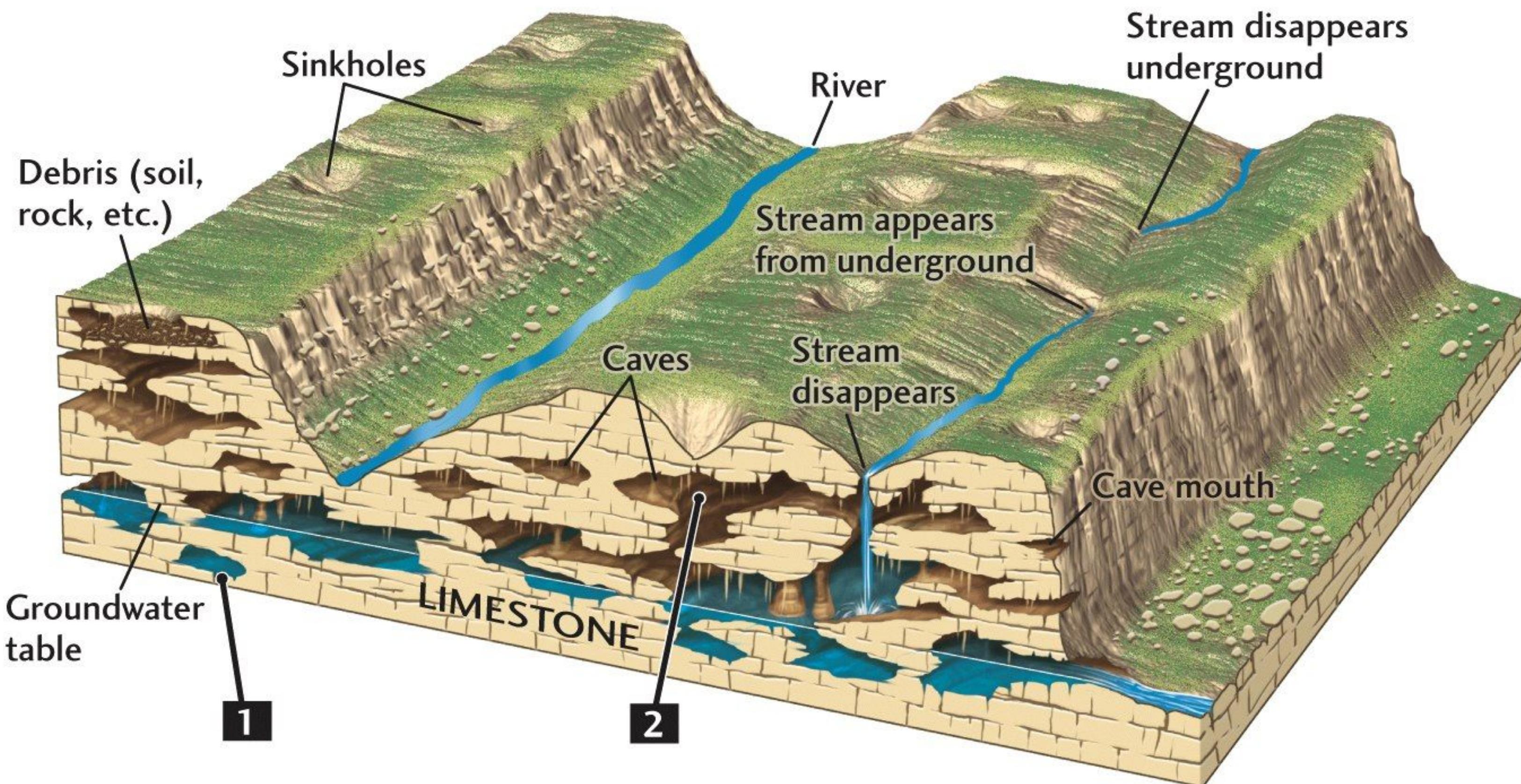
Klassifizierung nach Entstehung

- Tektonisch
- Vulkanisch
- Hangrutschungen
 - Blockierte Abflüsse
- Entstehung von Depressionen
- Glaziale Seen



Seen

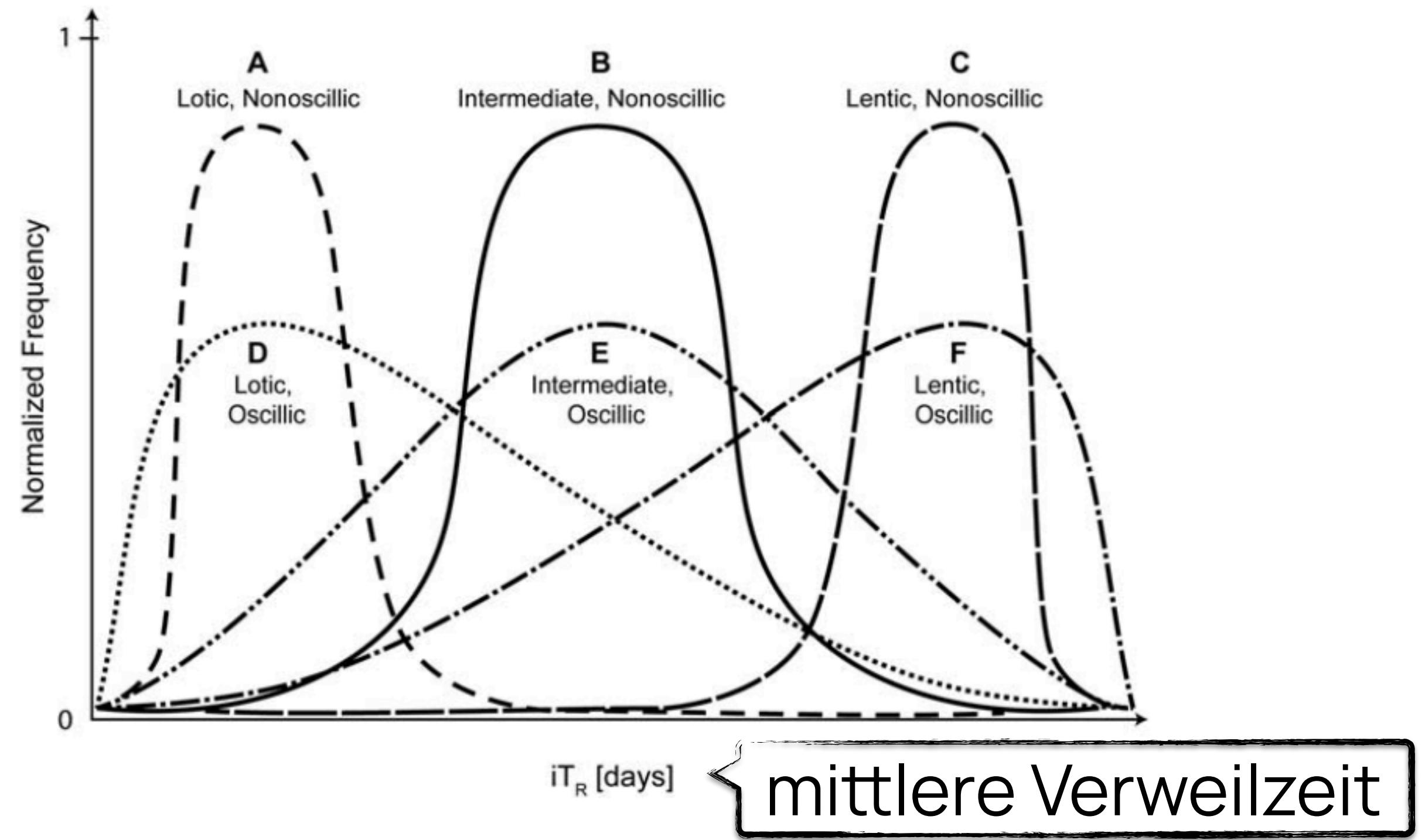
Klassifizierung nach Entstehung



- Tektonisch
- Vulkanisch
- Hangrutschungen
 - Blockierte Abflüsse
 - Entstehung von Depressionen
- Glaziale Seen
- Karst Seen

Limnologie

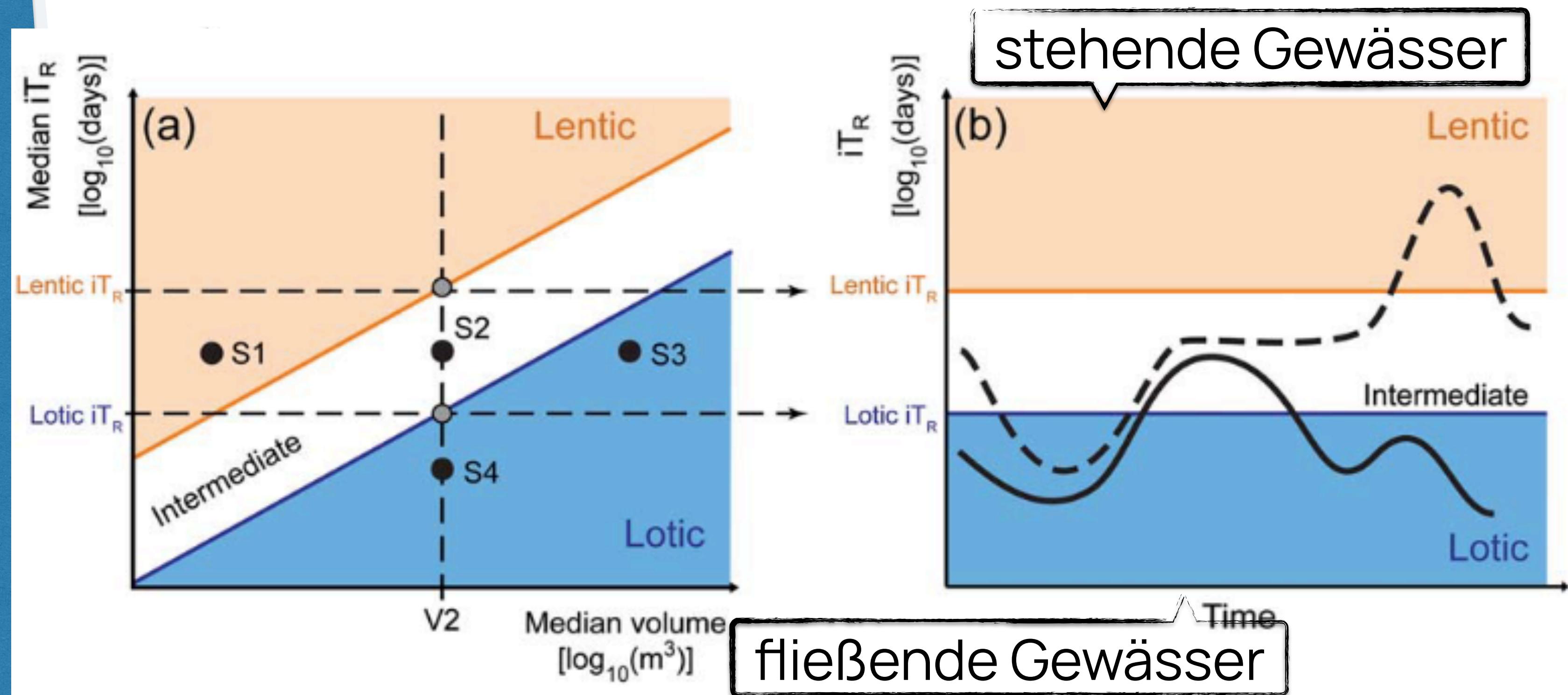
Binnengewässer mit relativ wenig advektivem Transport



- allgemeinere Definition
- physikalische Dynamik bestimmt sehr stark die biogeochemischen Prozesse und Habitateigenschaften
 - grundsätzlich geringe Fließgeschwindigkeiten
 - lenitische Gewässer (im Gegensatz zu lotischen Gewässern)

Limnologie

Binnengewässer mit relativ wenig advektivem Transport



- die Verweilzeit skaliert mit dem Volumen
- es gibt unterschiedliche Bereiche und Phasen

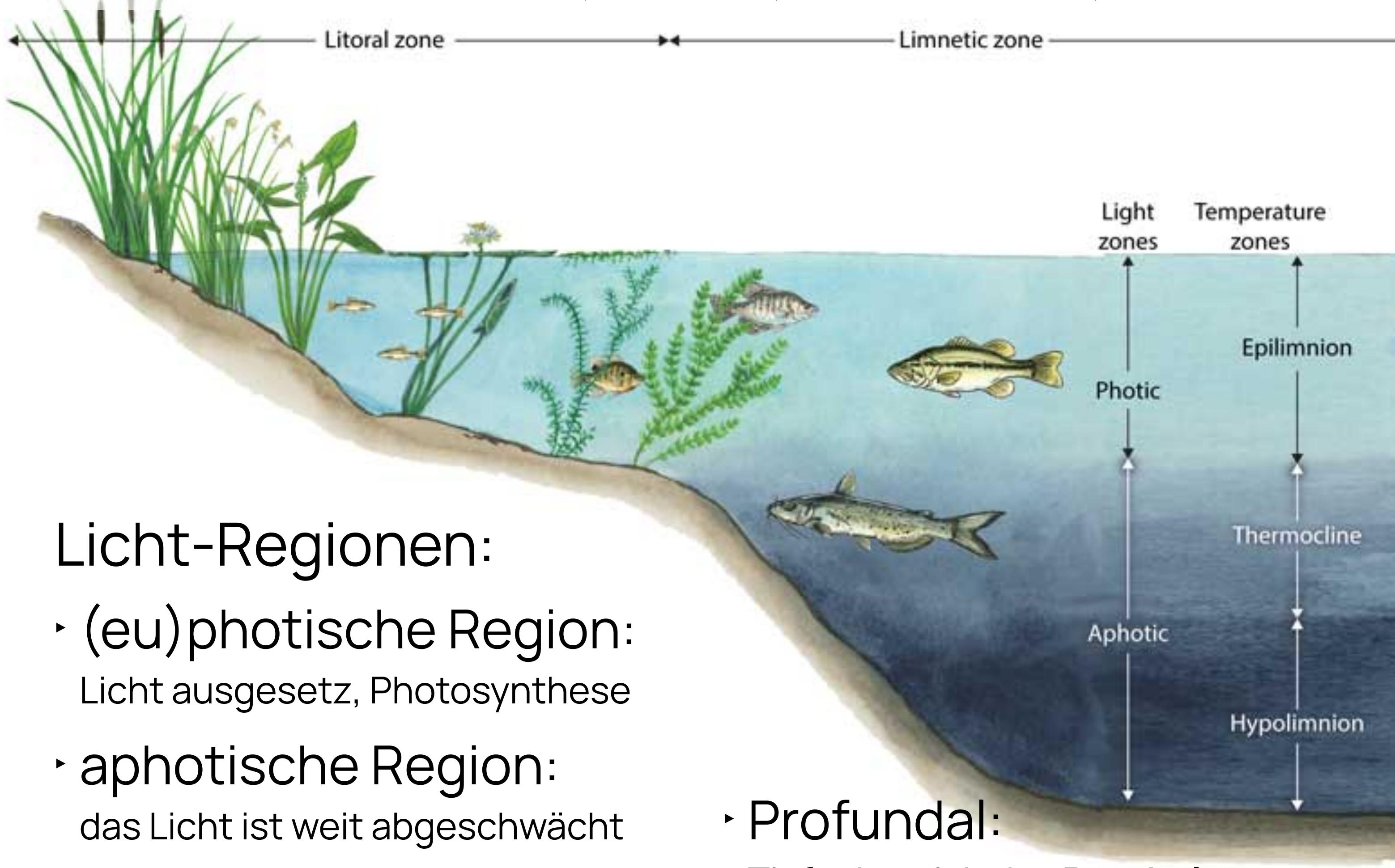
allgemeinere Definition

- physikalische Dynamik bestimmt sehr stark die biogeochemischen Prozesse und Habitateigenschaften
- grundsätzlich geringe Fließgeschwindigkeiten
- lenitische Gewässer (im Gegensatz zu lotischen Gewässern)

Zonierung von Seen

- Litoral:

Uferbereich des **Benthals** (gesamter Bodenbereich des Gewässers)



Licht-Regionen:

- (eu)photische Region:
Licht ausgesetzt, Photosynthese
- aphotische Region:
das Licht ist weit abgeschwächt

- Limnetische Zone:

photischer Bereich des **Pelagials**
(Freiwasserbereich)

- Profundal:
Tiefenbereich des **Benthals**

Temperatur-Zonen:

- Epilimnion:

Oberfläche, gut von Wind und Welle durchmischt, Atmosphäre und Sonne ausgesetzt

- Metalimnion:

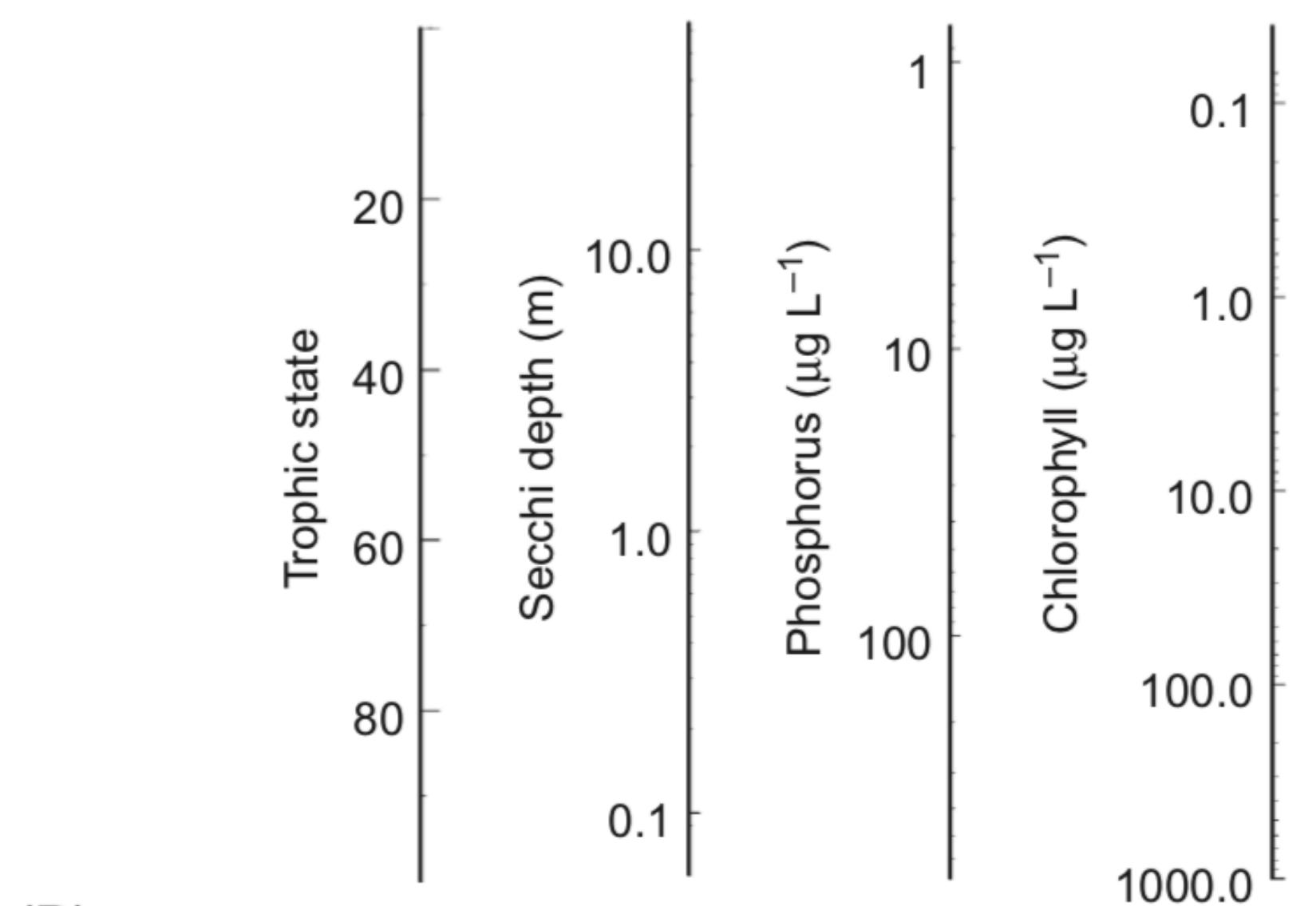
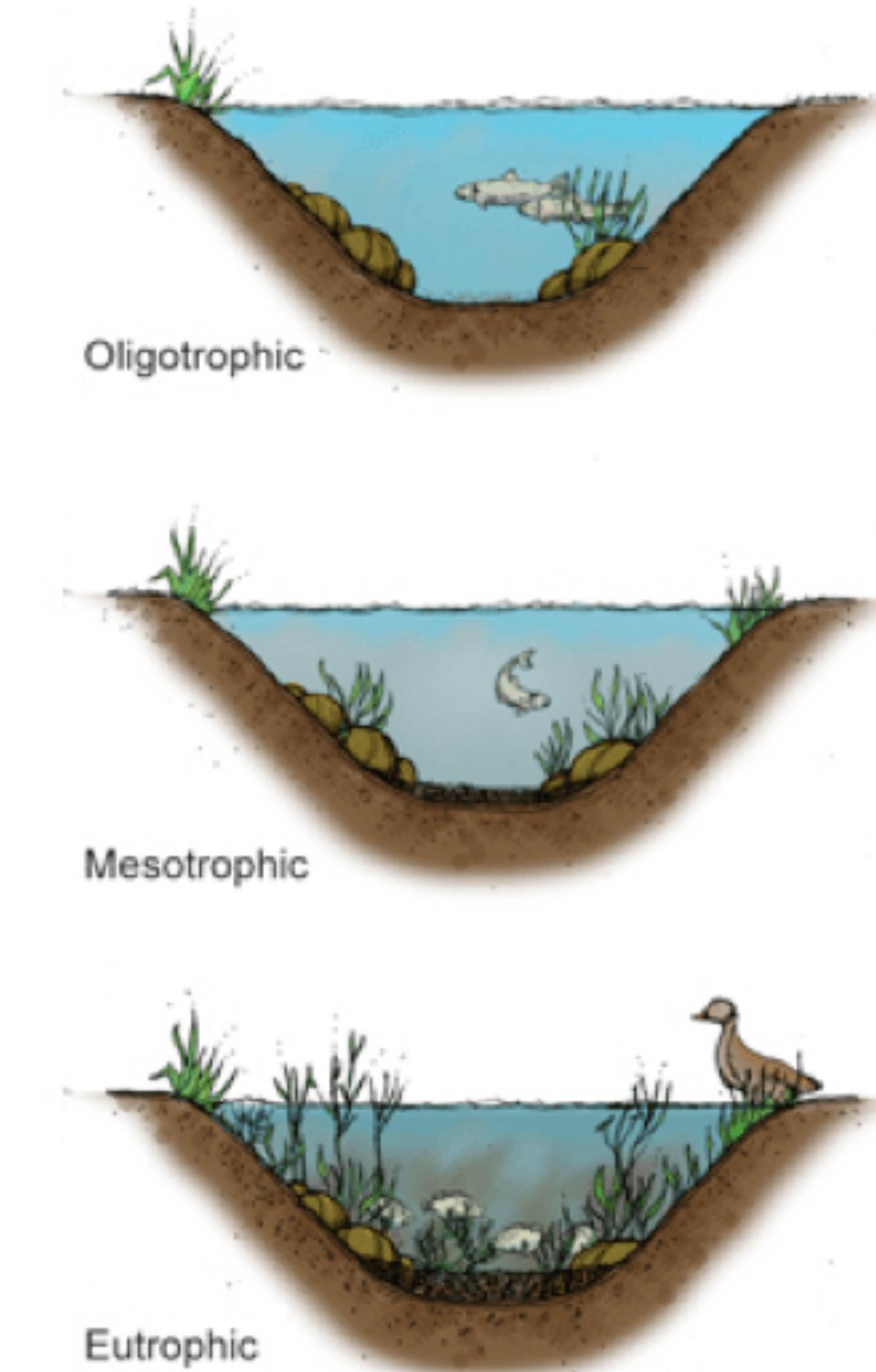
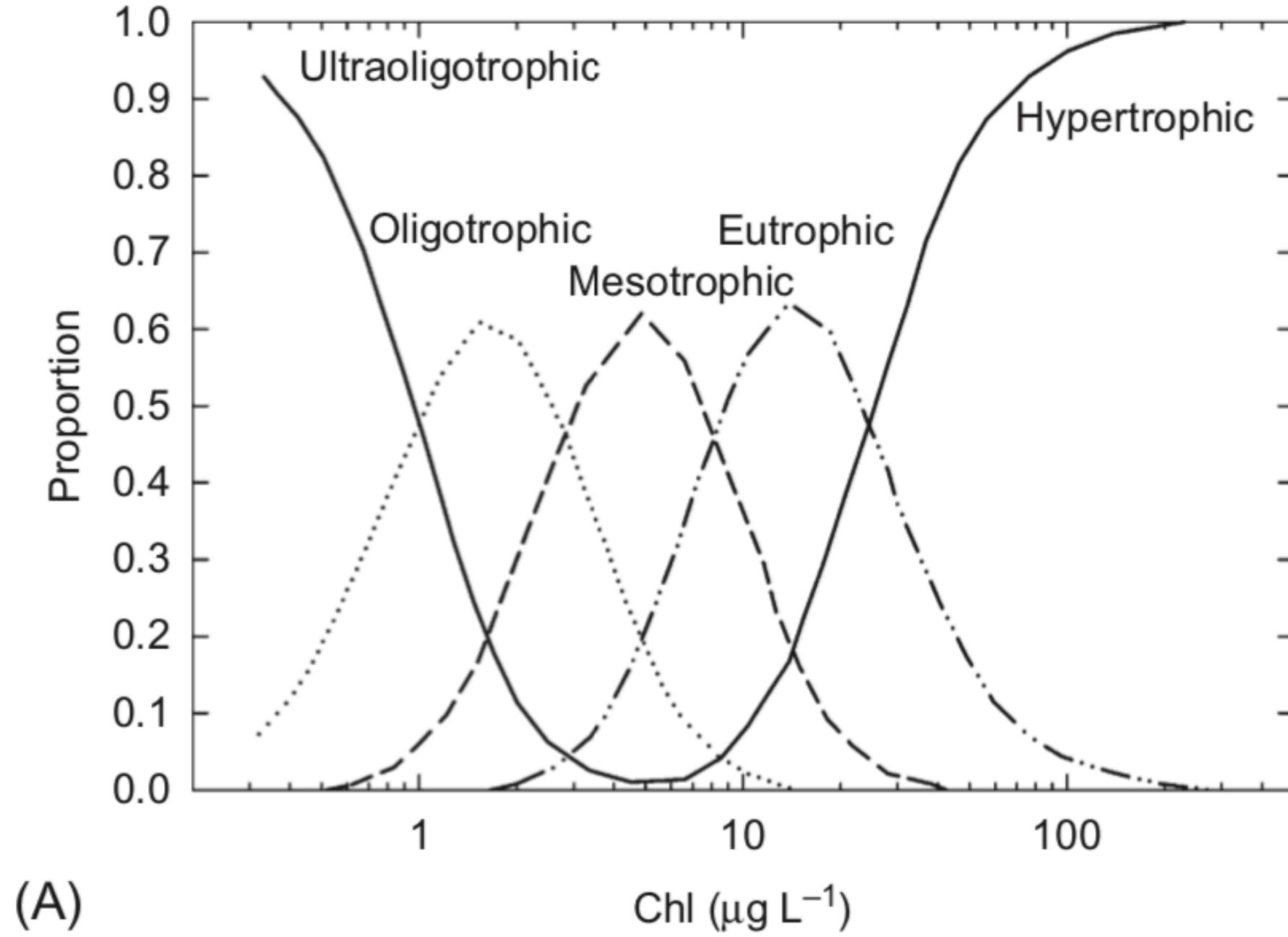
Mittlere Schicht, starker T-Gradient, Barriere gg. Austausch von Wasser und Wärme

- Hypolimnion:

Tiefste Schicht, gleichmäßig kühl ($\pm 4^{\circ}\text{C}$), kaum Zirkulation/Austausch

Seen

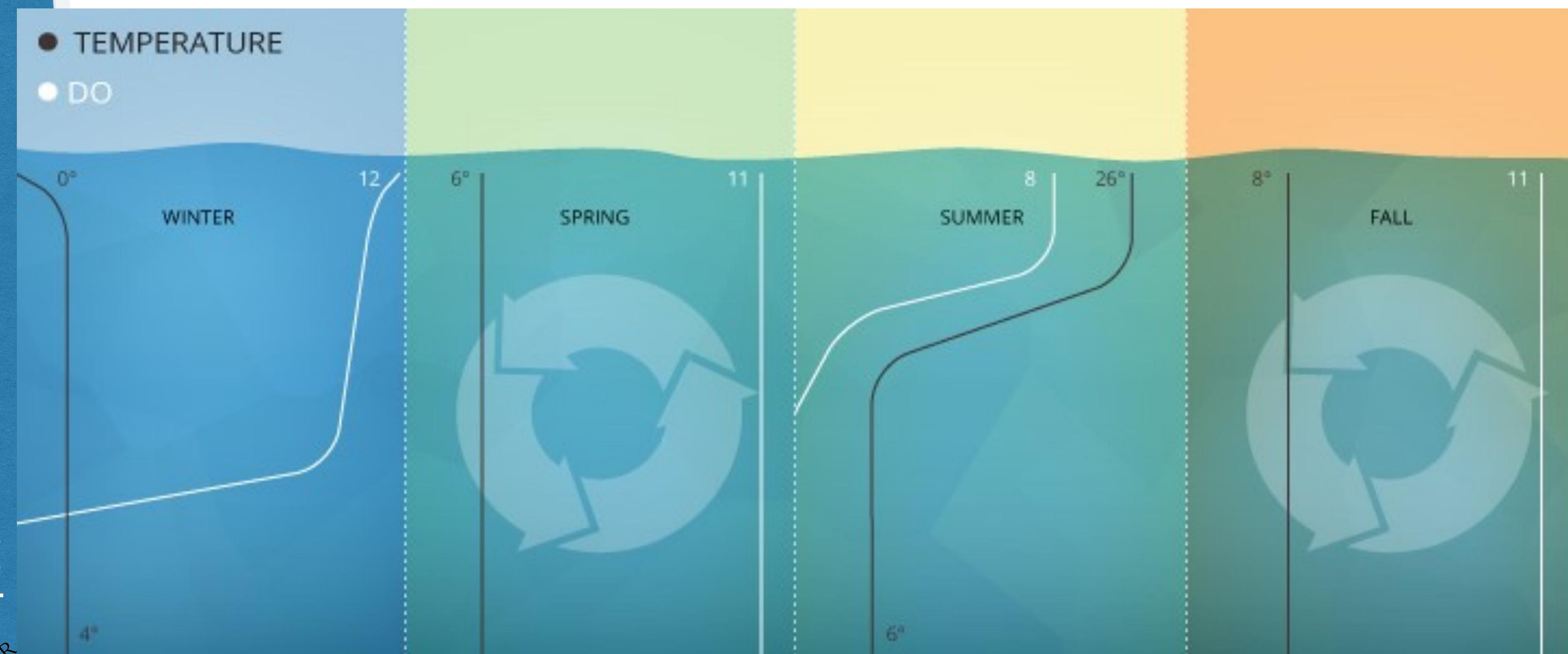
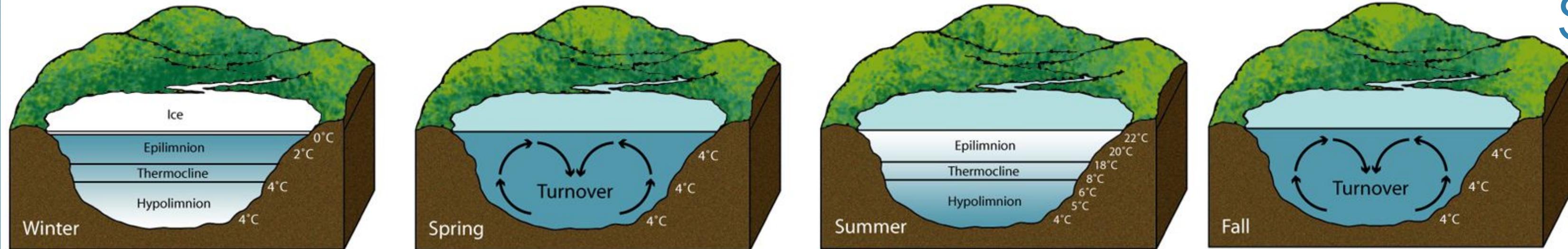
Eutrophierung



- Seen sind natürlicherweise Nährstoff-limitiert
- Algenwachstum reagiert sehr schnell (aber nicht unlimitiert)
- Verstärktes Algenwachstum führt zu Sauerstoffzehrung beim Abbau...

Seen

Stratifizierungsdynamik



Dichte-Unterschiede mit T (und Salinität)

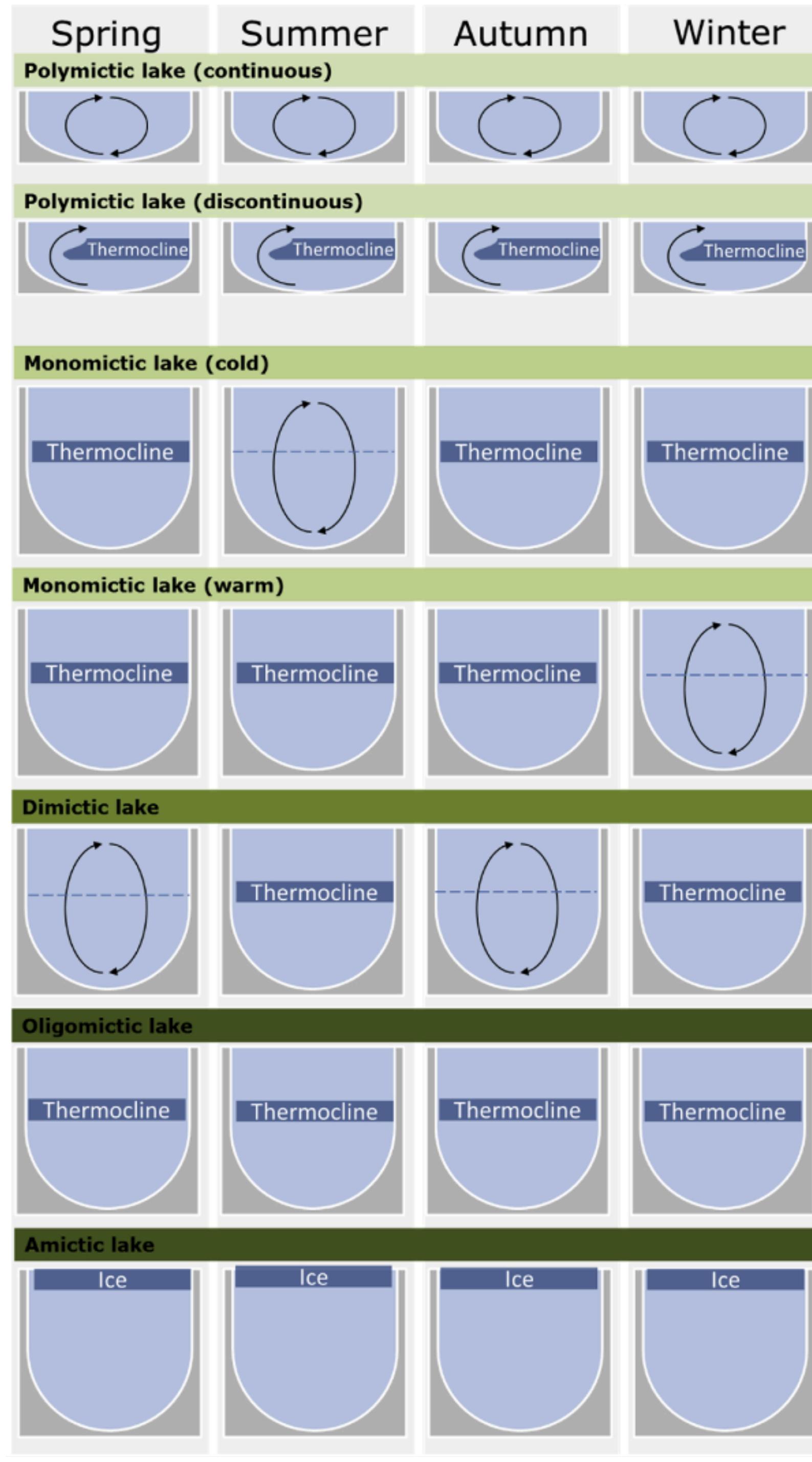
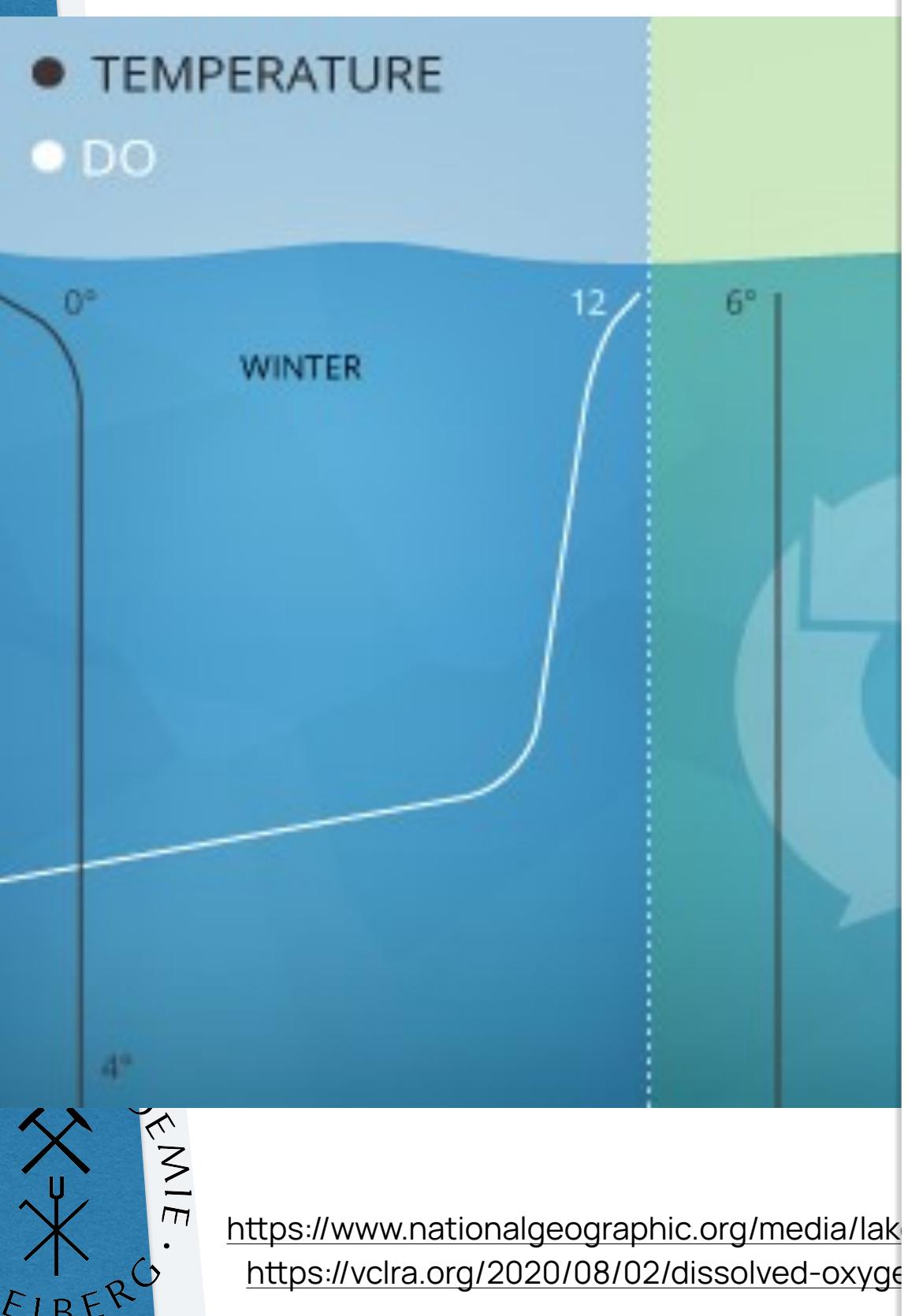
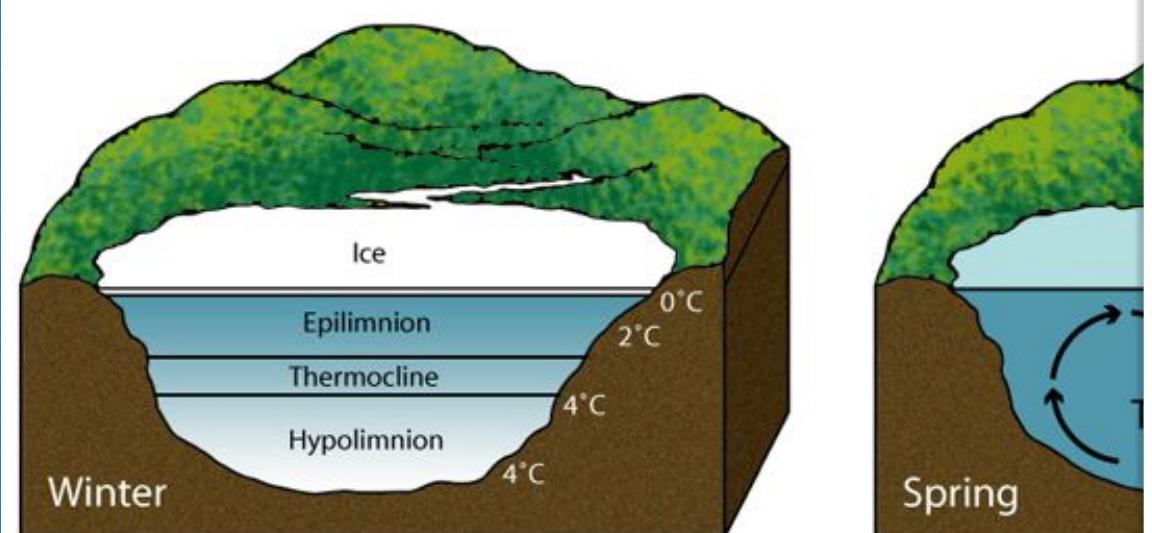
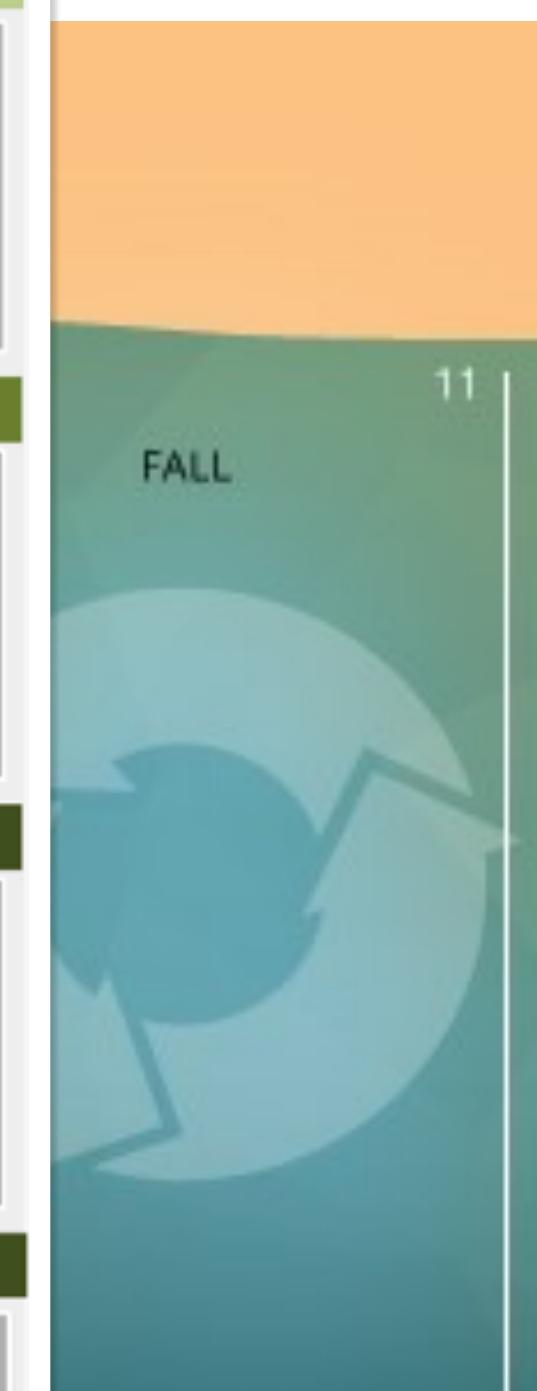
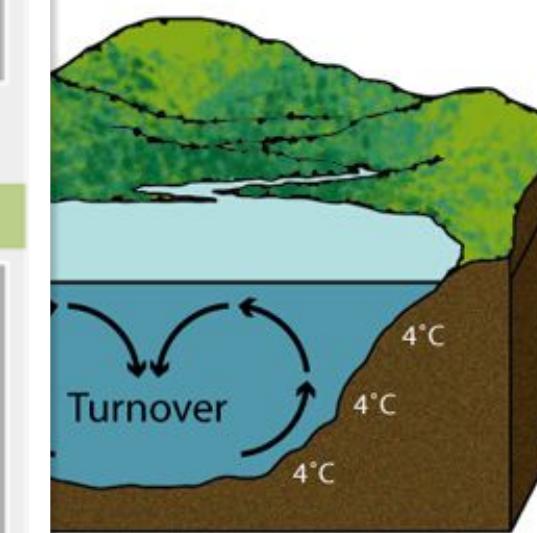
- **Epilimnion:**
Oberfläche, gut von Wind und Welle durchmischt, Atmosphäre und Sonne ausgesetzt
- **Metalimnion:**
Mittlere Schicht, starker T-Gradient, Barriere gg. Austausch von Wasser und Wärme
- **Hypolimnion:**
Tiefste Schicht, gleichmäßig kühl ($\pm 4^{\circ}\text{C}$), kaum Zirkulation/Austausch

Seen

Stratifizierungsdynamik

Dichte-Unterschiede mit T (und Salinität)

- Epilimnion:
- Oberfläche, gut von Wind und Welle durchmischt, Atmosphäre und Sonne ausgesetzt
- Metalimnion:
- Mittlere Schicht, starker T-Gradient, Barriere gg. Austausch von Wasser und Wärme
- Hypolimnion:
- Tiefste Schicht, gleichmäßig kühl ($\pm 4^{\circ}\text{C}$), kaum Zirkulation/Austausch



Seen

Strömungen

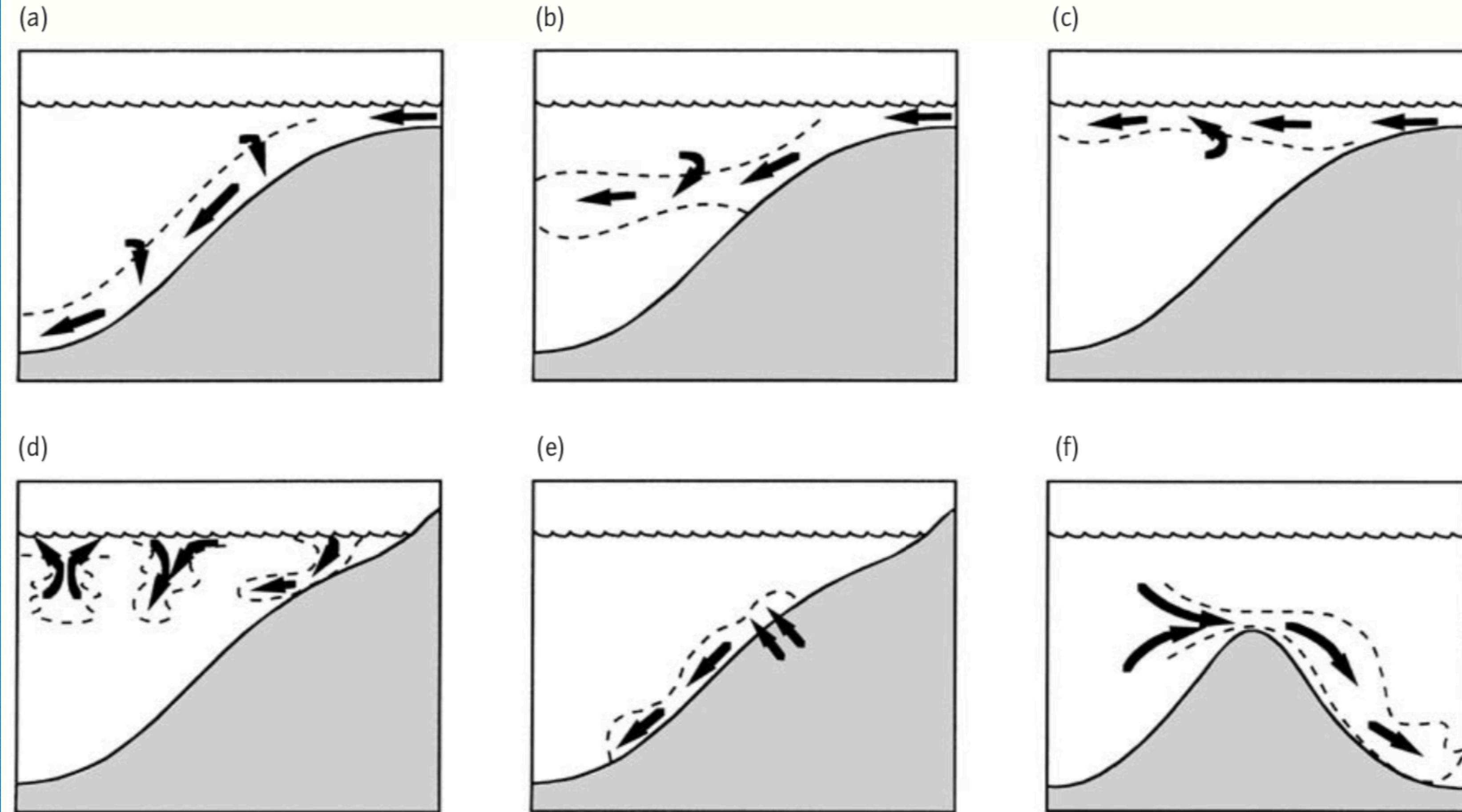
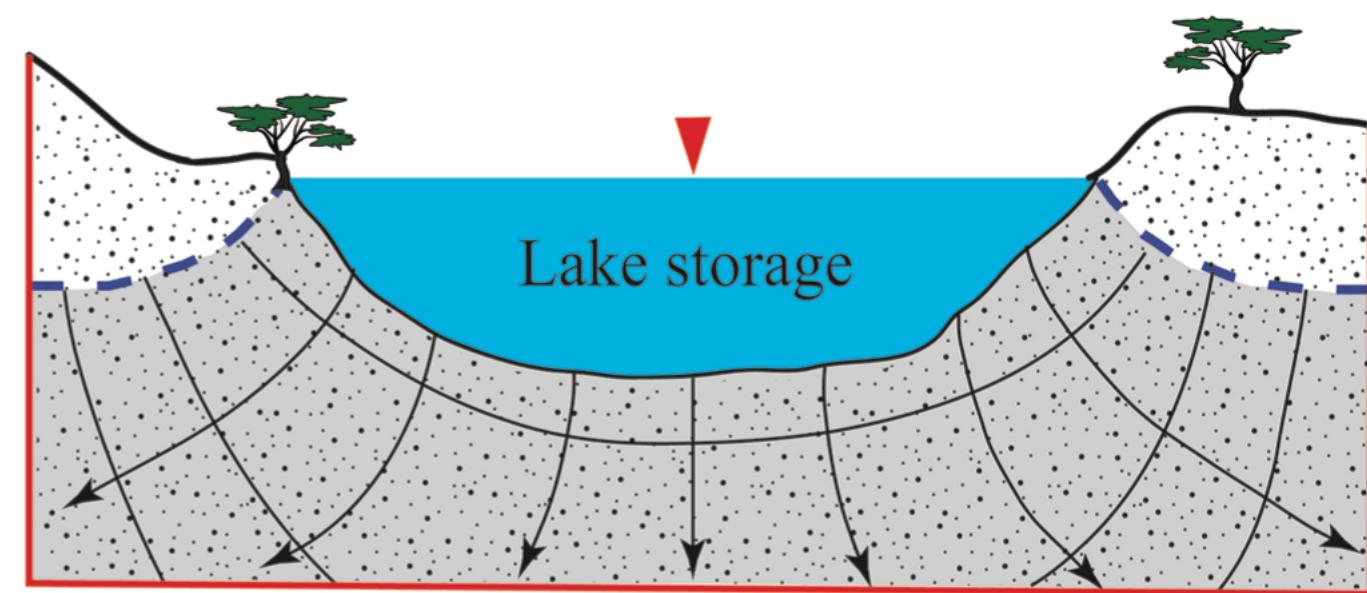
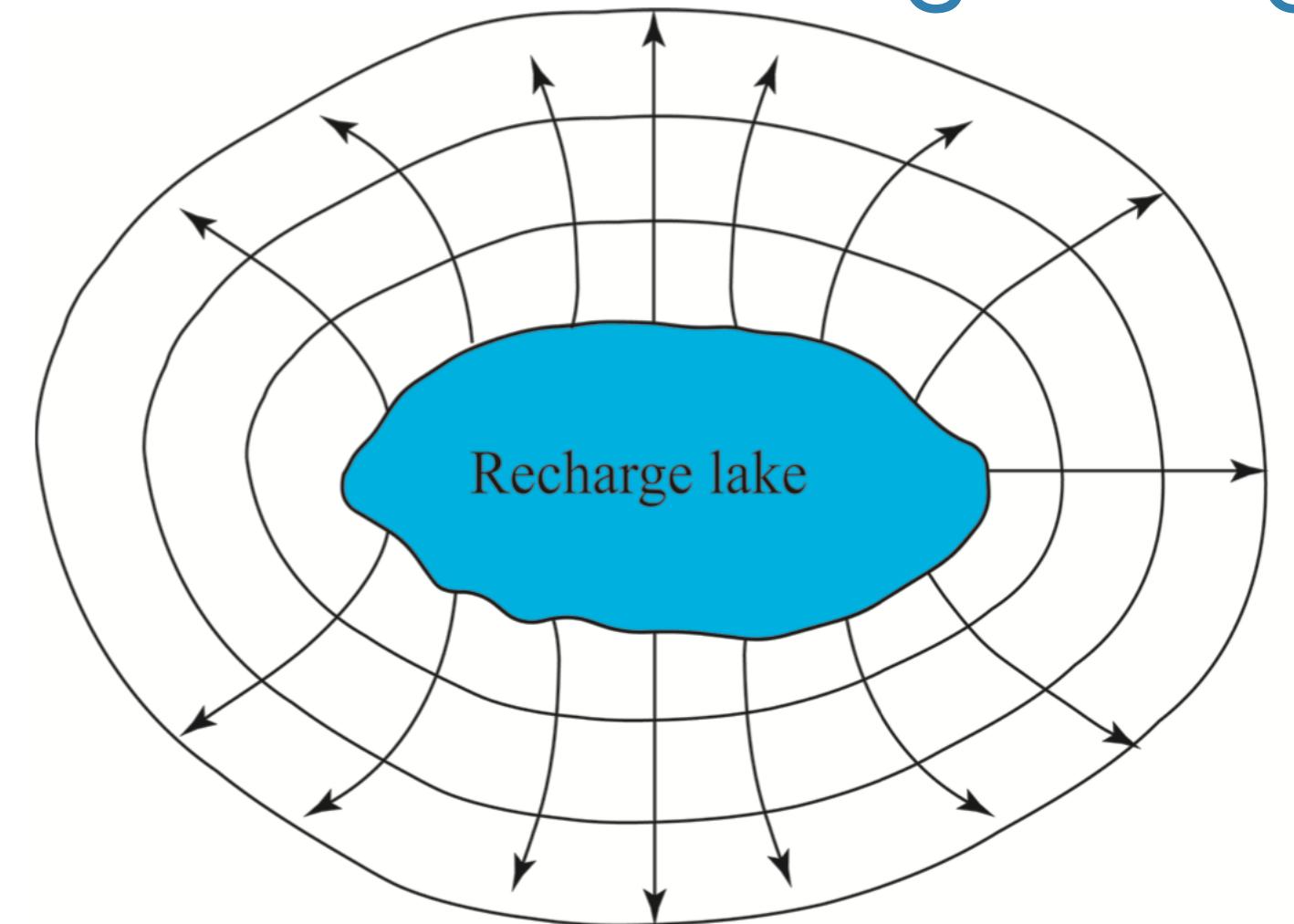


Fig. 6.6 Density-induced lake currents. (a)–(c) The currents at a river mouth depend on the density differences of lake and river water, and on the rate of entrainment of lake water into the river plume. Density currents induced (d) by cooling or heating, (e) by flux of solutes from the sediments, and (f) over sill separating two basins with different temperature and/or salinity.

- Dichte-Unterschiede erzeugen auch Strömungen
- bei Zustrom von Flusswasser (a-c)
- Erwärmen/Kühlen an der Oberfläche (d)
- Grundwasserzustrom (e)
- an topographischen Barrieren

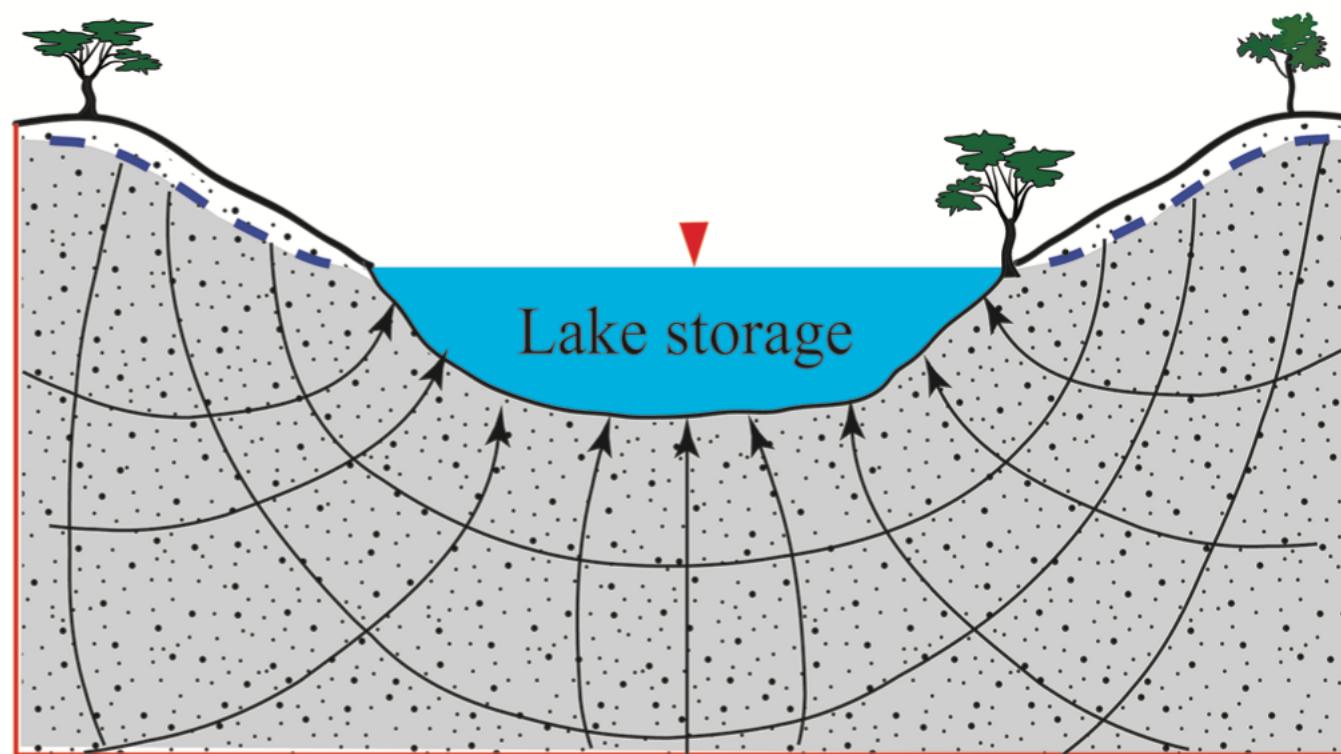
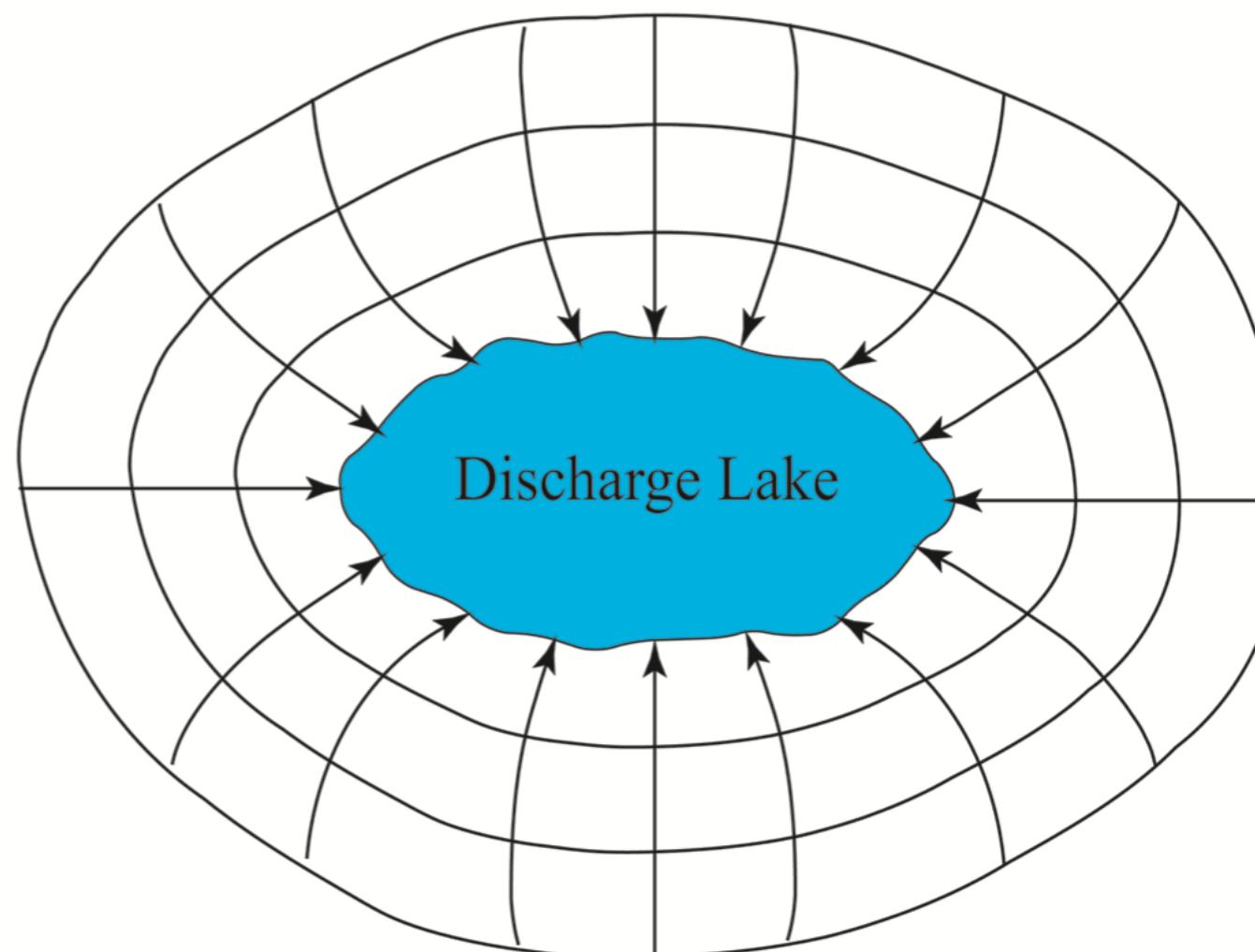
Wechselwirkung mit dem Grundwasser

See als Quelle für
Umgebung



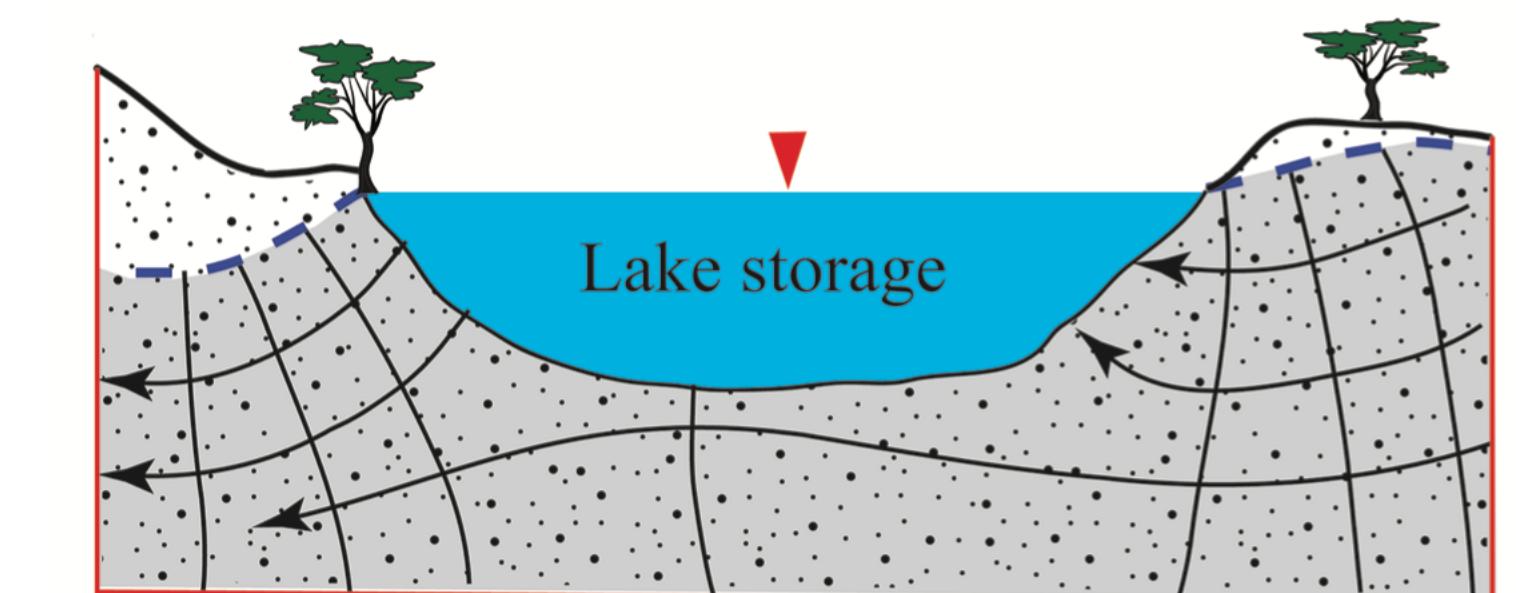
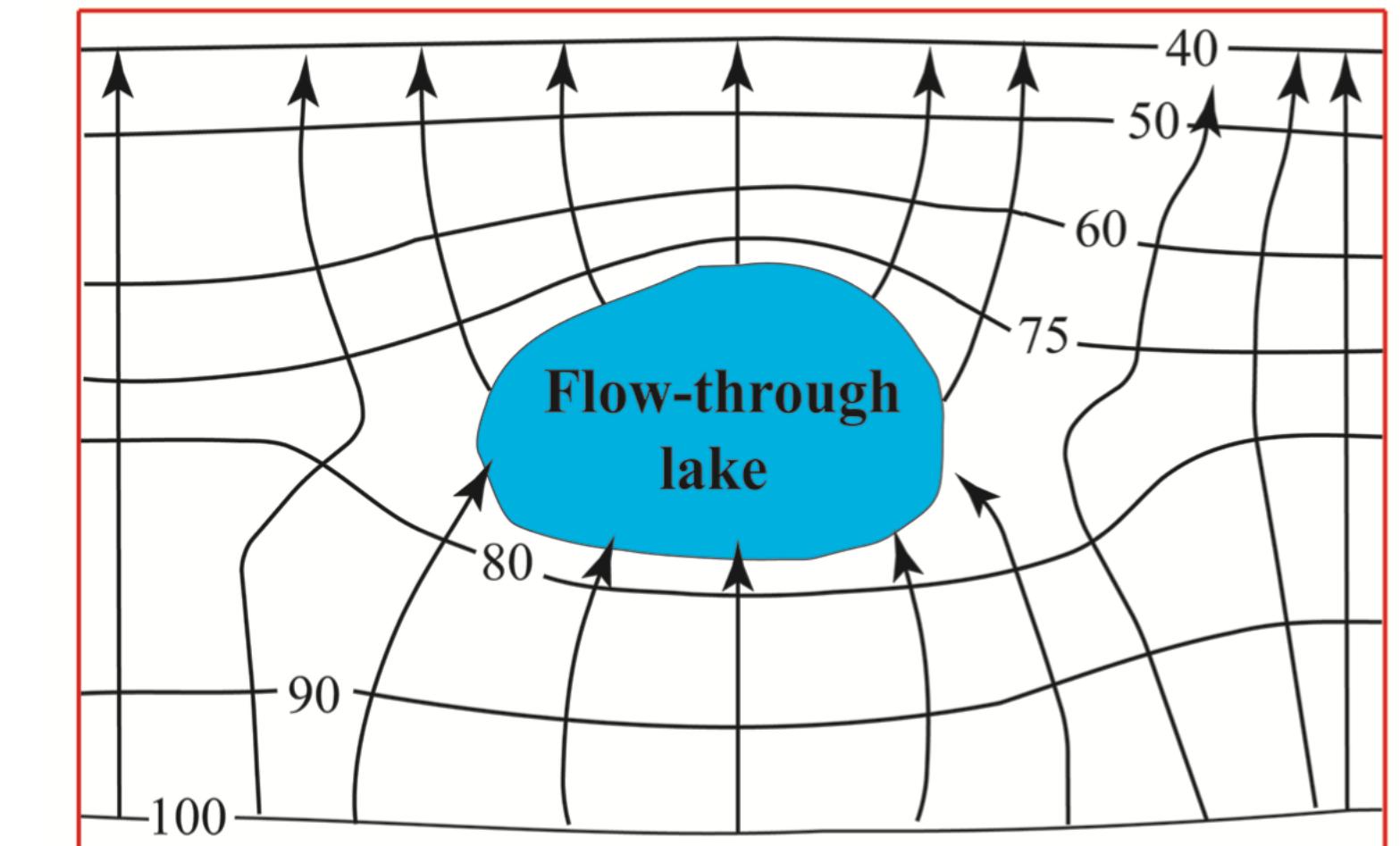
Water table
Flow lines
Equipotentials

See als Senke



Water table
Flow lines
Equipotentials

durchströmter See



Water table
Flow lines
Equipotentials

Wechselwirkung mit dem Grundwasser

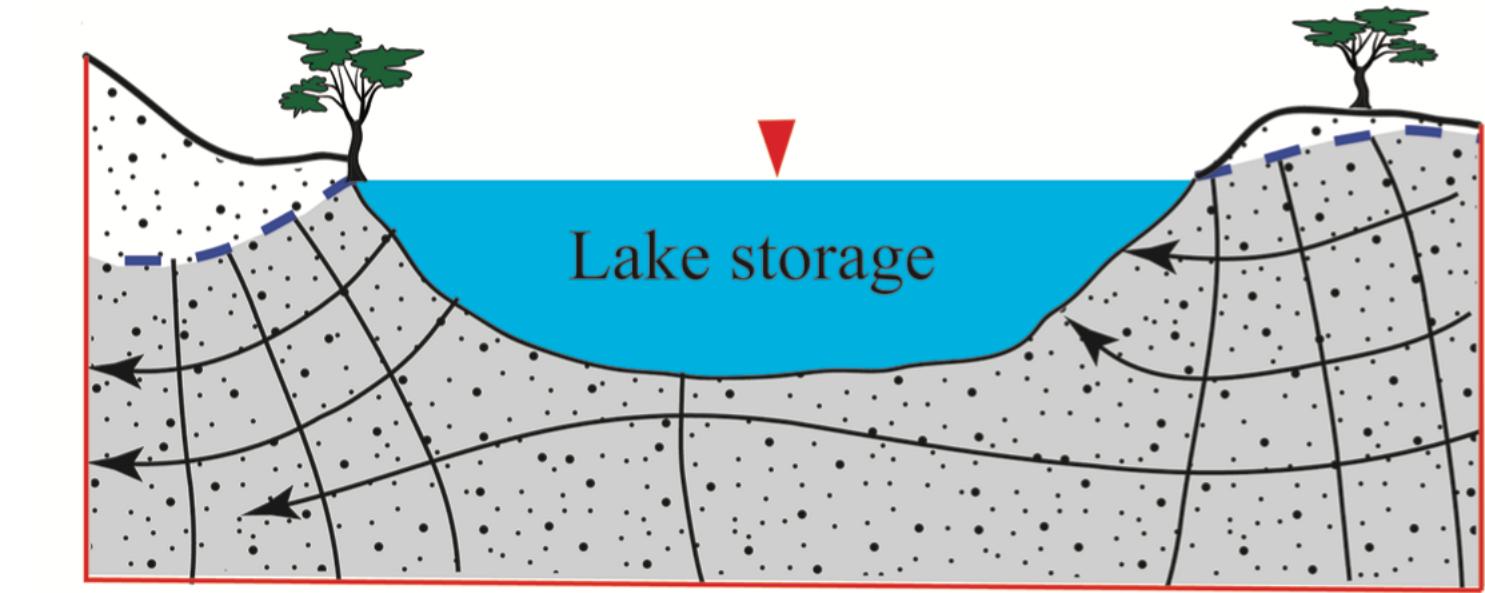
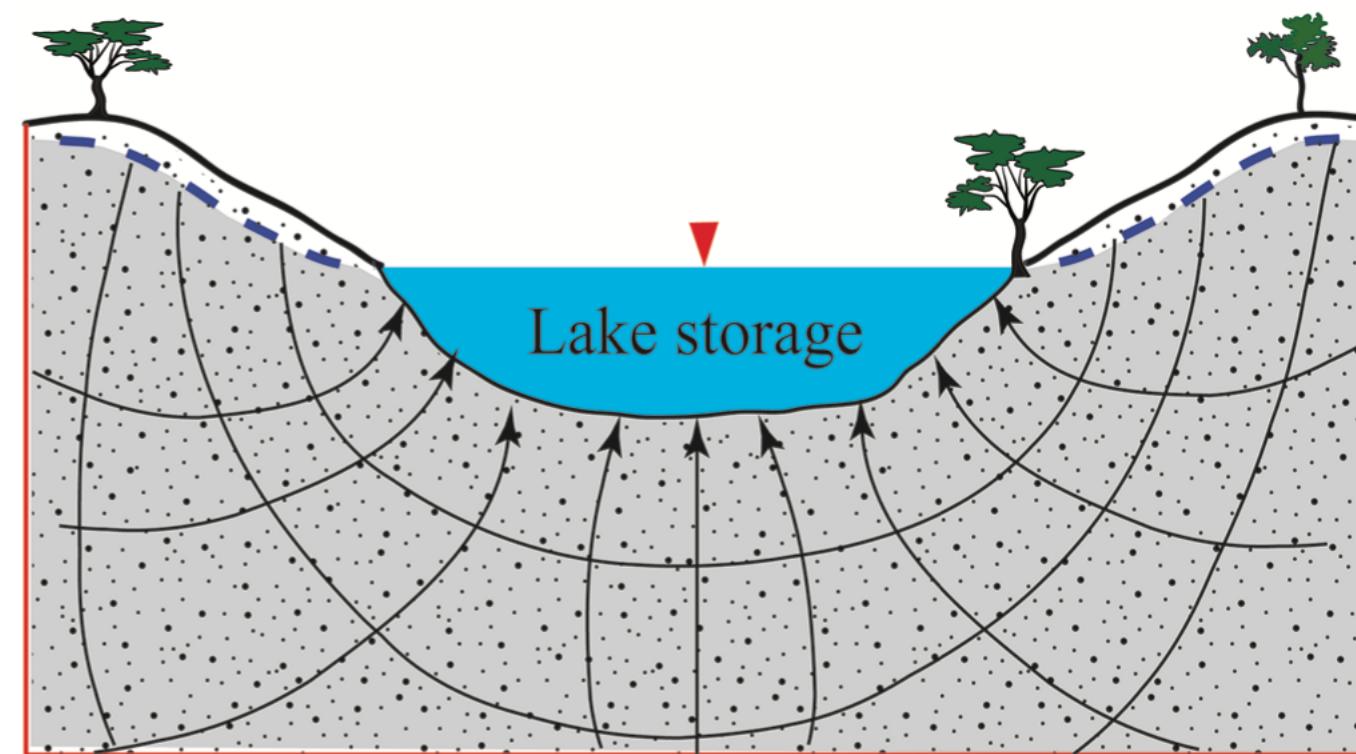
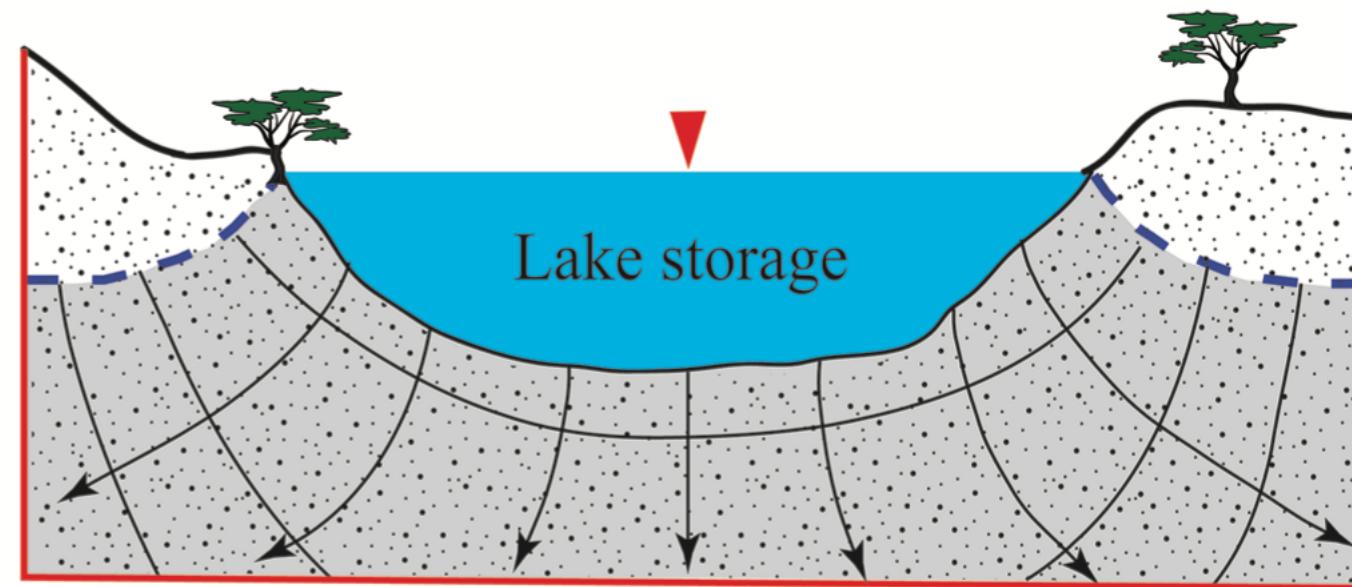
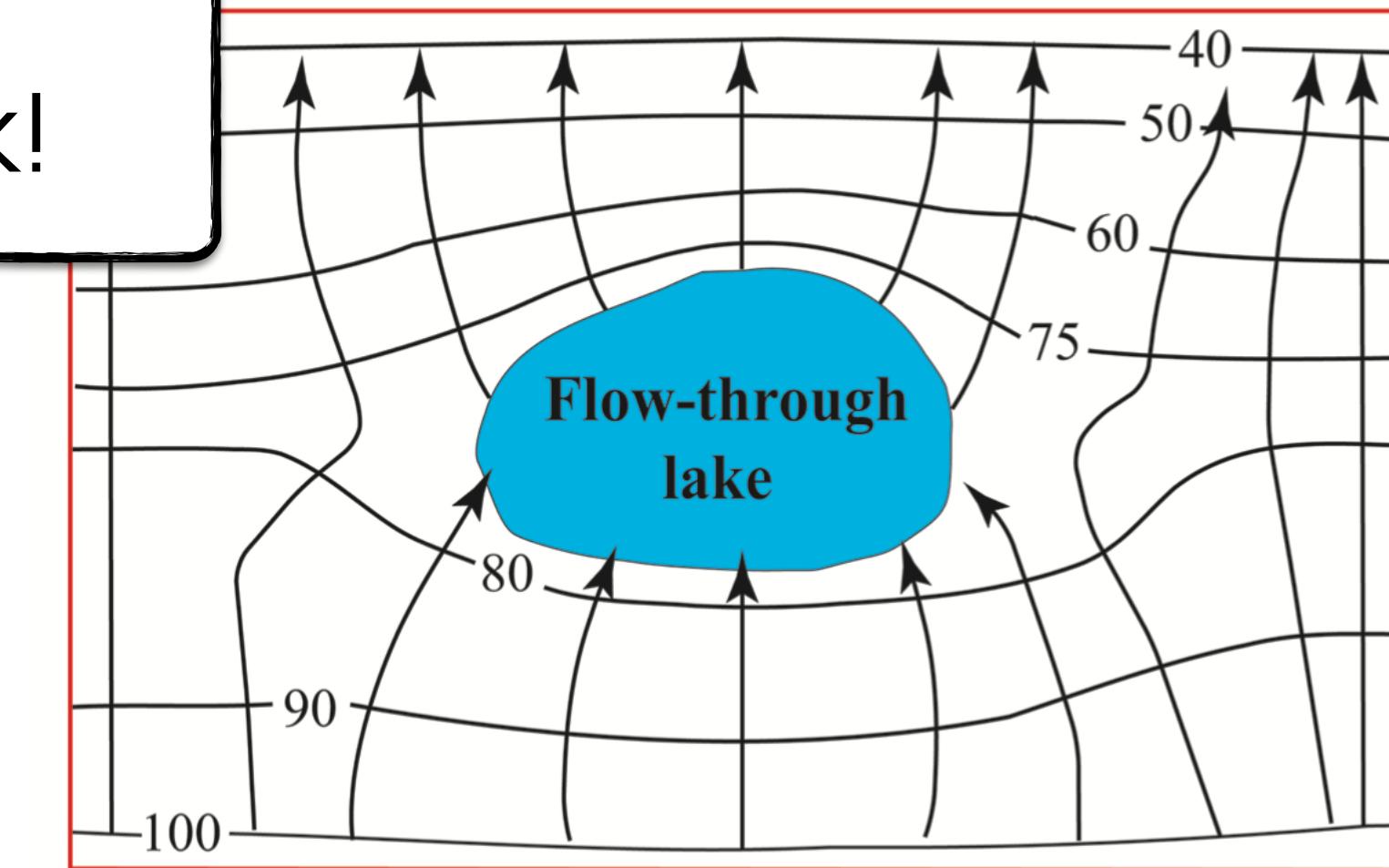
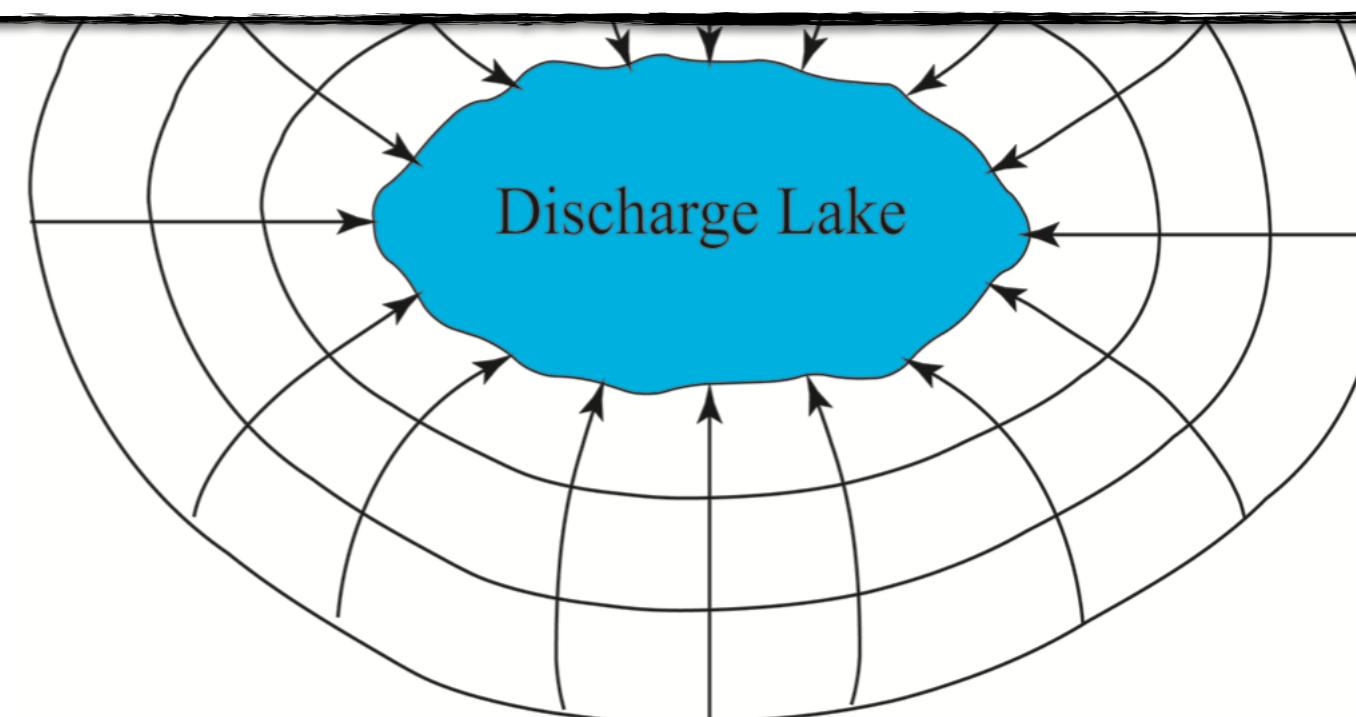
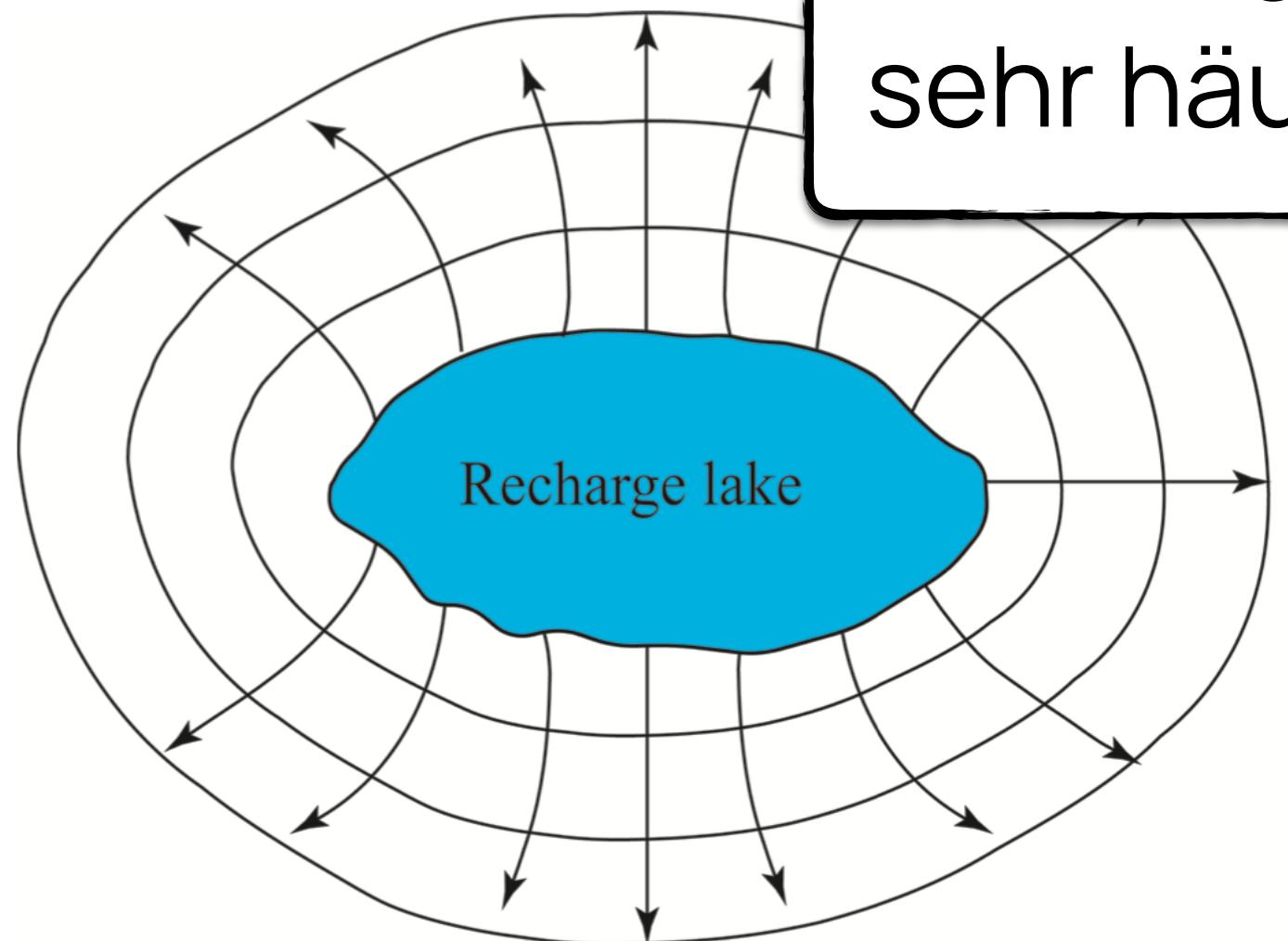
See als Quelle für

See als Senke

durchströmter See

U

Achtung: Die Wechselwirkung unterliegt
sehr häufig einer raum-zeitlichen Dynamik!



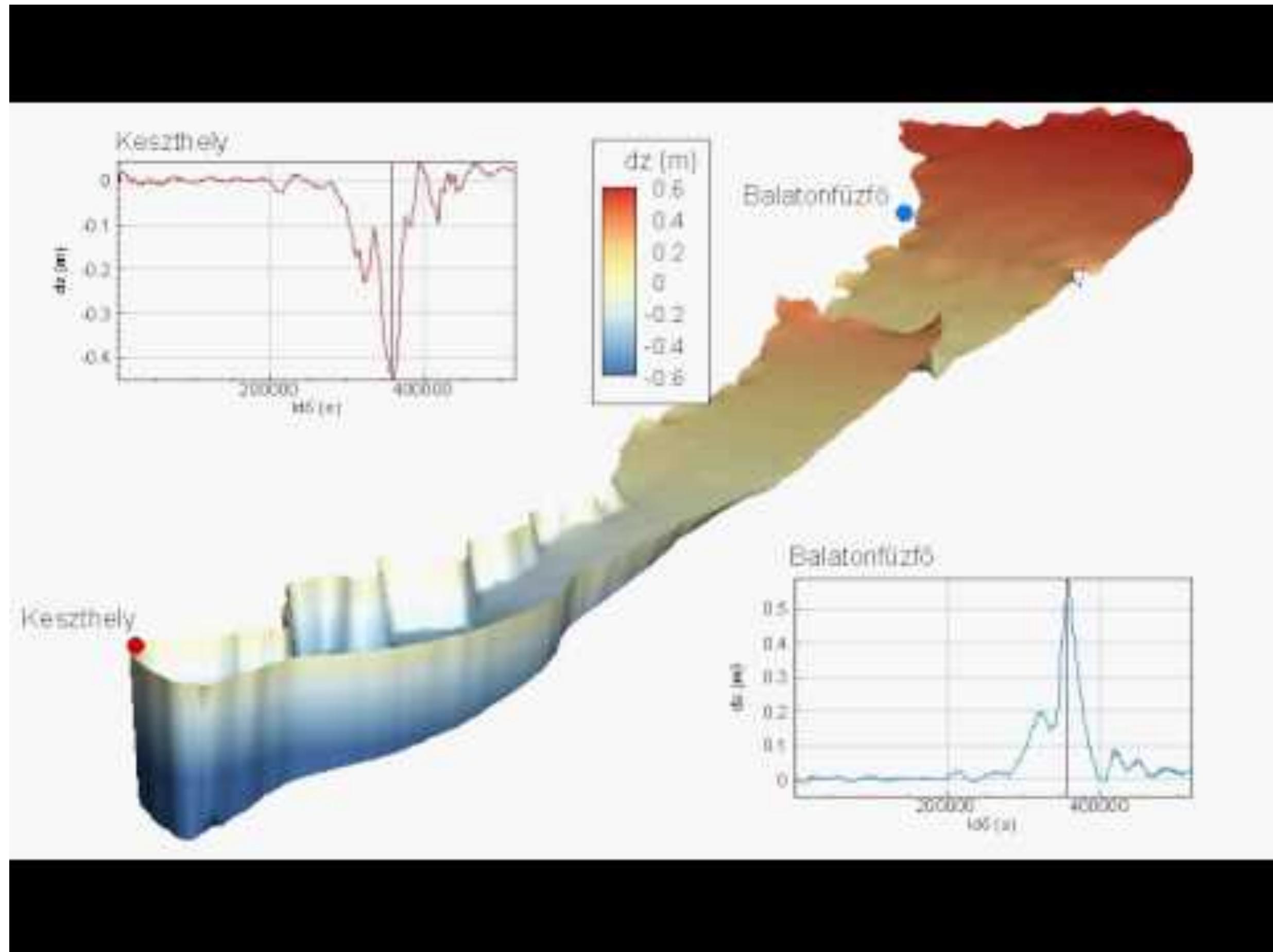
Water table
Flow lines
Equipotentials

Water table
Flow lines
Equipotentials

Water table
Flow lines
Equipotentials

Auch Windstau ist ein Thema

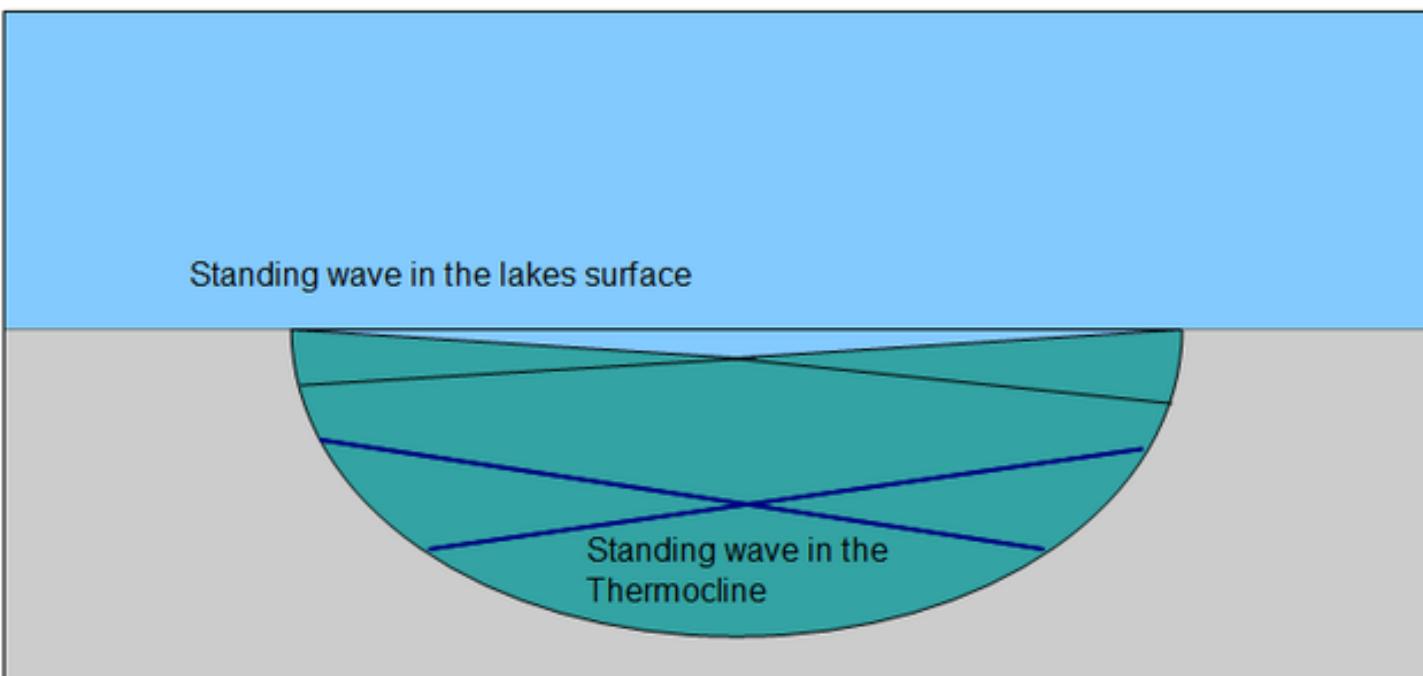
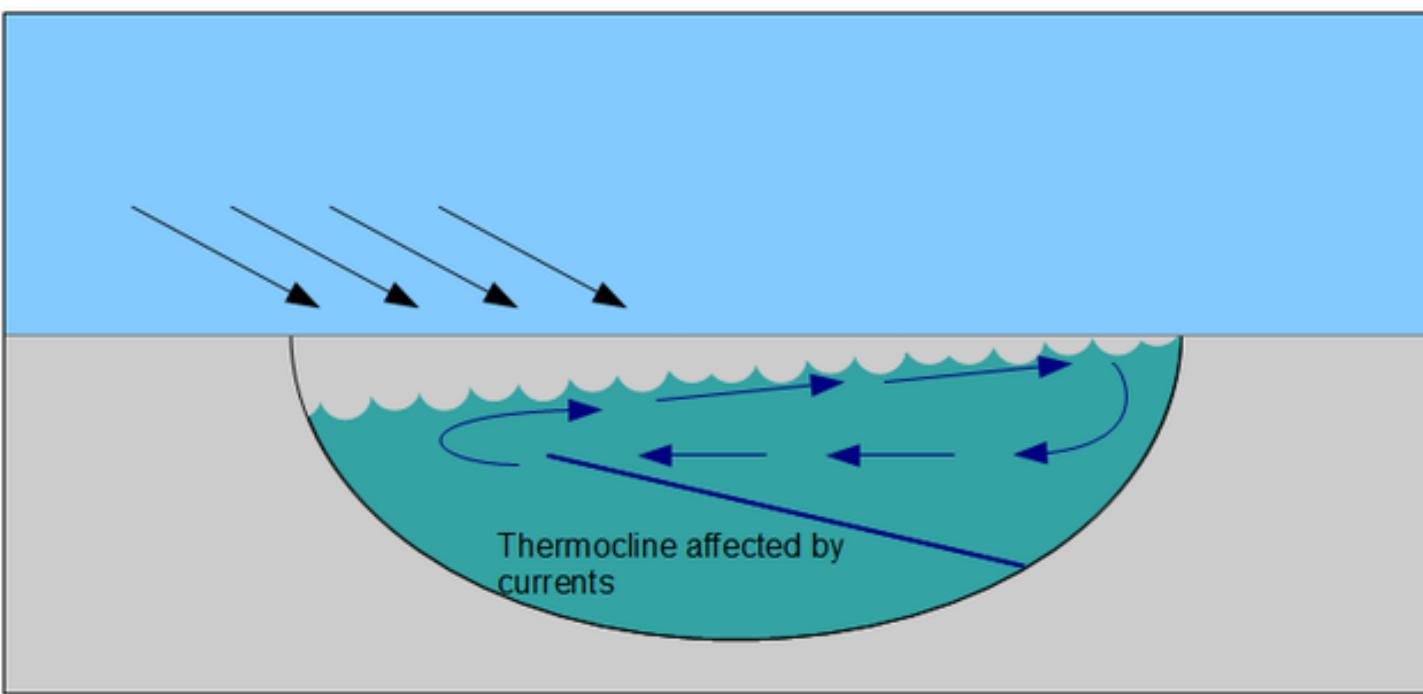
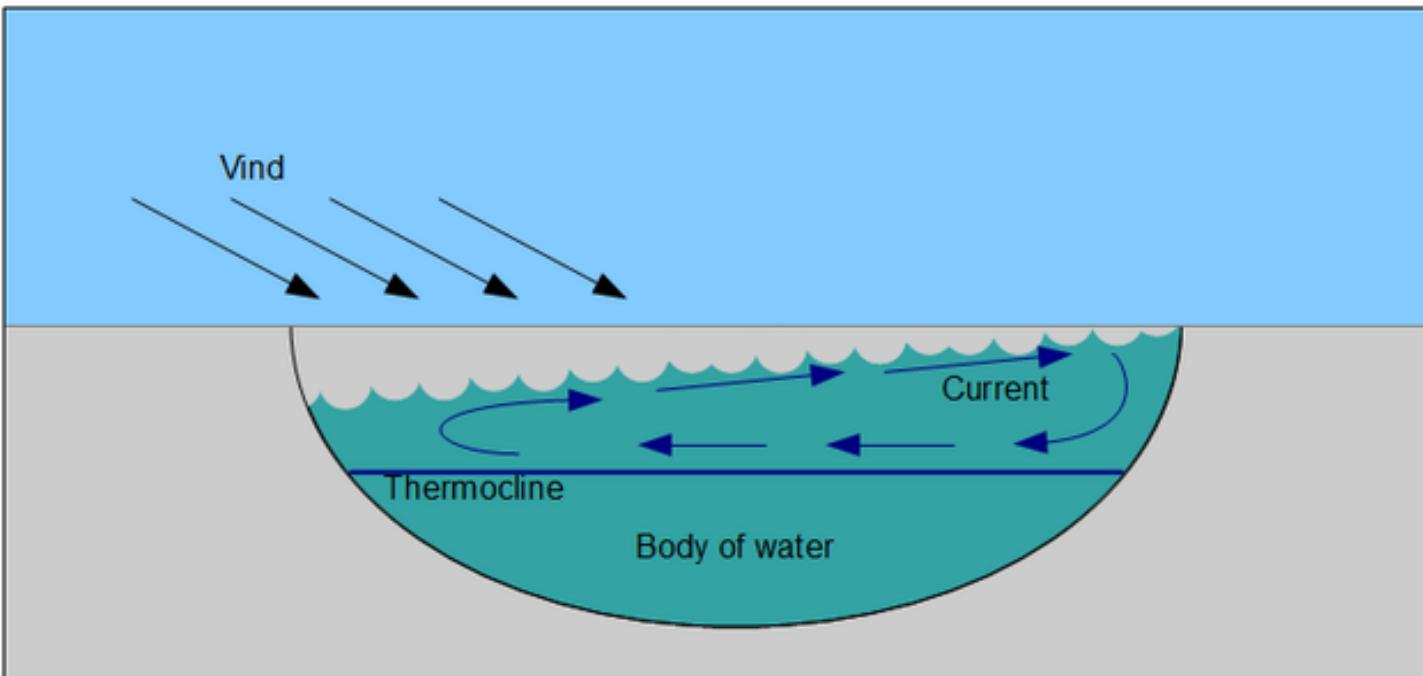
dynamische Wasserstände, sehende Wellen



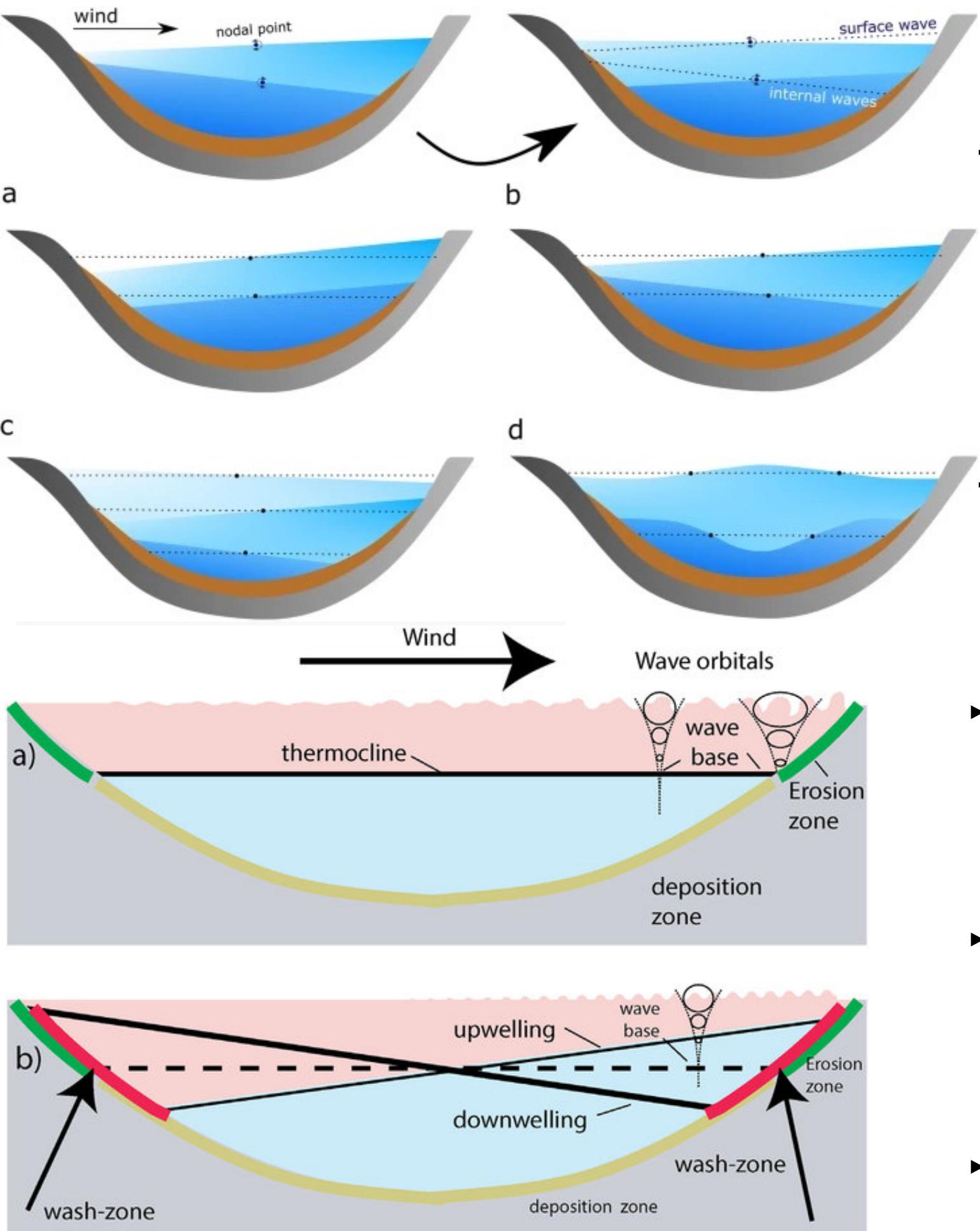
- stetiger, starker Wind kann zu Windstau und Strömungen führen
- danach Rückstellen mit entsprechenden Wellen
- je nach See auch als stehende Welle (Seiche)
- Auswirkungen auf den Uferbereich
- Auswirkungen auf die Schichtung

Bsp. Sturm Kyrill im Balaton: <https://vit.bme.hu/vit/lakehydrodynamics?language=en>

Auch Windstau ist ein Thema



dynamische Wasserstände, sehende Wellen



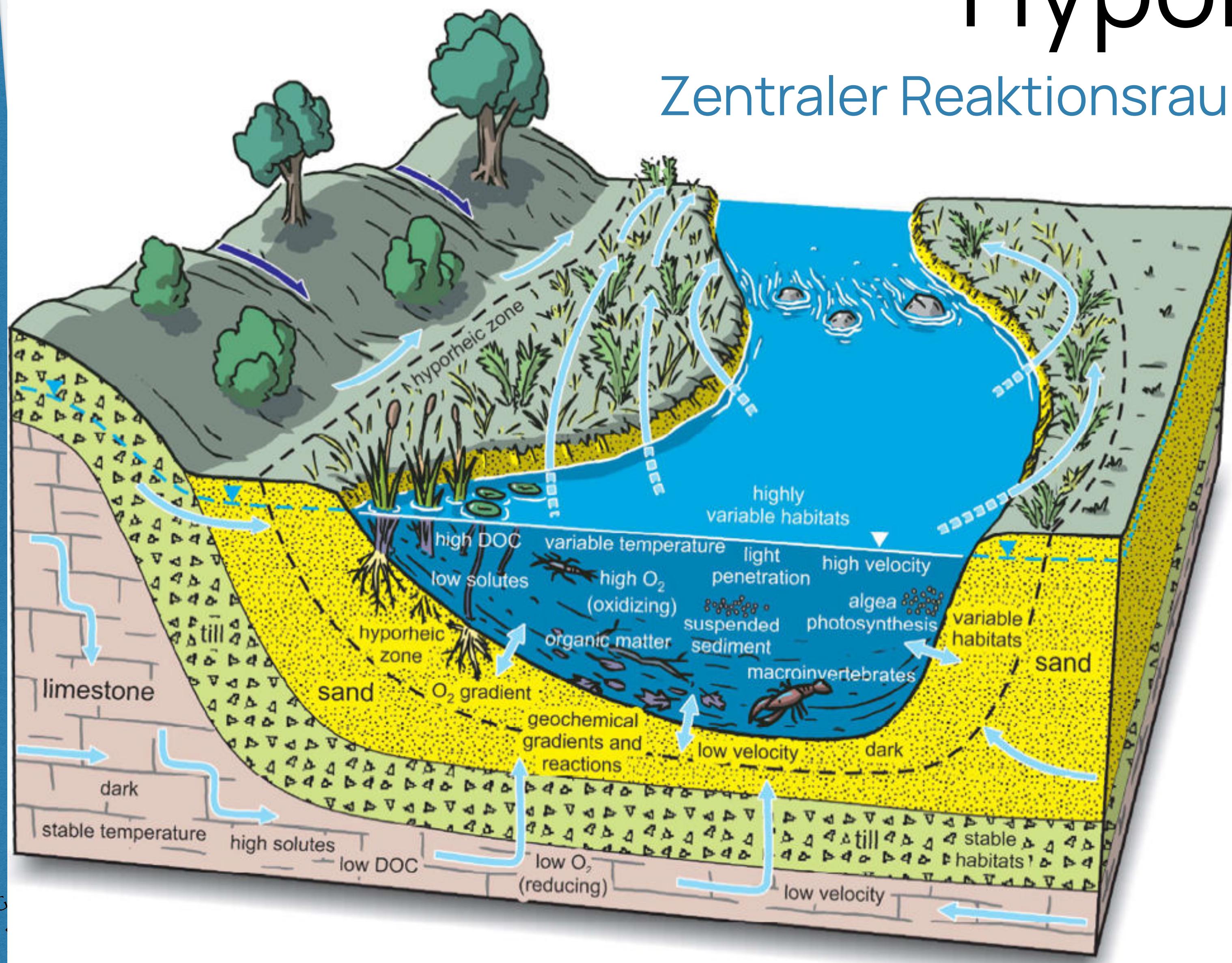
- stetiger, starker Wind kann zu Windstau und Strömungen führen
- danach Rückstellen mit entsprechenden Wellen
- je nach See auch als stehende Welle (Seiche)
- Auswirkungen auf den Uferbereich
- Auswirkungen auf die Schichtung

Bsp. Sturm Kyrill im Balaton: <https://vit.bme.hu/vit/lakehydrodynamics?language=en>

de Carvalho Bueno, R., Bleninger, T., Yao, H. et al. An empirical parametrization of internal seiche amplitude including secondary effects. *Environ Fluid Mech* **21**, 209–237 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10652-020-09767-1>
R. Cossu et al., Wash-zone dynamics of the thermocline in Lake Simcoe, Ontario, *Journal of Great Lakes Research*, Volume 43, Issue 4, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2017.05.002>

Hyporheische Zone

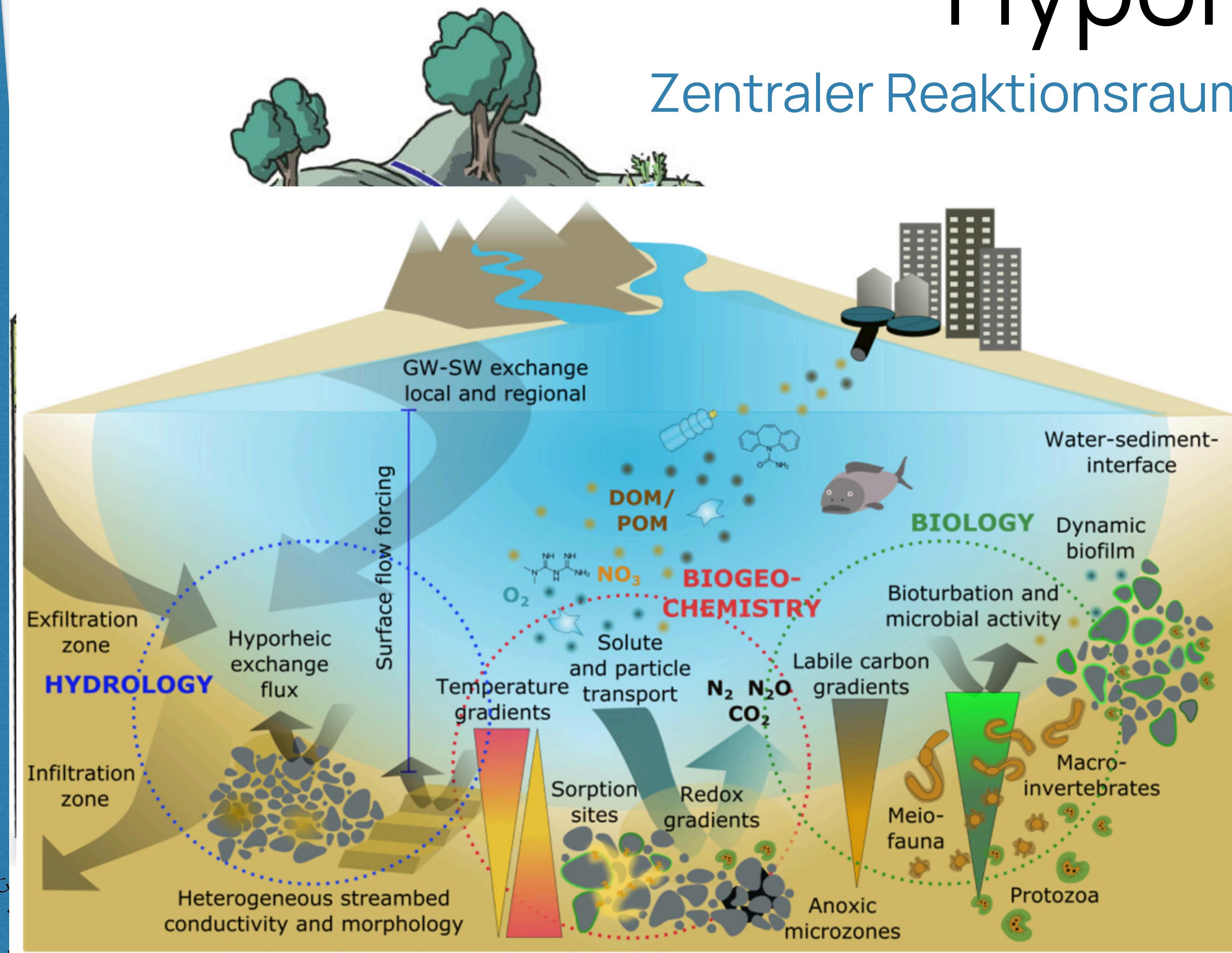
Zentraler Reaktionsraum im Übergang zum Bental



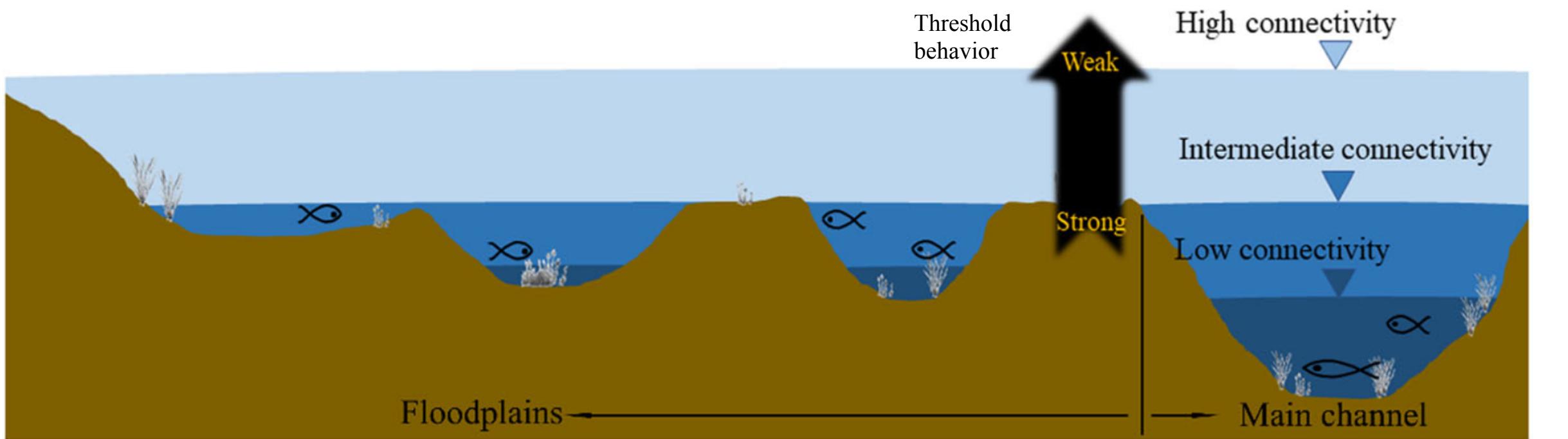
- Verbindung von physikalischen und ökologischen Systemen
- Habitate, Nischen, Stoffumsatz
- damit sind Seen eben nicht nur Senken...

Hyporheische Zone

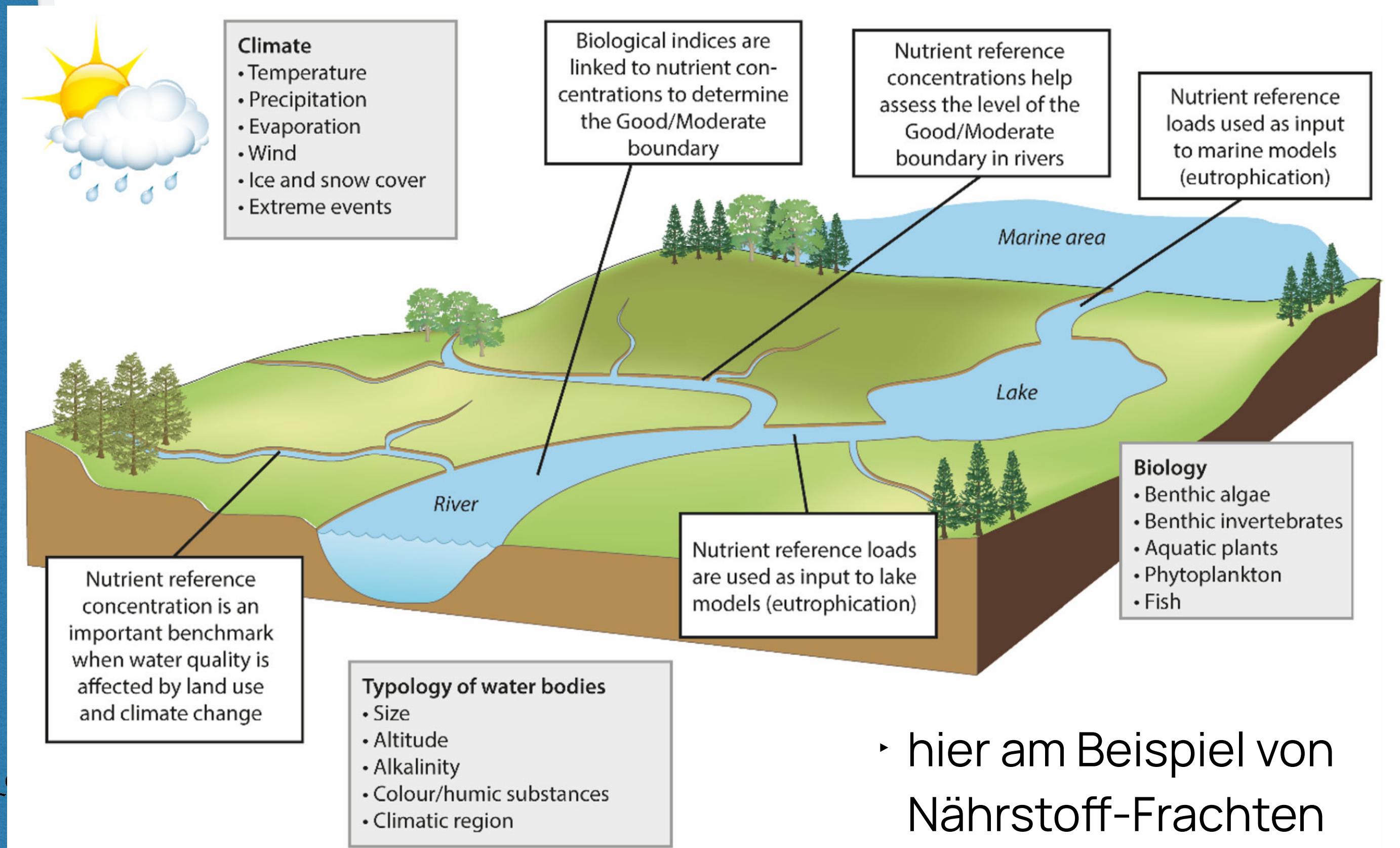
Zentraler Reaktionsraum im Übergang zum Bental



- Verbindung von physikalischen und ökologischen Systemen
- Habitate, Nischen, Stoffumsatz
- damit sind Seen eben nicht nur Senken...



- hier am Beispiel der Vernetzung von Flussauen



- hier am Beispiel von Nährstoff-Frachten

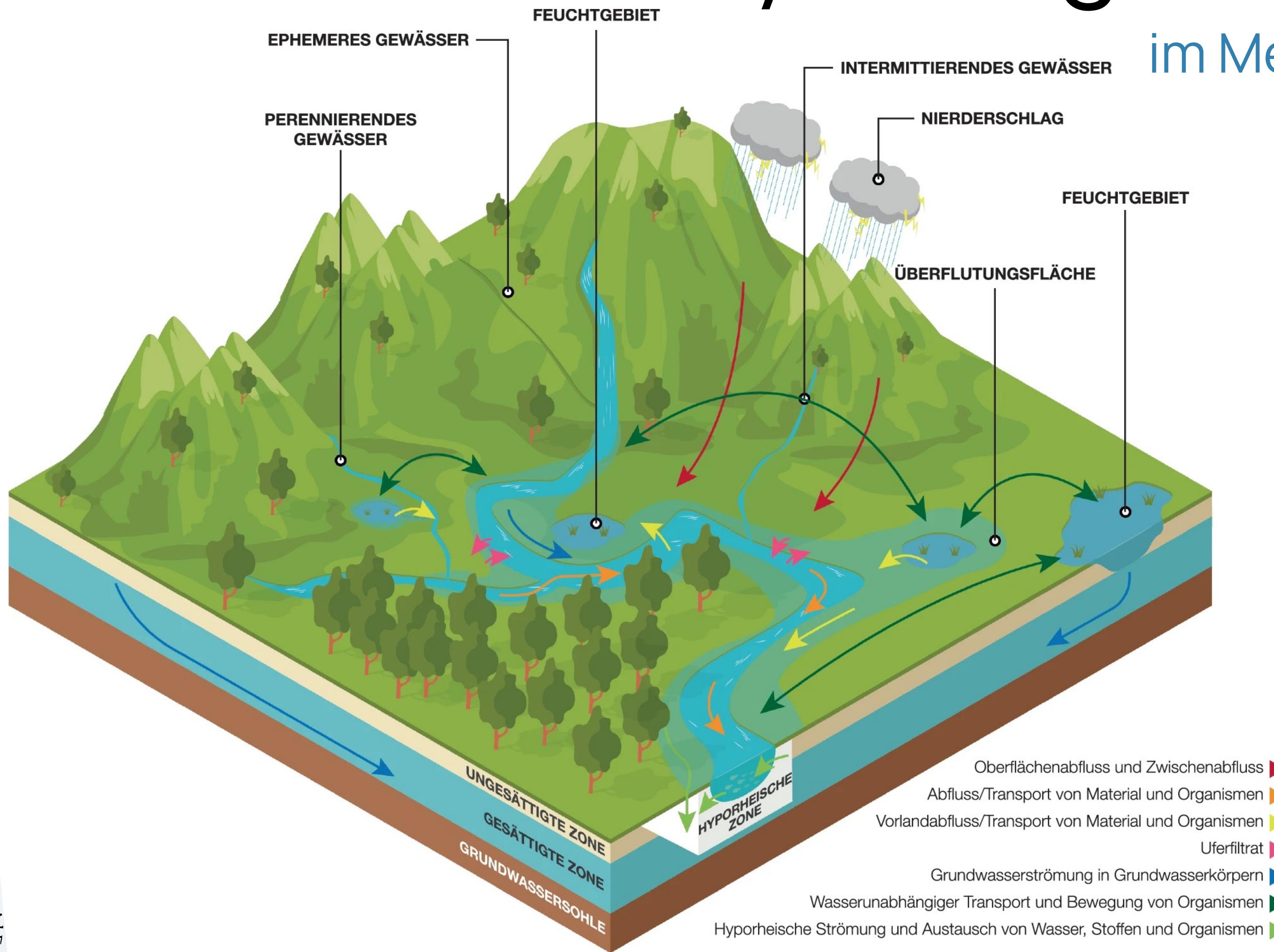
Limnologie

im hydrologischen System

- limnische Prozesse sind Teil des Wasserkreislaufs
- dominieren insb. in Bereichen/Phasen von lenitischen Bedingungen
- eng mit lotischen Bereichen/Phasen verbunden
- Konzept der Verweil-/Transitzeit hilft auch hier

vernetzte hydrologische Systeme

im Mensch-Umwelt-System

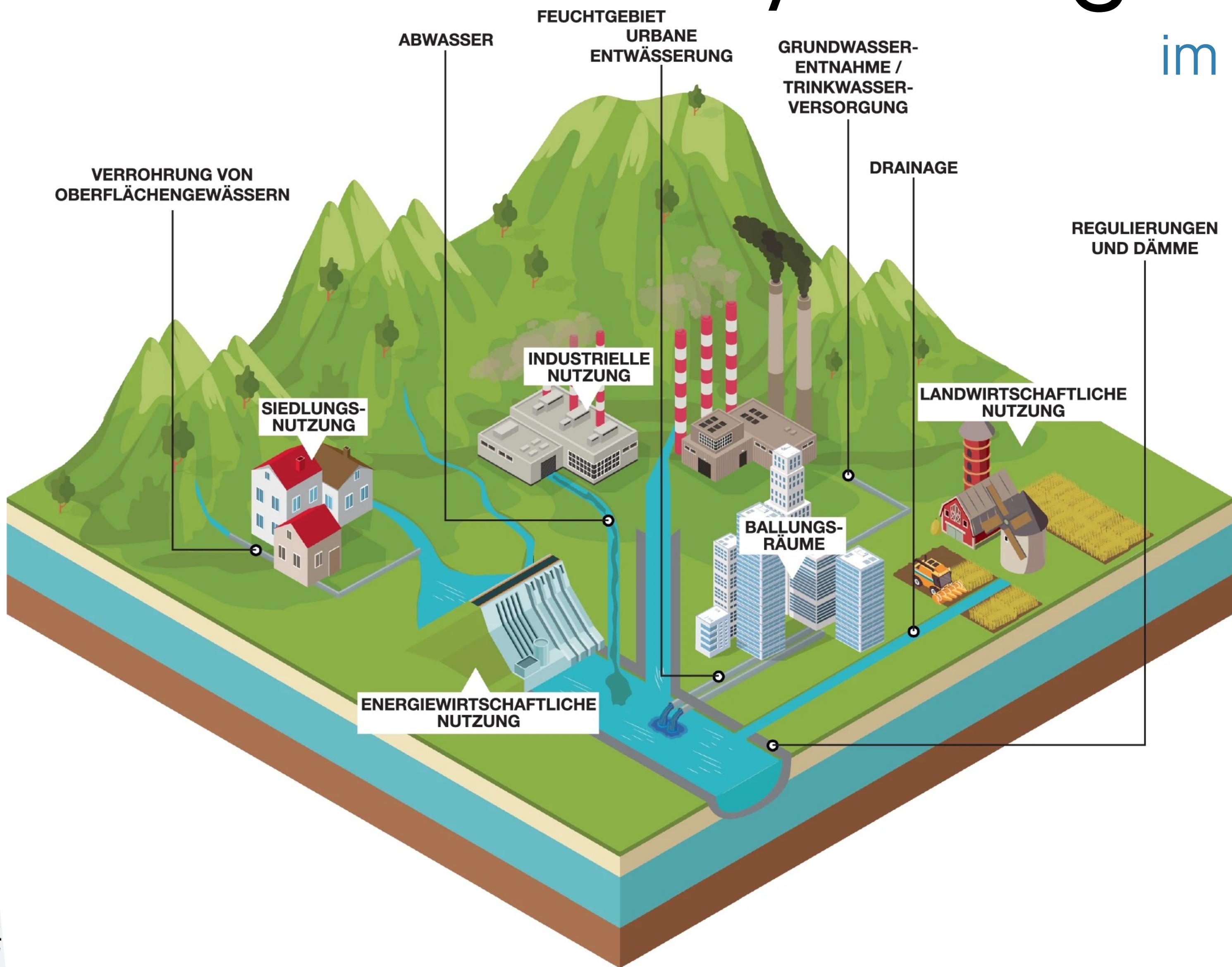


- fluviale und limnische Elemente
- dynamisch Vernetzt → abiotisch & biotisch
- von Menschen genutzt und modifiziert



vernetzte hydrologische Systeme

im Mensch-Umwelt-System



- fluviale und limnische Elemente
- dynamisch Vernetzt → abiotisch & biotisch
- von Menschen genutzt und modifiziert

