

# Wassergütebewirtschaftung von Talsperren

Dipl.-Biol. Hartmut Willmitzer  
weitere Infos:  
[www.waterquality.de](http://www.waterquality.de)



# Wassergütebewirtschaftung von Talsperren

Hartmut Willmitzer

## I Theorie/Grundwissen

- 1 Einführung
- 2 Qualitätsbestimmende Faktoren
  - 2.1 Überblick
  - 2.2 Limnophysik
    - 2.2.1 Strahlung
    - 2.2.2 Schichtungsverhältnisse
    - 2.2.3 Naturräumliche Gegebenheiten
  - 2.3 Limnochemie, Hydrobiologie
    - 2.3.1 Chemismus / Ionenhaushalt
      - 2.3.1.1 Grundlagen des Kalk-Kohlensäuregleichgewichts
      - 2.3.1.2 Puffervermögen
      - 2.3.1.3 Werkstoffe
      - 2.3.1.4 Stoffkreisläufe: C, N, P, S
    - 2.3.2 Leistungen von Organismen im aquatischen Ökosystem
      - 2.3.2.1 Nahrungsnetze
    - 2.3.3 Auswirkungen biologischer Aktivität auf die Wasserqualität
  - 2.4 Schadstoffe, Krankheitserreger

# Wassergütebewirtschaftung von Talsperren

## II Praxis

### **3 Wassergütebewirtschaftung**

3.1 Unterschied Talsperre / See

3.2 Kurzfristige Steuerung

3.3 Mittelfristige Bewirtschaftungs- und Eingriffsmöglichkeiten

3.4 Nahrungsnetzsteuerung als langfristige Bewirtschaftungsstrategie

3.5 Sanierung von Einzugsgebieten

### **4. Wassermengenbewirtschaftung/ Hochwassersteuerung**

### **5 Wasseruntersuchung**

5.1 Umweltüberwachung

5.2 Überwachung von Trinkwasserressourcen

### **6 Umweltverträglichkeit und Ökologie**

Download: [www.waterquality.de](http://www.waterquality.de) (Rubrik „Download“, schulde.zip)

# Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland

ca. 500 gesamt

davon:

Trinkwassertalsperren (systeme):

Baden-Württemberg:	1
Bayern:	2
Niedersachsen:	5
Nordrhein-Westfalen:	22
Rheinland-Pfalz:	2
Sachsen:	14
Sachsen-Anhalt:	1
Thüringen:	12

**Anforderungen:**

Menge

Qualität

Umweltverträglichkeit

Standicherheit

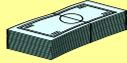
Finanzierbarkeit

**Aufgaben: Trinkwasserversorgung, Hochwasserschutz, Brauchwasser, Naherholung**

## 1.2 Einführung - Anforderungen an die Rohwasserqualität

Ungefähr 10% des Trinkwassers kommen in Deutschland aus Talsperren, in Thüringen sind es 30%. Bereits an die Rohwasserqualität werden hohe Anforderungen gestellt, um mit minimalem Aufbereitungsaufwand eine hohe Qualität entsprechend den geltenden Bestimmungen zu garantieren.

# Anforderungen an die Rohwasserqualität - Grundlagen



## Verträge mit Abnehmern - Wasseraufbereitung

### Festlegung:

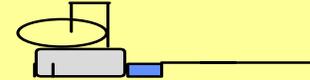
- Kriterien
- Richtwerte
- Meßstellen
- Untersuchungshäufigkeit
- Datenübergabe
- Informationsaustausch
- Kosten



## Verordnungen, Richtlinien, Gesetze

### Festlegung:

- Kriterien
- Grenzwerte / Richtwerte
- Methoden
- Meßstellen
- Untersuchungshäufigkeit
- Ahndung



## Umweltüberwachung, betriebsinterne Regelungen

### Festlegung:

- Kriterien
- Richtwerte
- Meßstellen
- Methoden
- Informationsaustausch
- Steuerhandlungen

**"... immer in ausreichender Menge und Qualität verfügbar"**

# 1.3 Einführung - Richtwerte und Grenzwerte

Die Anforderungen an die Rohwasserqualität entsprechen bei den Kriterien, welche in der Wasseraufbereitung nicht oder nur schlecht eliminiert werden können, bereits denen des Trinkwassers. Partikel und Organismen sind jedoch in natürlichen Oberflächengewässern immer vorhanden. Diese werden in der Aufbereitung beseitigt und bestimmen erheblich den Aufwand für die Aufbereitung des Wassers.

# Anforderungen an die Rohwasserqualität - Inhaltsstoffe / Grenzwerte

## Beispiele

### Schadstoffe

PAK  
Summe 0,002 mg/l

Org. Chlorverbindungen  
Summe 0,01 mg/l

PBSM  
Summe 0,0005 mg/l

PCB  
Summe 0,0005 mg/l

### Krankheitserreger

Gesamtcoliforme  
50/ 100 ml

E. coli  
20/ 100 ml

Salmonellen  
n.n. /l

Streptococcus faec.  
n.n. /l

Parasiten ?

### Ionenhaushalt

Chlorid  
250 mg/l

Sulfat  
240 mg/l

pH-Wert  
6,5 - 8,5

el. Leitfähigkeit  
2000 mS/cm

Korrosionschemisches  
Verhalten (pH der Kalzium-  
carbonatsättigung - Reinw.)

### Partikel / Organismen

Trübung  
1,5 NTU (0,1)

Sichttiefe  
2 - 4 m

Chlorophyll-a  
5 - 10 µg/l

Phytoplankton-Zellzahl  
 $10^5 - 10^6$  ZE/l

Zooplankton  
erwünscht ?

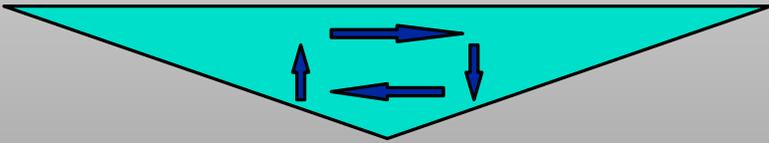
Anforderungen variieren entsprechend den Möglichkeiten der Wasseraufbereitung

## 2.1.1 Limnophysik - Schichtung des Wasserkörpers von Standgewässern

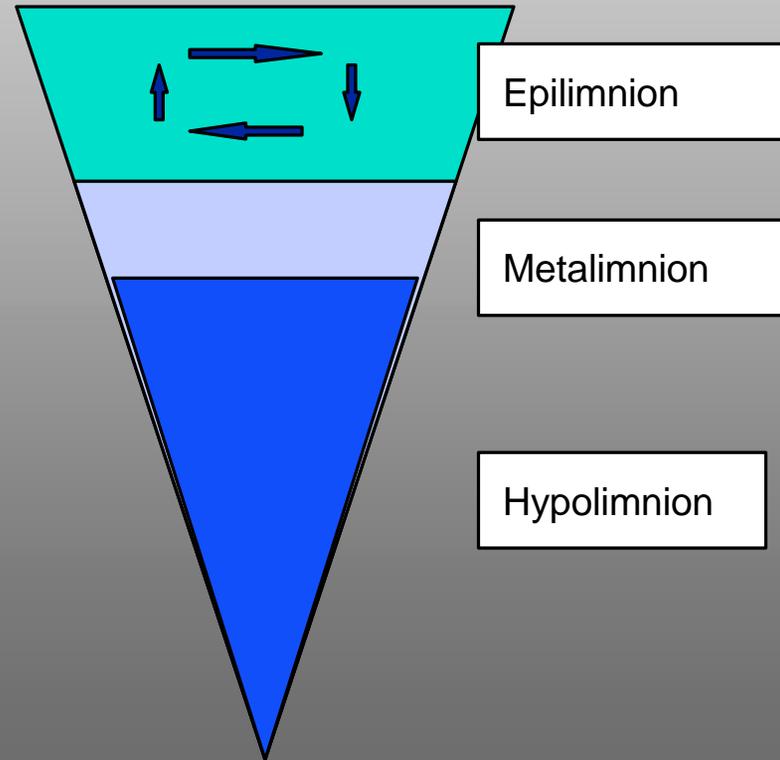
Entsprechend der Form eines Beckens kommt es in tiefen Standgewässern, wie z. B. in Talsperren zur Ausprägung stabiler Schichtungen. Die Ursache hierfür sind in erster Linie Temperaturgradienten (Oberfläche im Sommer warm), welche zur Ausprägung von Dichtegradienten führen. Wasser hat bei 4°C seine größte Dichte. Sie nimmt folglich mit Erwärmung oder Abkühlung ab. Flache Gewässer sind der Einwirkung des Windes ausgesetzt und sind deshalb oft ganzjährig durchmischt.

# Morphometrie - Schichtung von Seen und Talsperren

ungeschichteter Flachsee, polymiktisch



geschichtete Trinkwassertalsperre, dimiktisch



Epilimnion

Metalimnion

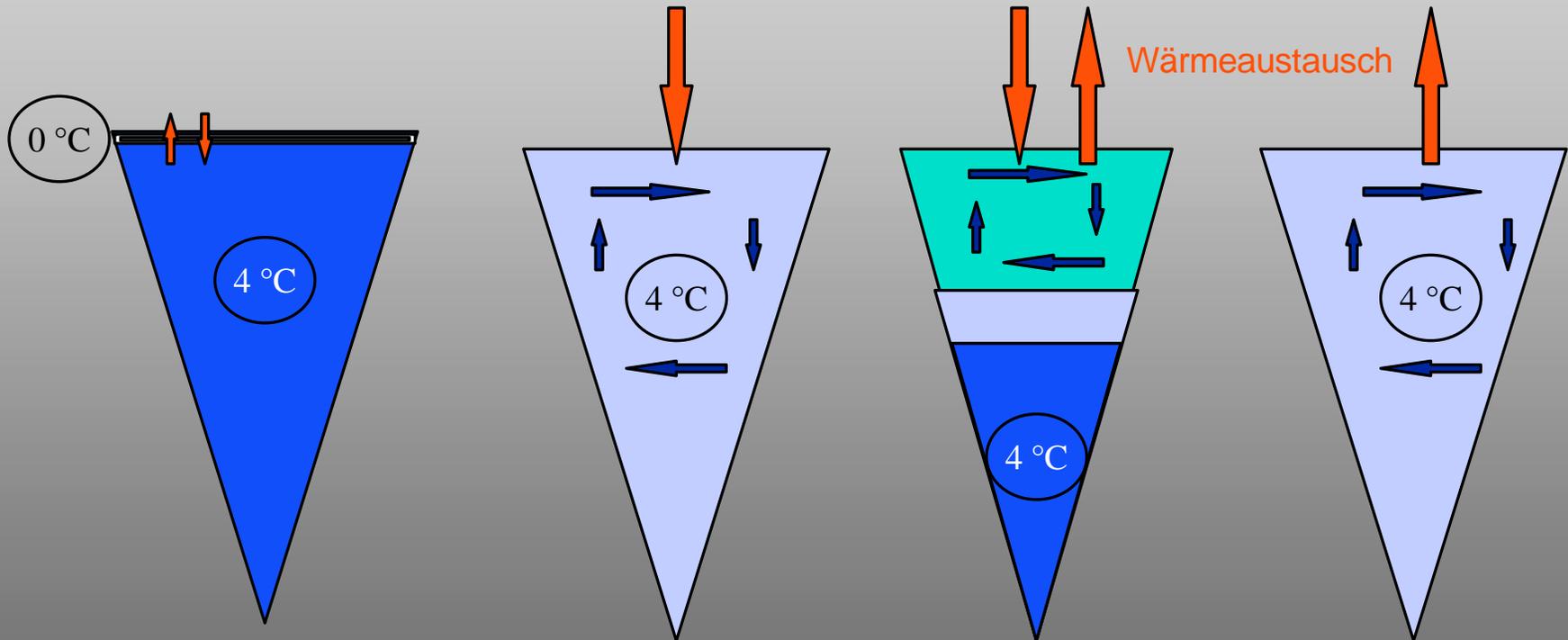
Hypolimnion

## 2.1.2 Limnophysik - Schichtungsverhalten tiefer Talsperren im Jahresverlauf

**Aufgrund der temperaturbedingten Dichtegradienten kommt es mit zunehmender Abkühlung unter 4°C zur Ausprägung der Winterstagnation, während es mit zunehmender Erwärmung über 4°C zur Sommerstagnation kommt. Zu dieser Zeit hat das Tiefenwasser keinen Kontakt zu Oberfläche, der Eintrag von Sauerstoff ist zum Beispiel nicht möglich.**

# Schichtungsverhalten tiefer Trinkwassertalsperren im Jahresverlauf

Windrichtung / -stärke



Winterstagnation

Frühjahrszirkulation

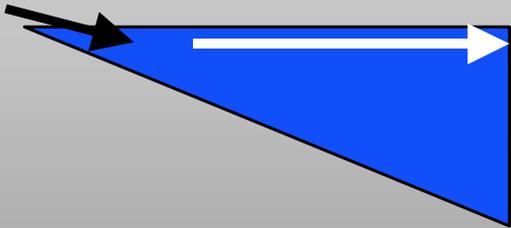
Sommerstagnation

Herbstzirkulation

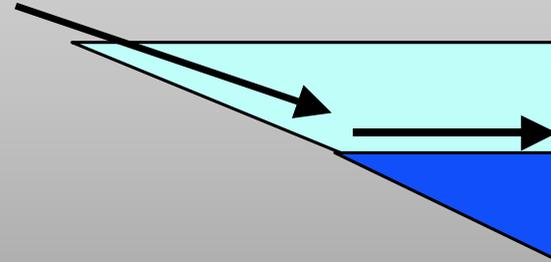
## 2.1.3 Limnophysik - Einschichtung des zufließenden Wassers

Der Staukörper großer Standgewässer reagiert aufgrund der großen Wärmekapazität auf Temperaturveränderungen in der Umgebung träger als das Wasser der zufließenden Gewässer. Aufgrund der dadurch entstehenden Dichtegradienten kommt es zu typischen Einschichtungsmustern der Zuflüsse. Vor allem im Hochwasserfall kann der Impuls des zufließenden Wassers so stark sein, daß es in kurzer Zeit bis zum Absperrbauwerk gelangt.

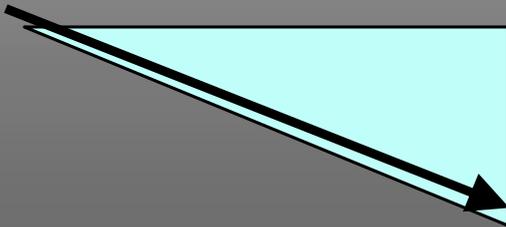
# Einschichtung von Zuläufen in geschichtete Talsperren Beispiele



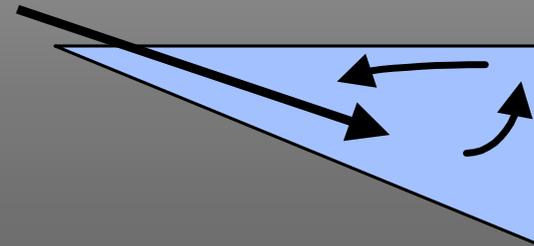
Beginn Frühjahrszirkulation



Sommerstagnation



Beginn Herbstzirkulation

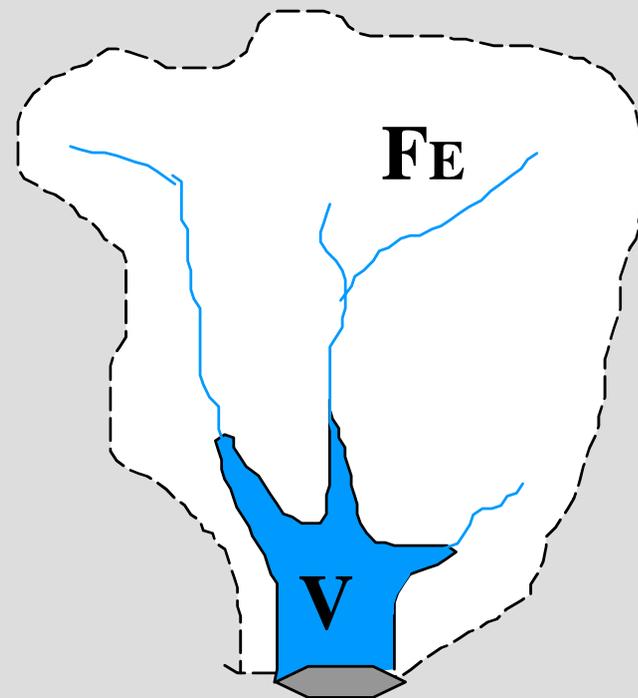
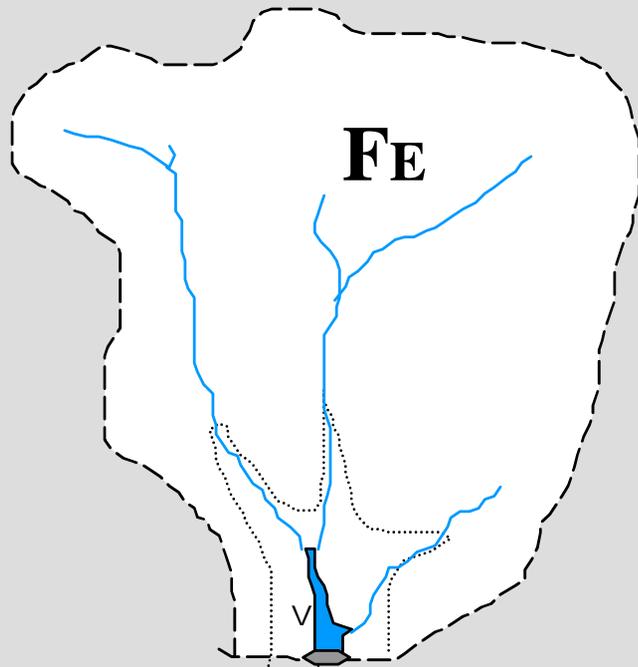


Vollzirkulation

## **2.1.4 Limnophysik - Einfluß des Beckenvolumens und der Einzugsgebietsgröße auf die Wasserqualität**

**Je größer das Einzugsgebiet ist, um so größer ist der Nährstoffanteil, der pro Volumeneinheit den Wasserkörper belastet: Die natürlich gegebene Grundbelastung wirkt sich somit bereits je nach Morphologie von Wasserkörper und Umgebung aus.**

# Einzugsgebiet und Beckengröße - Einfluß auf die Wasserqualität



## Beschaffenheitsklasse

Einzugsgebiet/ Gewässervolumen  $\text{km}^2/10^6 \text{ m}^3$

1

2

3

4

<3

<5

<10

>10

Einzugsgebiet/Gewässerfläche

<30

<50

<300

>300

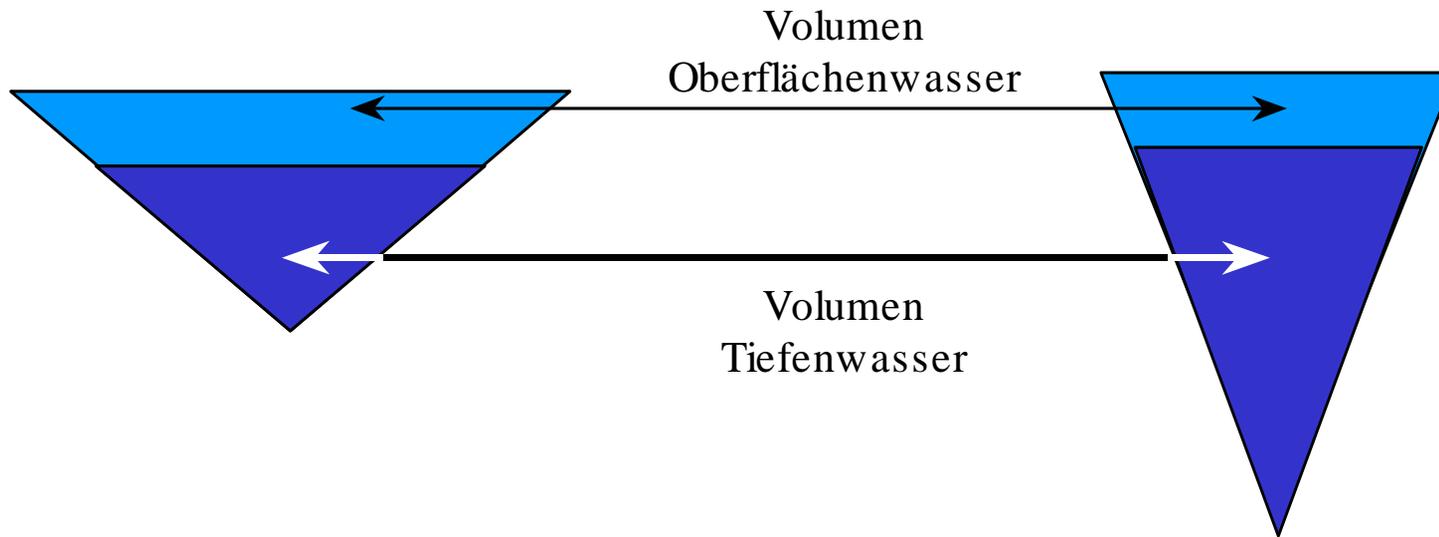
TGL 27885/1

## 2.1.5 Limnophysik - Einfluß der Form und Größe des Beckens auf die Wasserqualität

**Der Bereich des Tiefenwassers, in dem Biomasse abgebaut wird, wird mit zunehmender Tiefe größer. Darüber hinaus wird der Flächenanteil, mit dem das zirkulierende Wasser in Berührung kommt kleiner, wodurch der Einfluß des Sediments (Nährstoffe, Schadstoffe) abnimmt.**

# Beckenmorphologie

## Einfluß auf die Wasserqualität



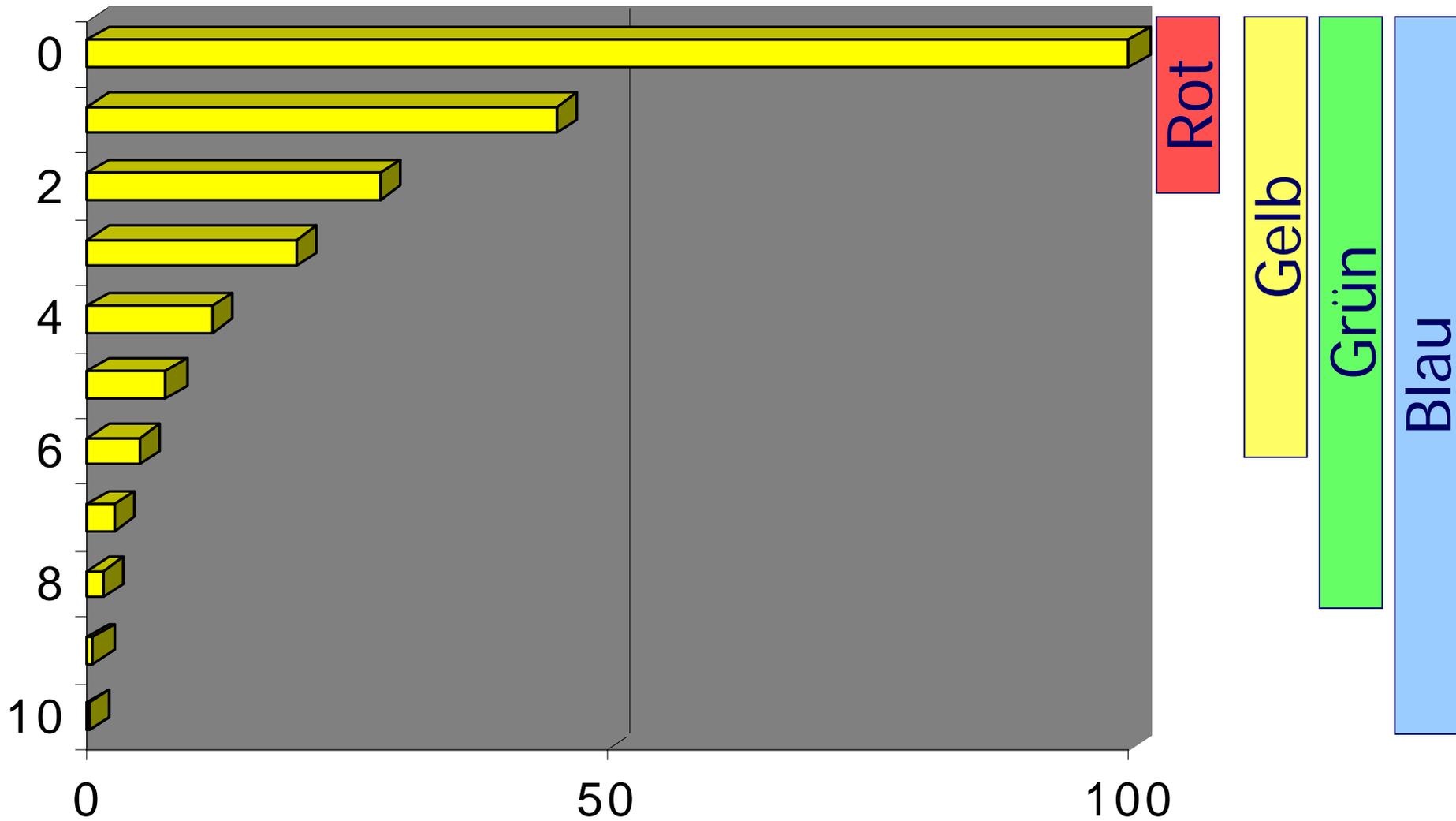
<b>Beschaffenheitsklasse</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>maximale Tiefe</b>	<b>&lt; 30</b>	<b>&lt; 20</b>	<b>&lt; 20</b>
<b>mittlere Tiefe</b>	<b>&lt; 15</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>&lt; 10</b>
<b>Volumen Tiefenwasser/Oberflächenwasser</b>	<b>&gt; 1,5</b>	<b>&gt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>

## 2.1.6 Limnophysik - Tiefenverteilung des Lichts im Wasserkörper

**Das Licht wird im Wasser absorbiert und gestreut. Je nach Wasserqualität nimmt somit der Anteil des Lichts, bezogen auf den Ausgangswert ab (Extinktion). Unterschiedliche Wellenlängen werden unterschiedlich stark zurückgehalten. Blau dringt in reinem Wasser am tiefsten ein.**

# Prozentuale Tiefenverteilung des Lichts im Wasser (schematisiert)

Wassertiefe [m]



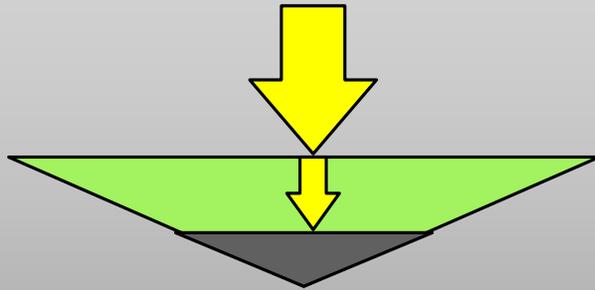
■ Licht [%]

## 2.1.7 Limnophysik - Anteilige Verteilung des Lichts im Wasserkörper

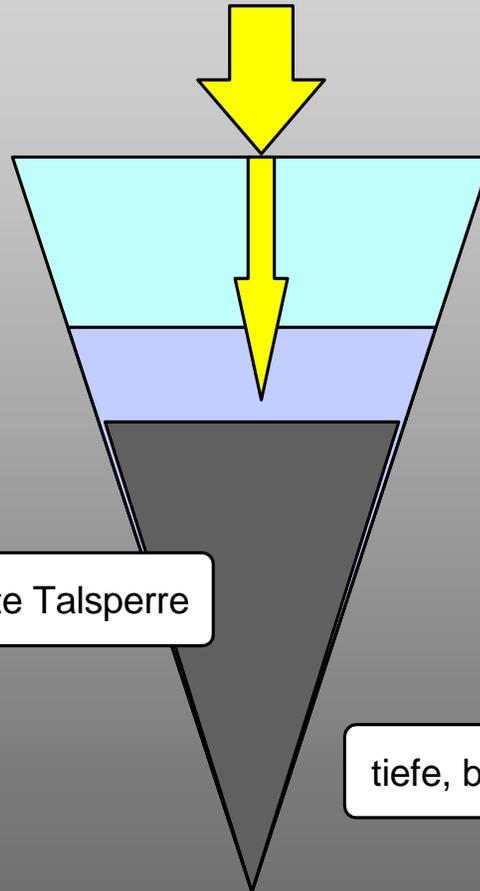
**In dem Bereich, welcher vom Licht durchflutet wird, ist Algenwachstum möglich. Somit wird der Bereich, in welchem nur Biomasse abgebaut wird, mit zunehmender Tiefe und Trübung größer. Für unterschiedlich geformte Becken bedeutet dies, daß der produktive Bereich gegenüber der Abbauzone unterschiedlich groß ist, was schließlich zu unterschiedlichen Qualitäten führt.**

**Faustregel: produktive Zone = 2 1/2-fache  
Sichttiefe**

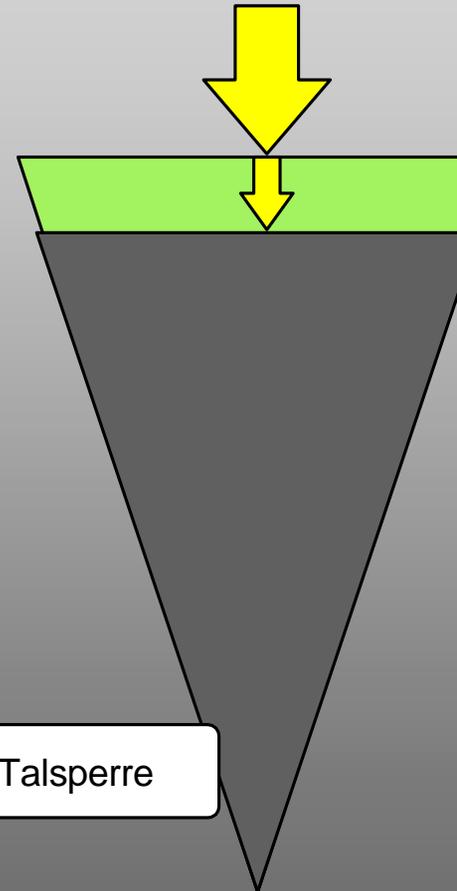
# Eindringtiefe des Lichts in den Wasserkörper von Talsperren



ungeschichteter Flachsee



tiefe, unbelastete Talsperre



tiefe, belastete Talsperre

autotrophe Produktion

intensive, autotrophe Produktion

Biomasseabbau

## 2.2.1 Limnochemie - Ionen, Gase und Gleichgewicht

In jedem natürlichen Wasser sind bereits - unabhängig von menschlichen Aktivitäten - Salze und Gase gelöst, die miteinander in chemischen Gleichgewichten stehen. Durch chemische, biologische und auch physikalische Prozesse (Beispiel Erwärmen) werden diese Gleichgewichte verändert. Wird zum Beispiel kalkhaltiges Wasser (viel gelöstes Calciumhydrogencarbonat) erhitzt, setzt sich Kalk (Calciumcarbonat) ab, weil die zugehörige Kohlensäure ausgetragen wird.

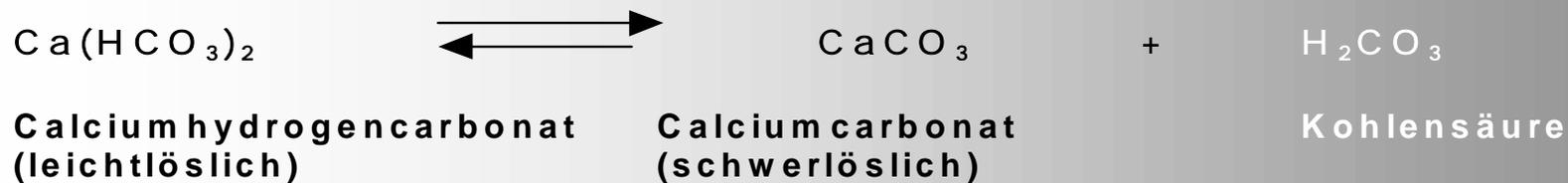
# Wichtige, in natürlichem Wasser vorkommende An- und Kationen

Kationen	Anionen
Natrium ( $\text{Na}^+$ )	Hydrogenkarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	Chlorid ( $\text{Cl}^-$ )
Kalium ( $\text{K}^+$ )	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

# Wichtige in natürlichem Wasser gelöste Gase und ihre Herkunft

Bezeichnung	Herkunft
Sauerstoff ( $\text{O}_2$ )	Atmosphäre, Photosynthese
Stickstoff ( $\text{N}_2$ )	Atmosphäre, bakterielle Aktivität
Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )	Atmosphäre, Atmung
Methan ( $\text{CH}_4$ )	bakterielle Aktivität
Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ )	bakterielle Aktivität

# Das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht



## 2.2.2 Limnochemie - Natürlicher Ionenhaushalt - typische Wasserarten

Entsprechend dem jeweiligen Anteil von im Wasser gelösten Salzen gibt es typische Wasserarten. Sie unterscheiden sich vor allem im Hinblick auf ihre Pufferkapazität gegenüber dem Eintrag gelöster Substanzen und in ihrem Verhalten gegenüber Materialien und Werkstoffen.

# Ionenhaushalt und charakteristische Wasserarten

## Hartes Wasser

### Ursache:

Lösungsprozesse Einzugsgebiet, Sedimentgesteine (Muschelkalk,)

### Charakteristik:

hohe el. Leitfähigkeit, Calcium, Magnesium, Sulfat, Natrium, Chlorid..(Kohlensäure) geringe Härte

### Chemisches Verhalten:

gutes Pufferungsvermögen, oft Kalkabscheidend

Gesundheitlicher Wert: meist gut

Haushalt: Waschen, Teetrinken beeinträchtigt

## Weiches Wasser

### Ursache:

Urgestein im Einzugsgebiet, keine Rücklösung (Schiefer, Porphy, Granit)

### Charakteristik:

geringe el. Leitfähigkeit, geringe Karbonat- und Gesamthärte

### Chemisches Verhalten:

geringes Pufferungsvermögen, kalklösend, metallaggressiv

Gesundheitlicher Wert: Gefahr von Metallrücklösungen bei ungenügender Aufbereitung und nicht sachgemäßer Installation

Haushalt: geringer Waschmittelverbrauch

z. B. :

Speicher Greußen, Thüringer Becken  
44°dH, LF 3700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 140 mg  $\text{Ca}^{2+}$

Ohra-Talsperre, Thüringer Wald  
2°dH, LF 95  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 5 mg  $\text{Ca}^{2+}$

## 2.2.3 Limnochemie - Praktische Bedeutung des natürlichen Ionenhaushaltes

Der natürliche Ionenhaushalt bestimmt, welche Wirkung das Wasser auf Untergrund, Baumaterialien und Armaturen ausübt. Dies ist einerseits für die Betriebssicherheit von technischen Anlagen von Bedeutung und andererseits für die Qualität des über Rohrleitungen und Behälter verteilten Wassers.

## Praktische Bedeutung des natürlichen Ionenhaushalts

### Talsperre / Rohwasser

Verhalten gegenüber natürlichem Untergrund im Einzugsgebiet

Verhalten gegenüber Talsperren-Sediment

Bauwerkssicherheit

Schichtungsverhalten, Einschichtung von Kurzschlußströmungen

### Wasseraufbereitung / Leitungsnetz

Einstellung des Flockungs-pH

Aufbereitungsschritte:  
Entsäuerung  
Aufhärtung

Aggressivität gegenüber:  
Metallwerkstoffen  
Asbestzement-Auskleidungen  
Armaturen

Kalkabscheidend in:  
Heißwasseranlagen, Kühlkreisläufen

### Trinkwasser

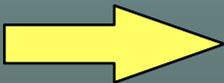
Einsatz von Werkstoffen in Hausinstallation gemäß Trinkwasserverordnung

Kupfer  
Blei  
Eisen

Vorsicht bei Eigenwasserversorgung!

Untere pH-Grenze individuell bestimmen

geschmackliche Unterschiede



**Lösung / Abscheidung von Schadstoffen**

## 2.3 Schadstoffe und Krankheitserreger

Schadstoffe und Krankheitserreger, die durch menschliche Aktivitäten ins Wasser gelangen können, dürfen im Trinkwasser und im Rohwasserressourcen nicht enthalten sein (vergl. § 1 TrinkwVO). Die folgenden Beispiele umfassen nur einen Bruchteil der in der Umwelt und im Wasser relevanten Inhaltsstoffe und Erreger.

# Schadstoffe und Krankheitserreger

Wirkungen

akut toxisch  
chronisch toxisch  
canzerogen  
mutagen  
teratogen  
infektiös  
unbekannt

## Organische Inhaltsstoffe

**PAK** (Verbrennungsprozesse, Reifenabrieb - cancerogen)

**THM und LHKW** (Lösemittel, Trinkwasserchlorung,- toxisch und cancerogen)

**PSM** (Insektizide, Herbizide, Fungizide)  
Triazine  
Harnstoffderivate  
Organochlorpestizide  
Carbamate  
Phenoxy-carbonsäuren

## Anorganische Inhaltsstoffe

### Schwermetalle:

Arsen (geogen, toxisch)  
Blei (Installation chronisch toxisch)  
Cadmium (geogen, Industrie, Raucher, chronisch toxisch)  
Chrom (Industrie, toxisch)  
Quecksilber (Industrie, toxisch)

**Cyanide** (Industrie, toxisch)

**Nitrat** (s. Nährstoffe)  
(Landwirtschaft, akut und chronisch toxisch)

## Krankheitserreger

### Bakterien:

pathogene *E. coli* (Enteritis, Colitis)  
*Salmonella thyphi* (Typhus)  
*Shigella* (Ruhr)  
*Vibrio cholerae* (Cholera)  
*Legionella pneumophila*

### Viren:

Enteroviren (Hepatitis)  
Rotaviren (Colitis Säuglinge)

### Protozoen

*Cryptosporidium parvum* (Colitis)  
*Giardia intestinalis* (Colitis)  
*Entamoeba histolytica* (Colitis)



Wichtige Beispiele



## 2.4.1 Hydrobiologie - Glieder der Nahrungskette und deren Funktion

Ähnlich wie in Landökosystemen gibt es auch im Ökosystem Wasser Produzenten, welche sich von mineralischen Nährstoffen ernähren (Algen = Pflanzen). Diese Produzenten werden konsumiert und schließlich wird die gebildete Biomasse von Bakterien wieder mineralisiert. - Der Kreislauf ist geschlossen.

# Aquatische Lebensformen im Freiwasser - Nahrungsnetz

Produzenten  
Phytoplankton



Konsumenten 1. Ordnung  
Zooplankton



Konsumenten höherer Ordnung  
Zooplankton, Fische



Destruenten  
Bakterien



Aufnahme gelöster, mineralisierter Nährstoffe, Produktion von Biomasse  
Algen und Cyanobakterien, Zellen, Zellfäden, Kolonien, 5 - 500 µm

Aufnahme der Algenbiomasse, Überführung in größere Partikel unter Energieverlust  
Ciliaten, Rädertiere, Kleinkrebse, 100 µm - 3 mm

Aufnahme der Zooplanktonbiomasse, Überführung in größere Partikel unter Energieverlust  
Kleinkrebse, Insektenlarven, Friedfische, Raubfische, 3 mm - 3 m



Mineralisierung toter organischer Substanz  
Zellulose, Stärke, Fette, Eiweiße zu CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, PO<sub>4</sub>

## 2.4.2 Hydrobiologie - Grundlagen der Primärproduktion

Jede lebende Zelle besteht aus den Grundelementen C,H,O,N,S und P. Nur wenn alle verfügbar sind, können Zellen wachsen. Phosphor ist in natürlichen Gewässern limitiert, ihm kommt somit eine Schlüsselrolle zu ("Zünglein an der Wage). Die Pflanze (Alge, Primärproduzent) nimmt mineralische Verbindungen auf und baut sie zu eigener Biomasse auf. Dazu benötigt sie Energie (Licht - Photosynthese, autotroph). Tiere beziehen ihre Energie aus der Nahrung (heterotroph).

# Grundbausteine des Lebens -

**alle** Nährstoffe müssen zu bestimmten Anteilen verfügbar sein

C

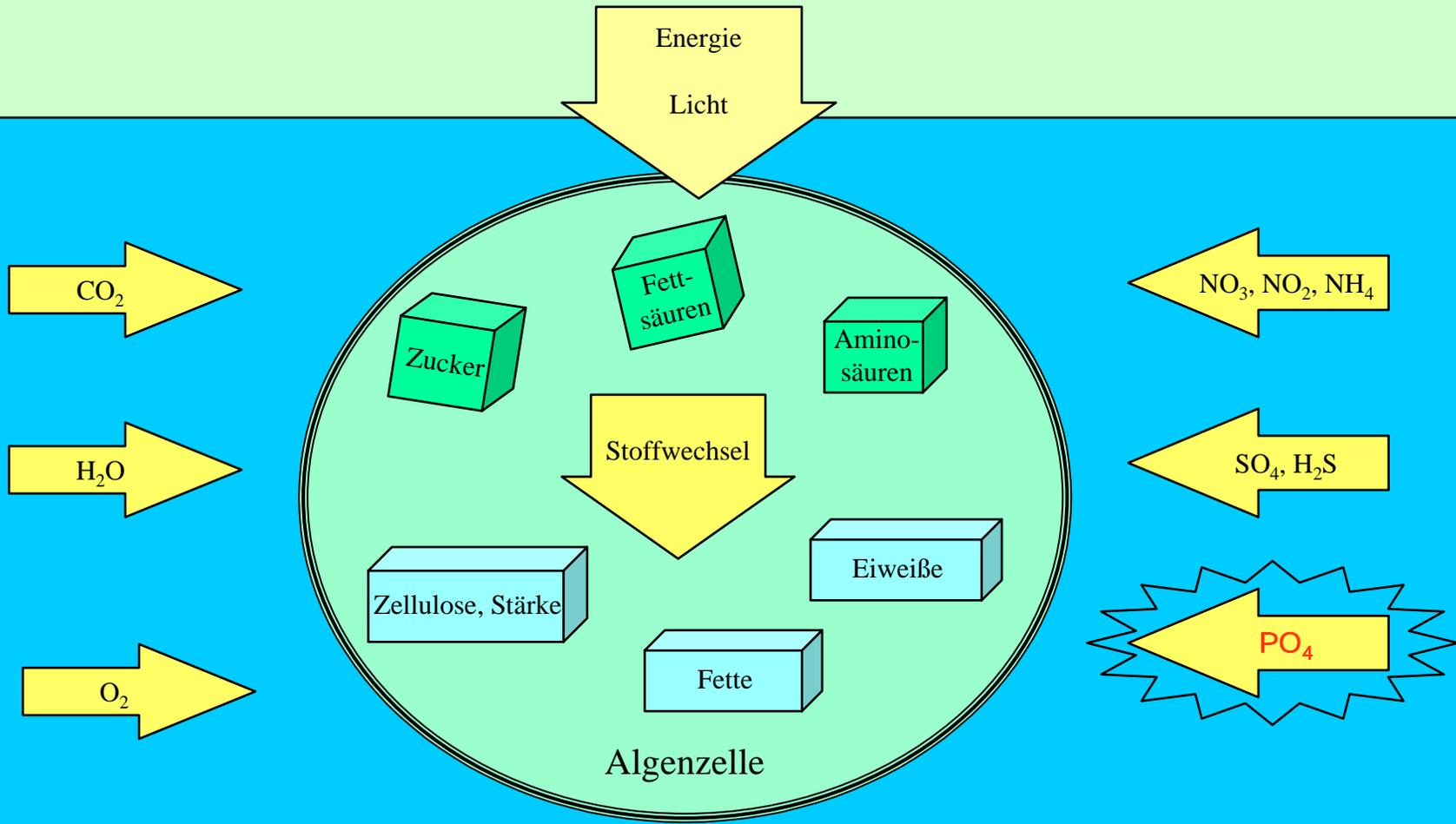
H

O

N

S

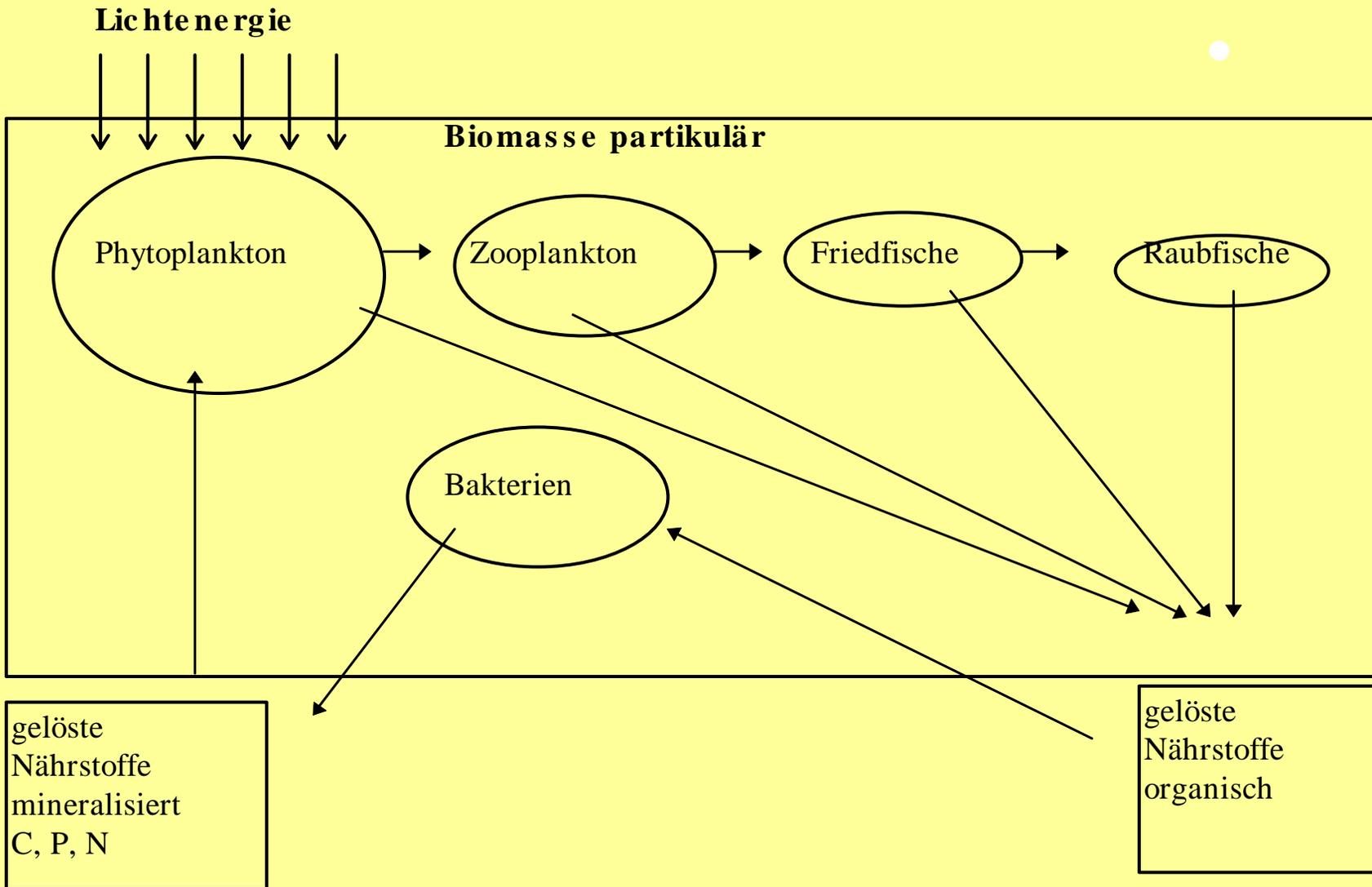
P



## 2.4.3 Hydrobiologie - Stoff- und Energieströme im Freiwasser

**Der Großteil der Biomasse liegt im Freiwasser in Form von Phytoplankton vor. Diese energiereiche Biomasse wird konsumiert. Somit erfolgt ein Energie- und Massestrom zu den nächsten Gliedern der Nahrungskette. Durch Atmung und Exkretion geht der Nahrungskette bei jedem Schritt Energie und Masse verloren (wird freigesetzt).**

# Stoff- und Energieströme im Freiwasser



## 2.4.4 Hydrobiologie - Nährstoffe, Kohlenstoff-Bindungsformen

Der Kohlenstoff liegt im Wasser in organisch- und anorganisch gebundener Form vor. Die Kohlensäure ist die C-Quelle für das Phytoplankton. Organisch gelöste Kohlenstoffverbindungen sind die Nahrungsgrundlage für heterotrophe Bakterien. Anteilig überwiegt der anorganische Kohlenstoff.

# Kohlenstoff im Wasser

## anorganisch gelöster K., DIC

### Formen:

$\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , pH-abhängig  
und freies  $\text{CO}_2$

$\text{CH}_4$  (Methan): anaerober Abbau -  
Oxidation zum  $\text{CO}_2$  bei Sauerstoff

### Eintrag:

Atmosphäre, Atmung

### Austrag:

Kalkfällung, Photosynthese

## organisch gelöster K. - DOC

### Formen:

Stoffgemisch aus verschiedenen  
leicht- und schwerabbaubaren  
Verbindungen

AOC - leicht abbaubar  
Huminstoffe - schwer abbaubar

### Eintrag:

Hochmoore  
Abwasser  
mikrobiologischer Biomasseabbau

### Entzug:

Aufnahme in Biomasse

## partikulär organisch gebundener K., POC

### Formen:

lebende und tote Organismen,  
Detritus

### Eintrag:

Bioproduktion

### Entzug:

Biomasseabbau

### Analytik:

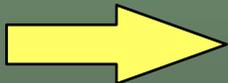
TOC : gesamter organisch geb. C

TIC: gesamter anorganisch geb. C

TC: gesamter Kohlenstoff

BSB: biochemischer Sauerstoffbedarf

CSB: chemischer Sauerstoffbedarf



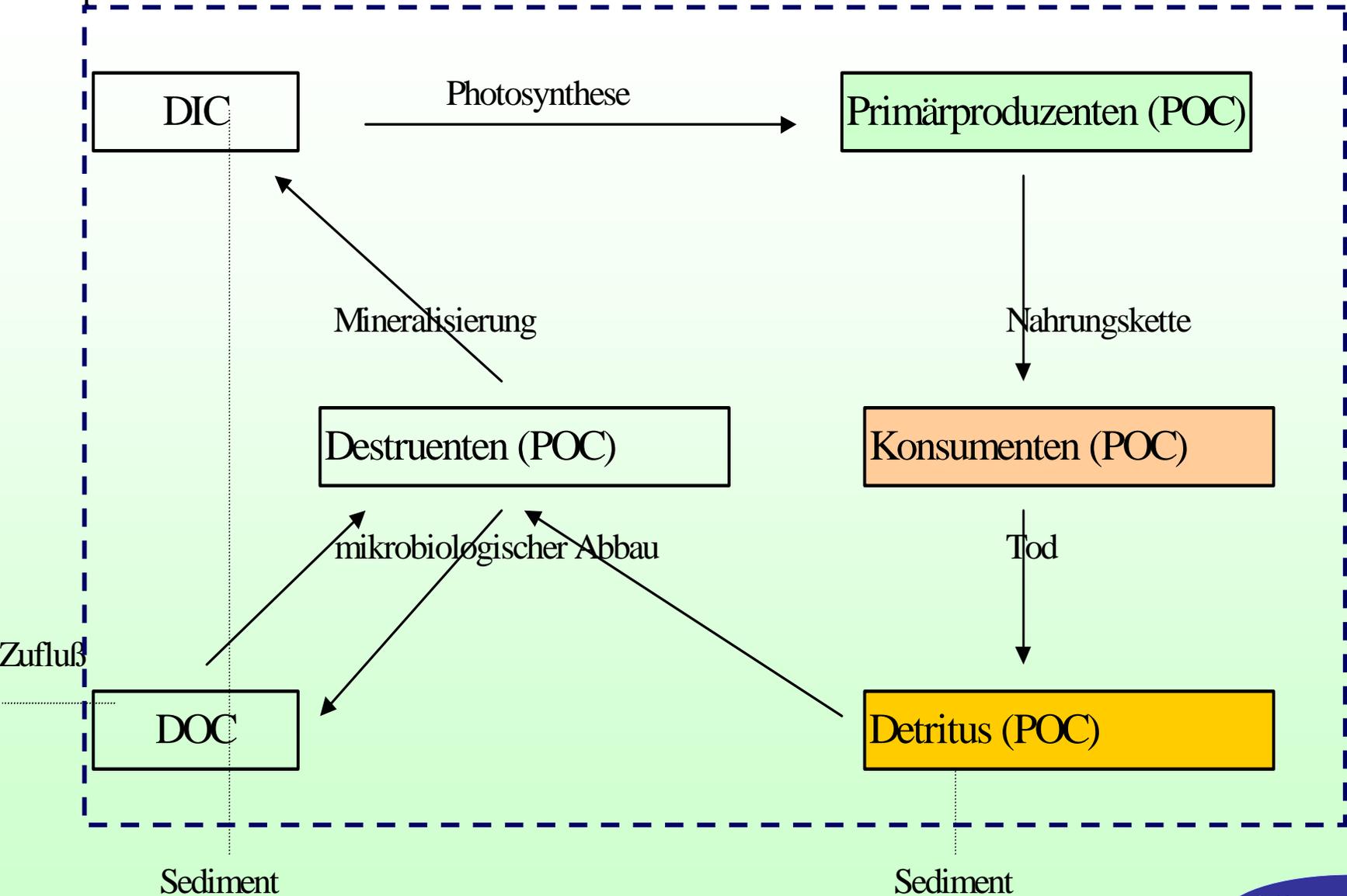
**Nährstoff, in der Regel ausreichend verfügbar**

## 2.4.5 Hydrobiologie - Nährstoffe, Kohlenstoff - Kreislauf im Standgewässer

Ein Großteil des Kohlenstoffs gelangt aus der Atmosphäre als  $\text{CO}_2$  ins Wasser. Durch die Aufnahme in Algenbiomasse (Photosynthese) entsteht partikulärer organisch gebundener Kohlenstoff (POC). Dieser kann durch Bakterien (Destruenten) zu Kohlensäure oder organisch gebundenen Kohlenstoff (DOC) abgebaut werden. DOC kann darüber hinaus über Abwasser oder in Form von Huminstoffen (Moore) ins Wasser gelangen.

# Kohlenstoffkreislauf im Freiwasser

Atmosphäre



## 2.4.6 Hydrobiologie - Nährstoffe, Organische Kohlenstoffverbindungen als Ausgangsstoffe für Chlororganika

Organische Kohlenstoffverbindungen, die aufgrund von Abwassereinträgen ins Wasser gelangen oder im Wasser gebildet werden, können im Zusammenhang mit der Trinkwasserdesinfektion tumorfördernde Trihalogenmethane (z. B. Chloroform) bilden. Der Grenzwert laut Trinkwasserverordnung beträgt 10 µg/l.

# Organische Kohlenstoffverbindungen - Präkursoren für Haloforme (Trihalogenmethane)

**kommunale und gewerbliche Abwässer**

Kohlehydrate, Eiweiße, Fette, organische Säuren (gut abbaubar) gelöst

Tenside,, Pestizide, PCB, Phenole, Kohlenwasserstoffe, PAK

**Abbauprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft**

Huminsäuren (aromatisches Grundgerüst mit organischen und anorganischen Gruppen)  
Lignin, Ligninsulfonsäuren, schwer abbaubar

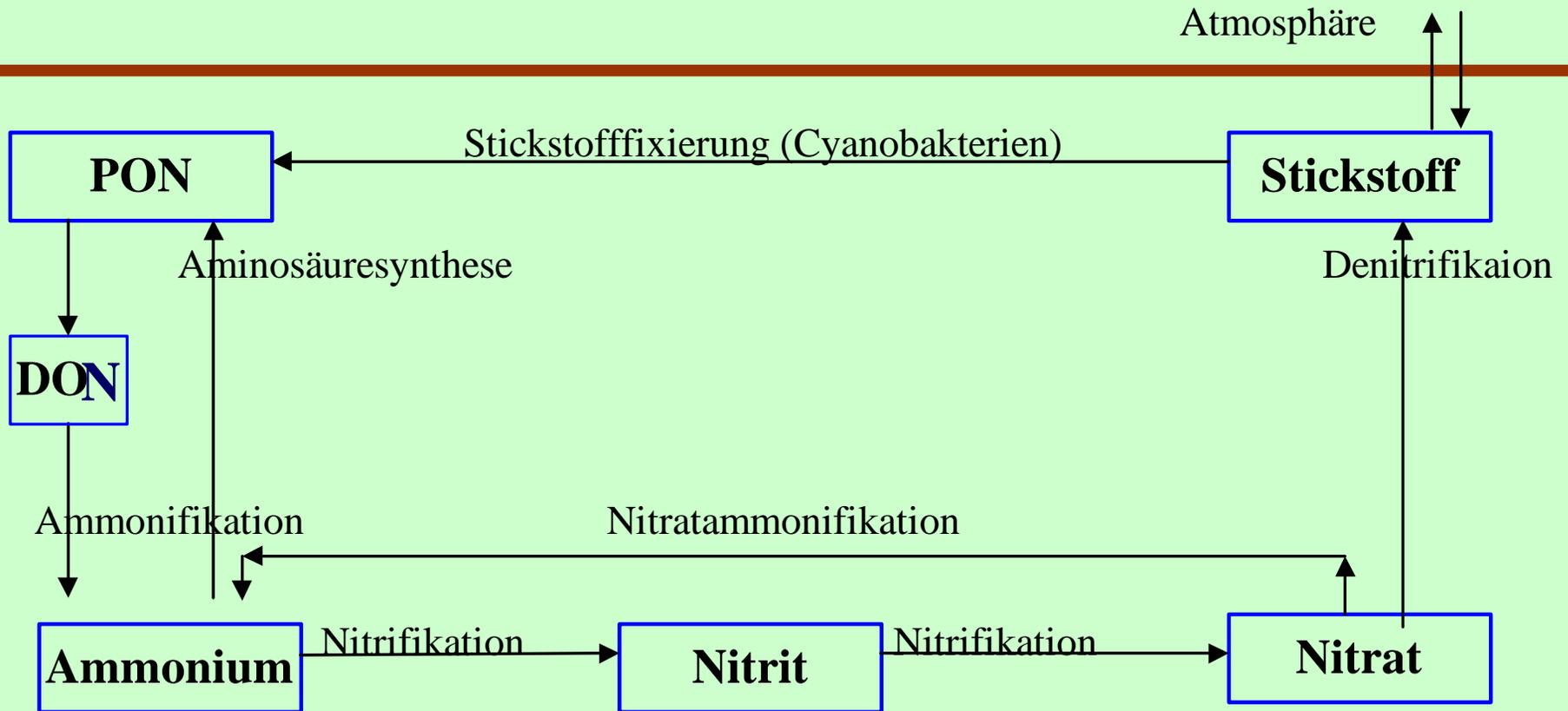
**algenbürtige Substanzen**

Kohlehydrate, Eiweiße, Fette, organische Säuren (gur abbaubar) gelöst

## 2.4.7 Hydrobiologie - Nährstoffe, Stickstoff-Kreislauf und Bindungsformen

Ein Großteil des Stickstoffs gelangt über den Austrag von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Form von Nitrat in die Gewässer. Er ist ein Pflanzennährstoff, der in Abhängigkeit von dem Sauerstoffgehalt in verschiedenen Bindungsformen vorliegt.

# Stickstoffkreislauf im Freiwasser und wichtige Bindungsformen



- PON = SON, partikulär, organisch
- DON gelöst, organisch

## Bezeichnung

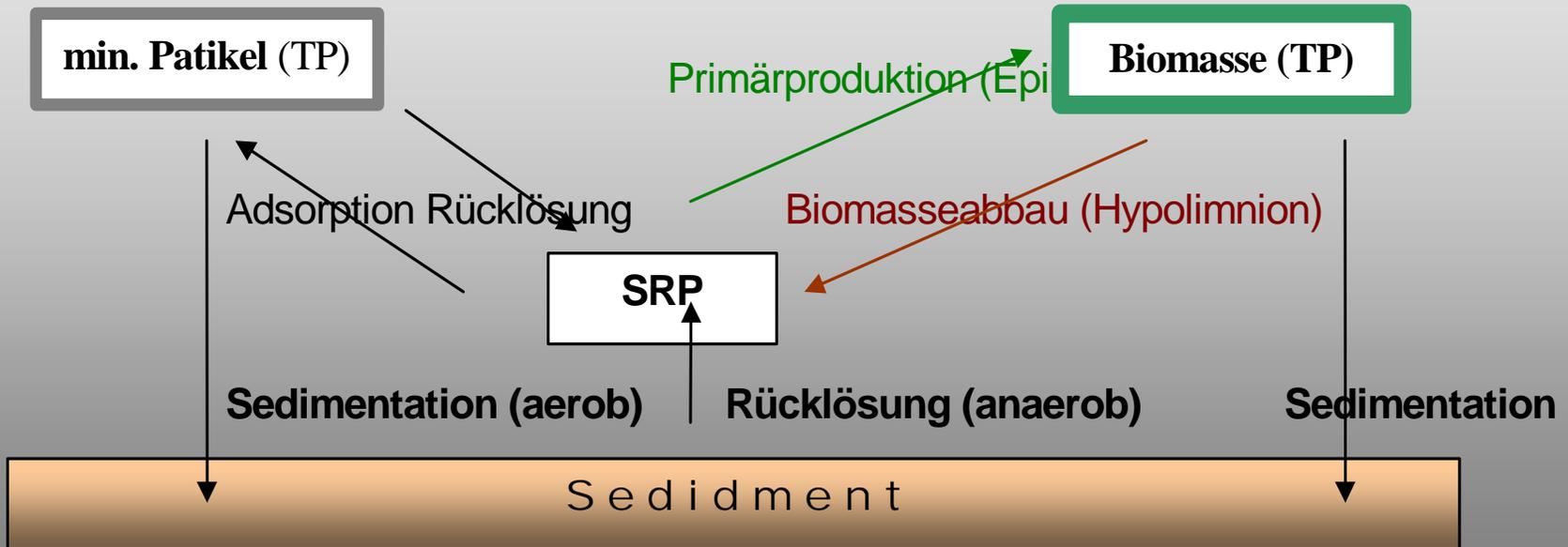
## Oxidationsstufe

Nitrat (Ion)	$\text{NO}_3^-$	+ 5
Nitrit (Ion)	$\text{NO}_2^-$	+ 4
Stickstoff, elementar	$\text{N}_2$	0
Ammonium (Ion)	$\text{NH}_4^+$	- 3
Ammoniak	$\text{NH}_3$	- 3
organisch geb. N SON		- 3

## 2.4.8 Hydrobiologie - Nährstoffe, Phosphor-Kreislauf

**Phosphor, der relativ fest an Partikel gebunden ist, gelangt als partikulärer Phosphor (diffuse Einträge von Flächen) oder als gelöster Phosphor (SRP) aus Abwässern ins Wasser. Der gelöste Phosphor ist sofort pflanzenverfügbar und führt zum Algenwachstum.**

# Phosphorkreislauf im Freiwasser und wichtige Bindungsformen



## ■ Gesamtphosphor (TP, "total phosphorus")

Der TP beinhaltet den gelösten, den partikulären und den nach einem Aufschluß meßbaren gesamten Phosphor-Gehalt. Sowohl mineralisch gebundener Phosphor, als auch organisch gebundener Phosphor (Plankton) werden erfaßt.

## ■ gelöster, reaktiver Phosphor (SRP, "soluble reactive phosphorus")

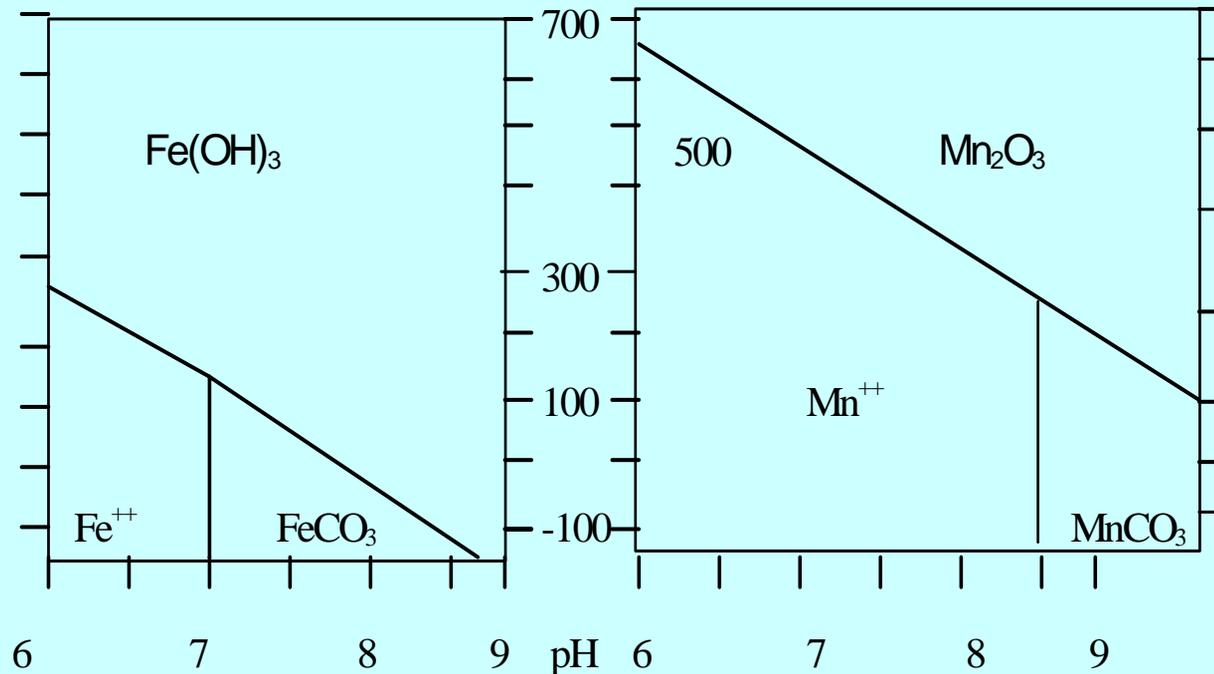
Der SRP passiert ohne Aufschluß eine Porenweite von 0,1 - 0,2 µm und besteht überwiegend aus dem freien Orthophosphat-Ion. Dieses gelöste Orthophosphat kann durch das Phytoplankton direkt genutzt werden und ist somit algenverfügbar.

## 2.4.9 Hydrobiologie - Eisen und Mangan in Abhängigkeit vom Sauerstoffhaushalt

**Eisen und Mangan stellen zwar keine direkten Nährstoffe dar, lösen sich aber in enger Abhängigkeit von der Bioproduktion aus dem Sediment. Mit abnehmendem Sauerstoffgehalt (Tiefenwasser, Ende der Sommerstagnation) und pH-Wert werden Eisen und Mangan reduziert und gehen in lösliche Formen über.**

# Stabilität von Eisen- und Mangan in einem Standgewässer

**Eisen**      Redoxpotential (mV)      **Mangan**



**Fe(OH)<sub>3</sub> und Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
unlöslich**

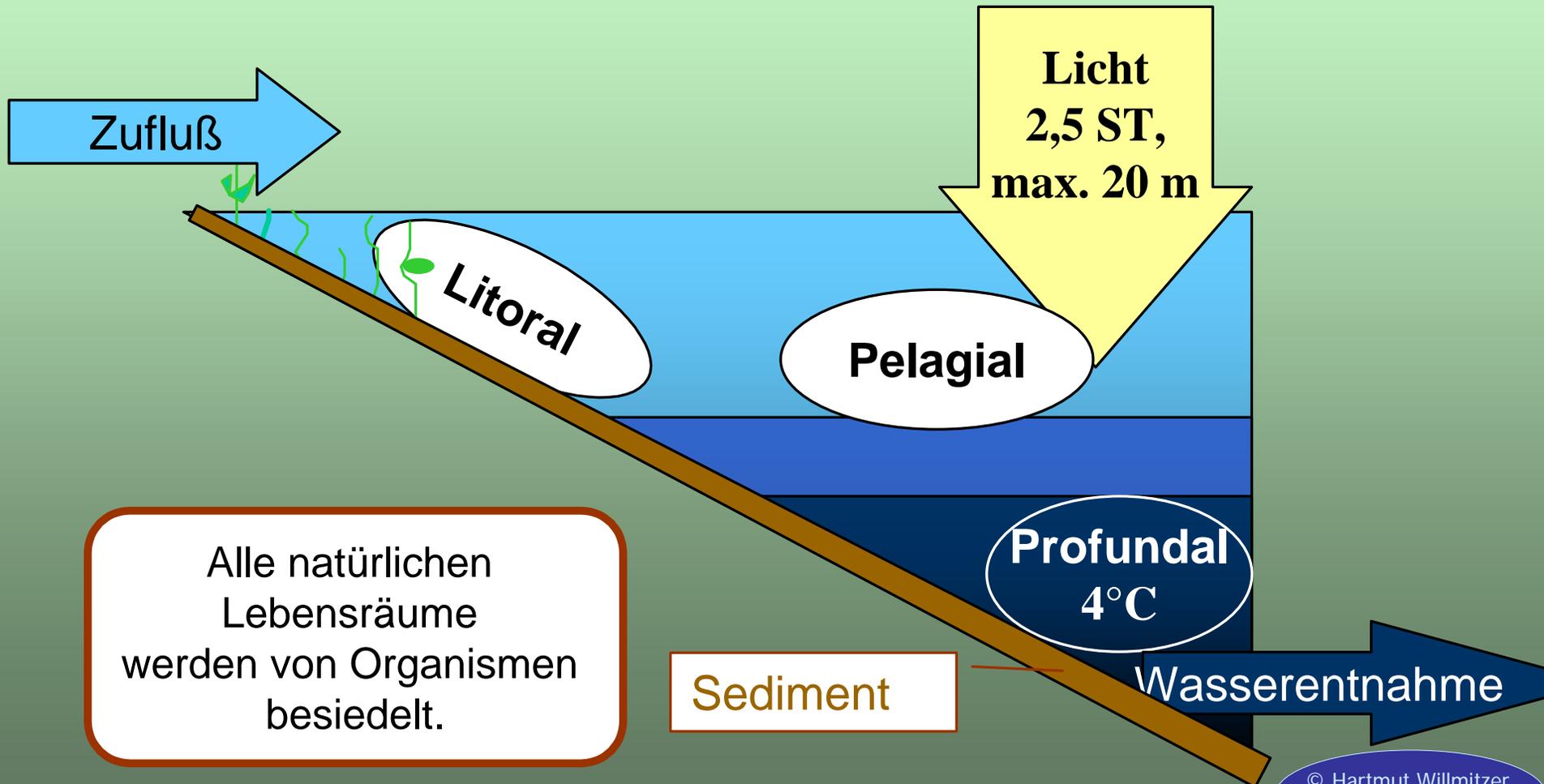
**Fe<sup>++</sup> und Mn<sup>++</sup>  
löslich**

## 2.4.10 Hydrobiologie - Wirkung von Organismen auf die Wasserqualität - Besiedlungsräume einer Talsperre

Der gesamte Wasserkörper und der Boden einer Talsperre wird mit Organismen besiedelt. Die Organismendichte richtet sich nach der Menge der eingetragenen und im System befindlichen Nährstoffe. [ST = Sichttiefe]

- Litoral = ufernaher Bereich
- Pelagial = Freiwasser
- Profundal = Tiefenwasser

# Die Besiedlungsräume einer tiefen Talsperre

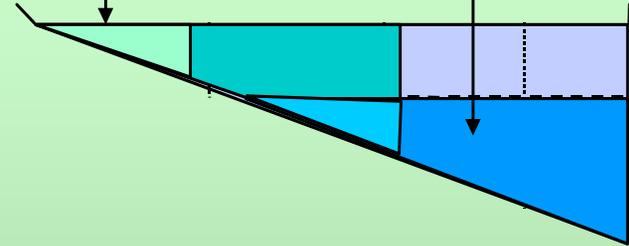


## 2.4.11 Hydrobiologie - Wirkung von Organismen auf die Wasserqualität - Verteilung in Raum und Zeit

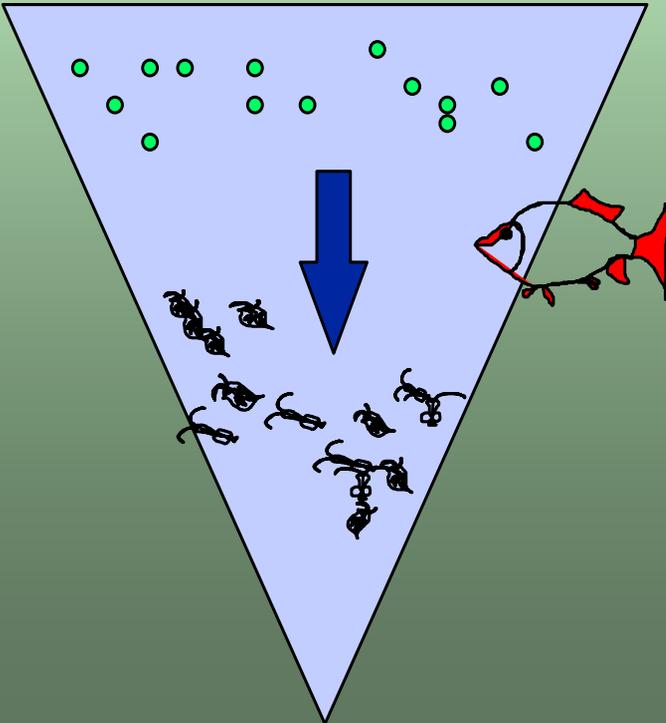
**Die Wasserorganismen sind nicht homogen im gesamten Wasserkörper verteilt, sondern orientieren sich vor allem an der Verfügbarkeit von Energie und Nahrung. Darüber hinaus entwickeln sie Strategien, sich in kurzer Zeit ungünstigen Bedingungen zu entziehen (z. B. Wanderungen).**

# Räumliche und zeitliche Gradienten der Organismenverteilung

Unterschiedliche Algendichte zwischen Stauwurzel und Tiefenwasser

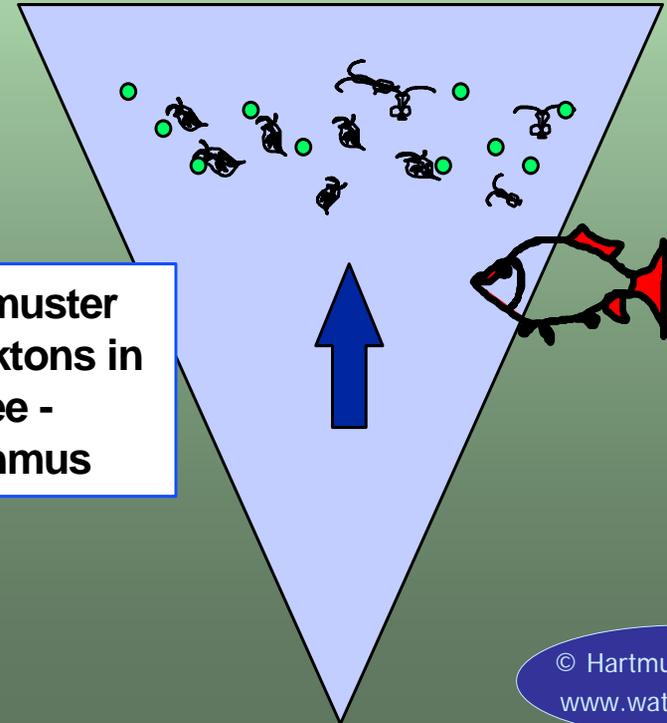


Tag



Verteilungsmuster des Zooplanktons in einem See - Tagesrhythmus

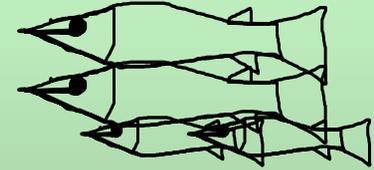
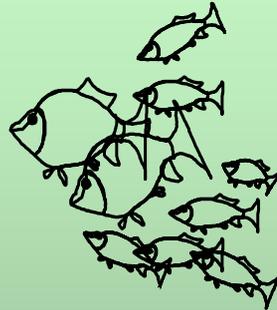
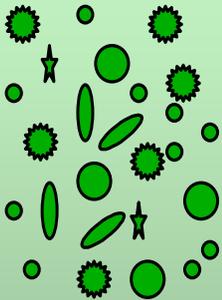
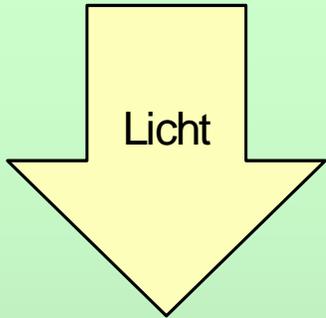
Nacht



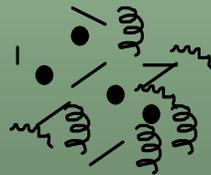
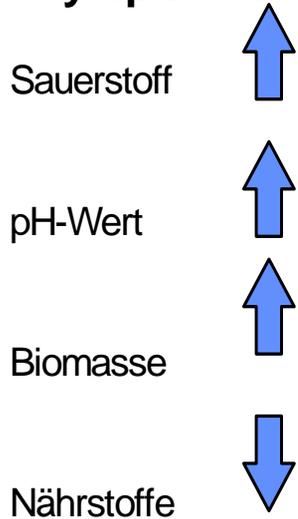
## **2.4.12 Hydrobiologie - Wirkung von Organismen auf die Wasserqualität - direkte Einwirkung unter Lichtgenuß**

**Unter Lichteinwirkung (tagsüber im oberflächennahen Bereich) produzieren die Algen Sauerstoff (Photosynthese). Gleichzeitig verbrauchen sie Kohlensäure, wodurch der pH-Wert steigt. Konsumenten und Bakterien atmen und verbrauchen Sauerstoff.**

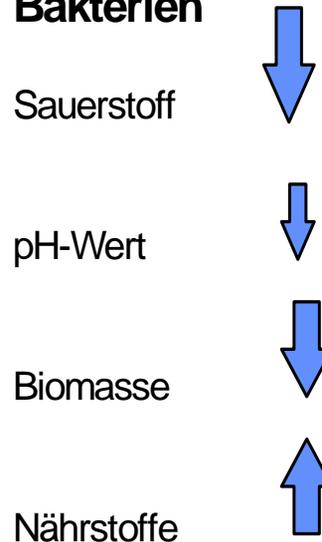
# Einfluß von Wasserorganismen auf wichtige Wasserinhaltsstoffe



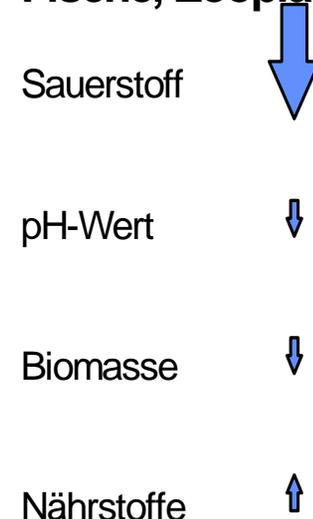
## Phytoplankton



## Bakterien



## Fische, Zooplankton

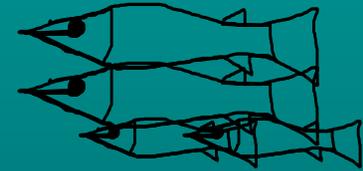
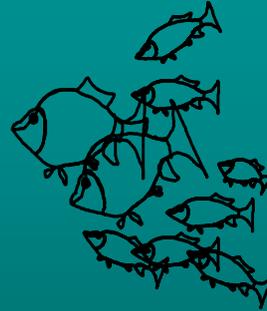
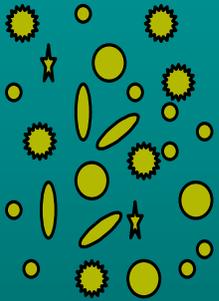


## 2.4.13 Hydrobiologie - Wirkung von Organismen auf die Wasserqualität - direkte Einwirkung im Dunkeln

Nachts und vor allem im Tiefenwasser atmen auch die Algen oder sie sterben sogar ganz ab. Sie stellen eine willkommene Nahrungsgrundlage für Bakterien dar, welche dann intensiver atmen und Sauerstoff verbrauchen. In belasteten Gewässern kommt es somit im Tiefenwasser vor allem gegen Ende der Sommerstagnation zu Sauerstoffmangel, es entstehen die Produkte des anaeroben Abbaus (Ammonium, Schwefelwasserstoff, Eisen- und Manganrücklösungen).

kein Licht  
(Tiefenwasser,  
Nacht)

## Einfluß von Wasserorganismen auf wichtige Wasserinhaltsstoffe

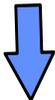


### Phytoplankton

Sauerstoff



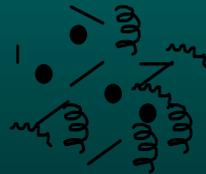
pH-Wert



Biomasse

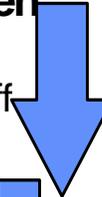


Nährstoffe

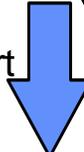


### Bakterien

Sauerstoff



pH-Wert



Biomasse



Nährstoffe



### Fische, Zooplankton

Sauerstoff



pH-Wert



Biomasse



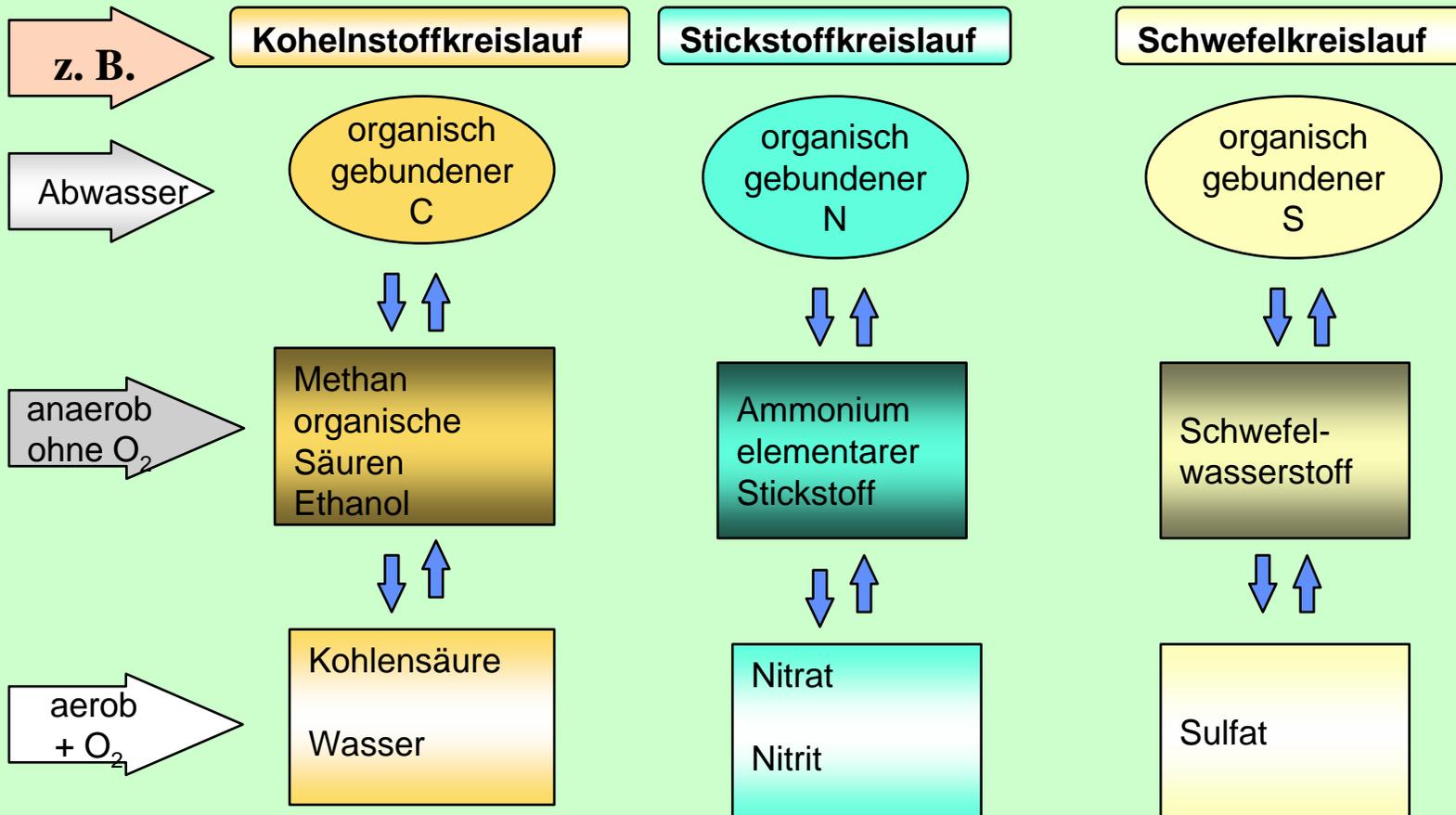
Nährstoffe



## 2.4.14 Hydrobiologie - Wirkung von Organismen auf die Wasserqualität - Bakterien

**Die Stoffumsatzleistungen von Bakterien übertreffen hinsichtlich Vielfalt und Intensität die Leistungen von höheren Organismen (Tiere und Pflanzen) um ein Vielfaches. Natürliche und naturähnliche organische, energiereiche Verbindungen werden von Gewässerbakterien, die nicht zu den Krankheitserregern gehören, zu energiearmen, mineralischen Verbindungen abgebaut. Nur ein kleiner Teil kann nicht vollständig abgebaut werden, zum Beispiel Huminstoffe (Braunfärbung des Wassers).**

# Leistungen von Bakterien im aquatischen Ökosystem



Nahezu jede verfügbare Energiequelle wird in Abhängigkeit vom umgebenden Milieu zum Stoffumsatz durch Bakterien genutzt.

## 3.1 Bewirtschaftung - Wege und Aufgaben der Gütebewirtschaftung

**Das Ziel der Wassergütebewirtschaftung ist die Wahrung oder Wiederherstellung einer hohen Wasserqualität. Voraussetzung ist die umfassende Kenntnis der bestehenden und der zu erwartenden Qualität. Darauf aufbauend können Entscheidungen über sofort zu vollziehende Steuerungshandlungen, über mittelfristige Bewirtschaftungsstrategien und über langfristig wirkende Sanierungskonzepte getroffen werden.**

# Wassergütebewirtschaftung - Wege und Aufgaben

## Operative Steuerung (online)

in Abstimmung mit Trinkwasseraufbereitung (TWA)

Auswahl von Entnahmetiefen des Rohwassers für TWA

Steuerung von Überleitungen und Zuflüssen

Talsperrensteuerung (Überlauf, Grundablaß)

Störfallbekämpfung

Analysenergebnisse

## Überwachung

Erstellung von Überwachungsprogrammen

Vergabe, Kostenplanung

Organisation von Messungen und Probenahmen vor Ort

Organisation Datenaustausch Labor-Versorger - Behörden

Datenverwaltung

Analysenergebnisse

## Bewirtschaftung (mittelfristig)

Optimierung von Füllständen und Pegelständen

Nutzung unterschiedlicher Wasserlamellen

Optimaler Vorsperrenbetrieb

Sanierung (Nahrungsnetzsteuerung, Sedimenberäumung, Nährstoffeliminierung)

Analysenergebnisse

## Berichtswesen

**Wasserabnehmer:**  
aktuelle Ergebnisse, Berichte

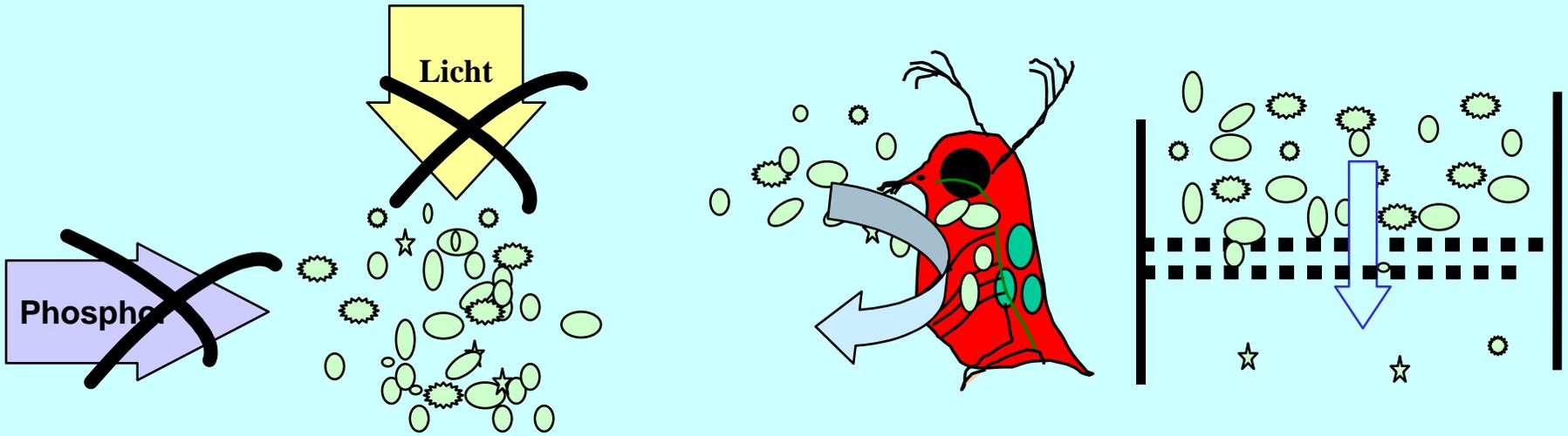
**betriebsintern:**  
Kontrollberichte, Trendanalysen

**Behörden und sonstige:**  
Gutachten, Bewe...

## 3.2 Bewirtschaftung - Grundlegende Strategien zur Verbesserung der Wasserqualität

Das zentrale Kriterium für die Gütebewirtschaftung und die Wasseraufbereitung von Oberflächenwasser stellt das Phytoplankton dar. Durch Vermeidung von Nährstoffeinträgen wird dessen Wachstum begrenzt. Darüber hinaus gibt es Möglichkeiten der Talsperrenbewirtschaftung, ökologische Verfahren und physikalisch-chemische Verfahren, um den Phytoplanktongehalt des Wassers zu minimieren.

# Bewährte Strategien zur Vermeidung / Entfernung von Phytoplankton im Wasser



## Entzug der Ressourcen und Wachstumsfaktoren

Phosphateliminierung  
(Einzugsgebietssanierung, Mengensteuerung)  
Lichtlimitierung (Destratifikation)

## Entfernung der Algenbiomasse selbst

Nahrungsnetzsteuerung (Biomanipulation)  
Wasseraufbereitung (Mikrosieb, Filtration)

**Minimierung:**

**Kosten**

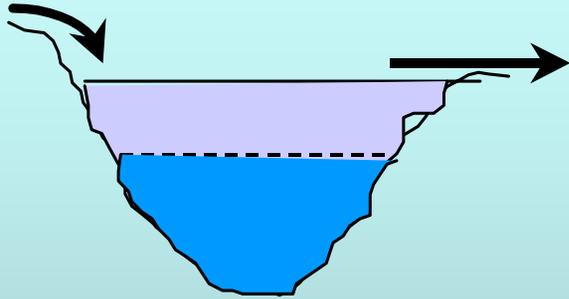
**Energie**

**Abprodukte**

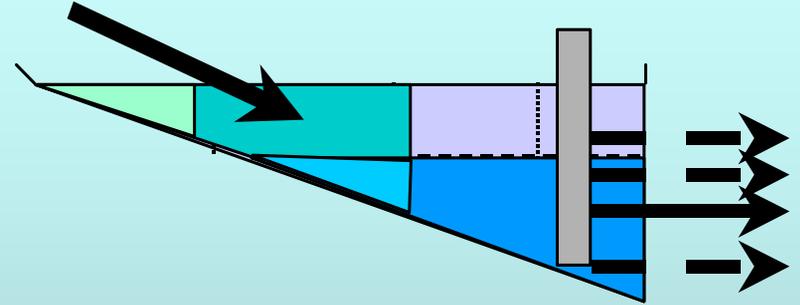
## **3.3 Bewirtschaftung - Grundlegende Eigenschaften von Talsperren im Vergleich zu Seen**

**Talsperren haben im Vergleich zu natürlichen Seen eine Reihe von wichtigen Besonderheiten, die sich positiv, aber auch negativ auf die Wasserqualität auswirken. Der wesentliche Vorteil von Talsperren besteht in den Möglichkeiten der Steuerung und Bewirtschaftung.**

# Charakteristische Unterschiede



See



Talsperre

lang

gering

Oberfläche

vertikal

kaum

Aufenthaltszeit

Pegelschwankungen

Ablauf

Gradienten

Steuerbarkeit

kurz

hoch

Hypolimnion

vertikal und horizontal

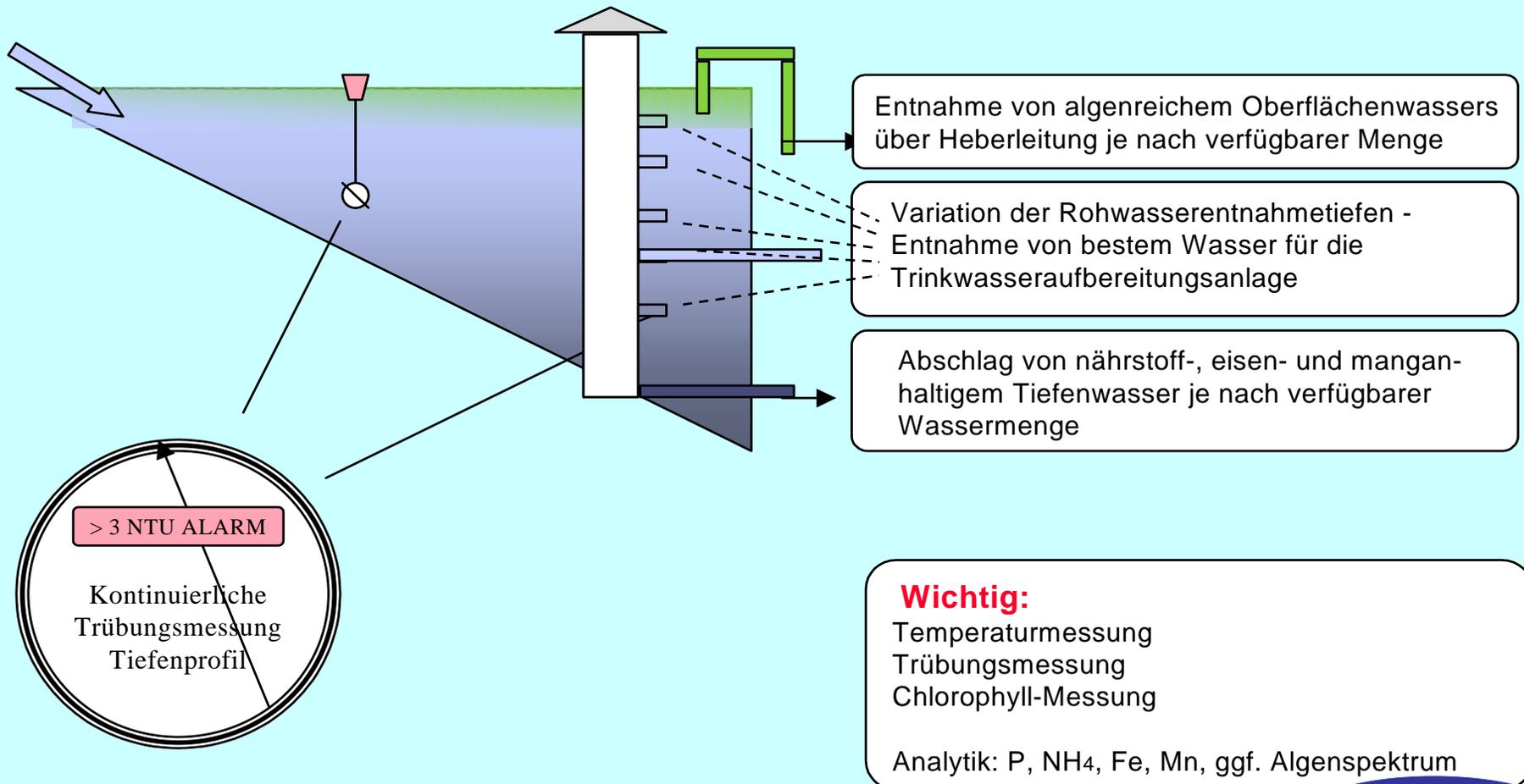
sehr gut

## 3.4 Bewirtschaftung -Steuerung der Entnahme während der Stagnation

Während der Stagnation prägen sich in der Talsperre charakteristische Gradienten aus. Entsprechend des verfügbaren Beckeninhaltes (**Achtung! starke Pegelabsenkungen vermeiden!**) sollte algenreiches Oberflächenwasser und nährstoffreiches Tiefenwasser an den Unterlauf abgegeben werden. Auf diese Weise werden dem System Nährstoffe entzogen, die spätestens zur nächsten Zirkulation im gesamten Becken zu Algenwachstum führen würden.

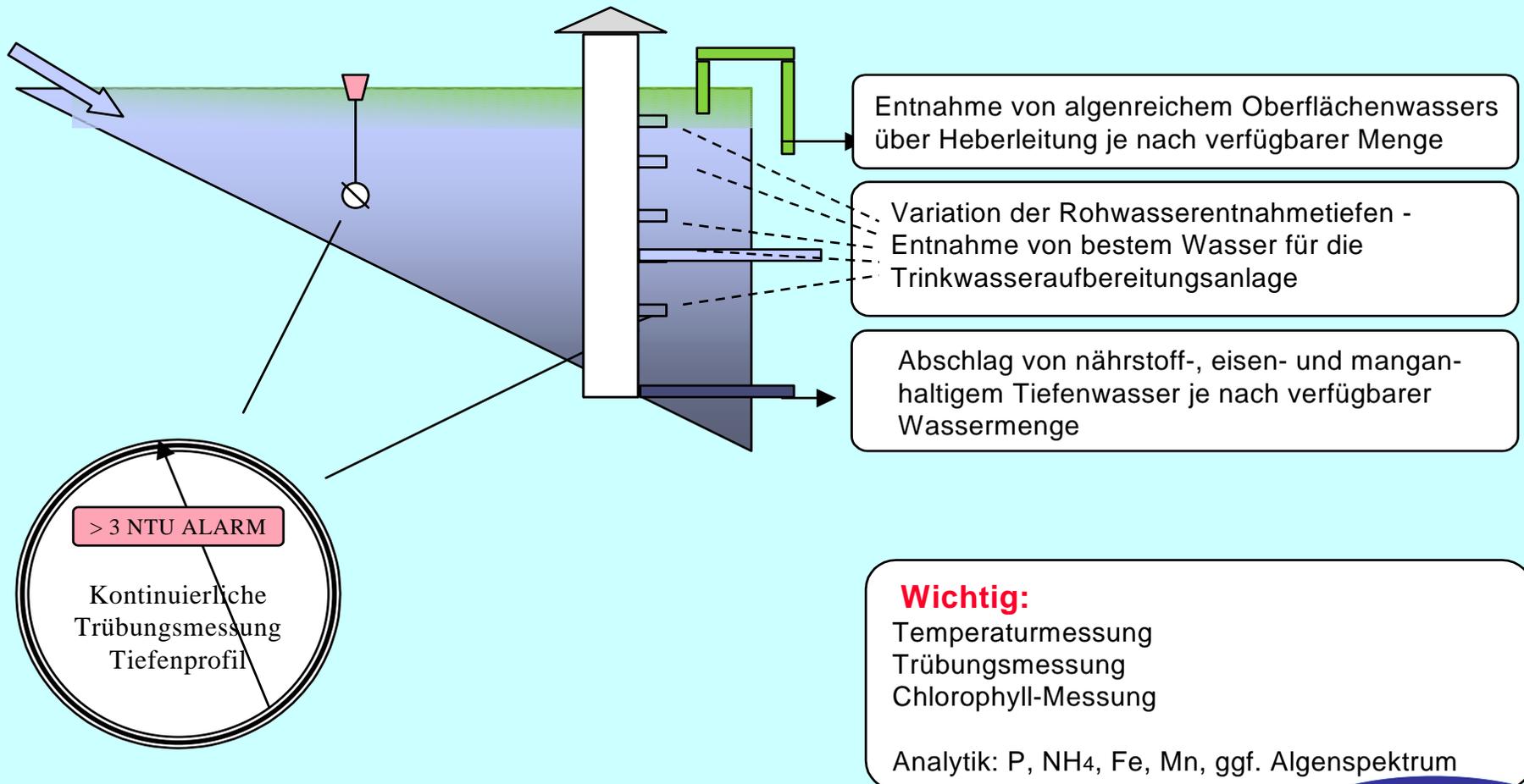
# Gütesteuerung von Talsperren - während der Stagnation

## Nutzung vertikaler Gradienten



# Gütesteuerung von Talsperren - während der Stagnation

## Nutzung vertikaler Gradienten

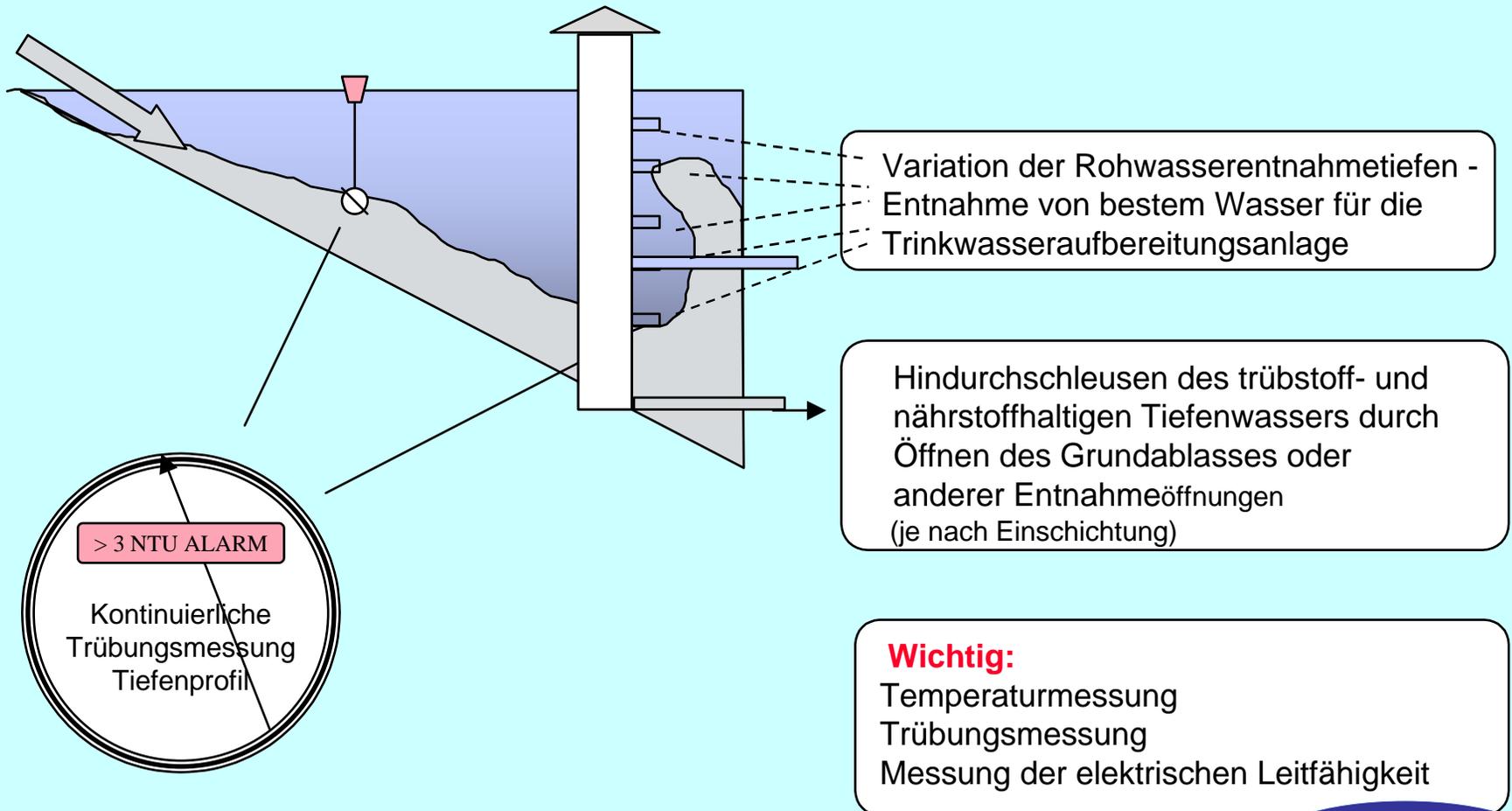


## 3.5 Bewirtschaftung - Steuerung der Entnahme im Hochwasserfall

**Hochwässer können erhebliche Trübstoff- und Nährstofffrachten in die Talsperre eintragen. Darüber hinaus gelangen aus besiedelten Einzugsgebieten Inhaltsstoffe fäkaler Herkunft und Krankheitserreger ins Becken. Oft stellen die Zuflüsse einen starken Impuls dar, der schnell bis zur Wasserentnahme gelangt und sich in einem bestimmten Horizont einschichtet. Dieses Wasser sollte möglichst an den Unterlauf abgegeben werden - Einschichtung anhand der Vor-Ort-Messungen feststellen!**

# Gütesteuerung von Talsperren - im Hochwasserfall

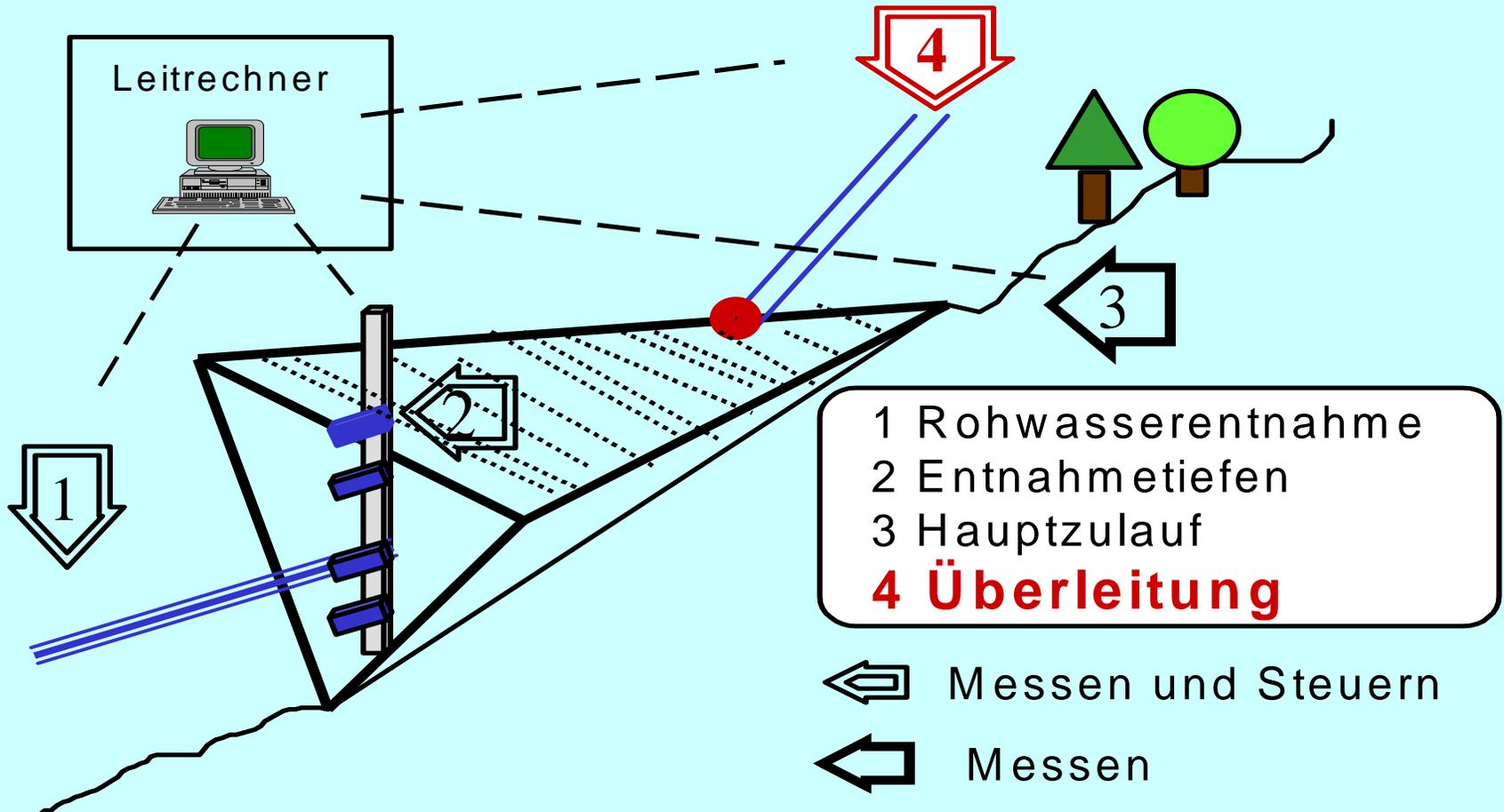
## Nutzung vertikaler Gradienten



## 3.6 Bewirtschaftung - Steuerung der Zuflüsse

**An vielen Talsperrensystemen besteht auch die Möglichkeit der Steuerung des zufließenden Wassers. Dort, wo Überleitungsstollen existieren, kann entsprechend der verfügbaren Wassermenge anhand von Qualitätskriterien entschieden werden, ob Wasser in die Talsperre eingeleitet wird oder nicht.**

# Steuerung der Überleitung aus beobachtbaren Einzugsgebieten

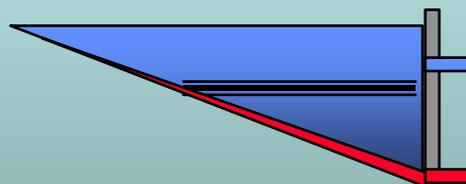
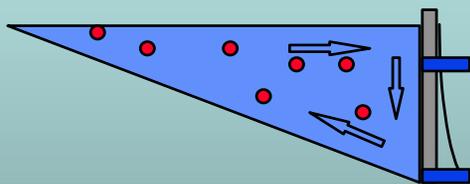
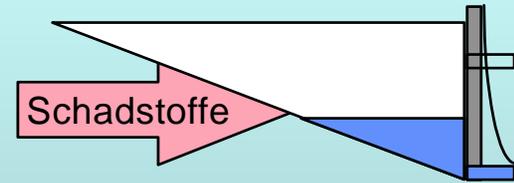
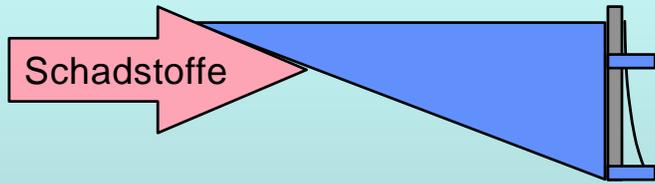


Entscheidungskriterien:  
Trübung, Nährstoffe, Temperatur, Bakteriologie

## 3.7 Bewirtschaftung - Stauinhalt und Pufferwirkung

Talsperren, aus denen Rohwasser für die Trinkwassergewinnung entnommen wird, sollten nach Möglichkeit mit konstant hohem Beckeninhalte bewirtschaftet werden, um für den Fall von Schadstoffeinträgen alle Pufferungs- und Steuerungsmöglichkeiten voll zu nutzen.

# Fehlende Pufferkapazität abgesenkter Talsperren



Zirkulation

Stagnation

keine Verdünnung  
keine Steuerung

## Großes Beckenvolumen bedeutet:

- Verdünnung von Schadstoffe, Trübstoffen und Krankheitserreger
- mehr Zeit zwischen Erkennen und Handeln
- bessere Steuerungsmöglichkeiten der Wasserentnahme

## 3.8 Bewirtschaftung - Stauinhalt und Trophie

Talsperren, aus denen Rohwasser für die Trinkwassergewinnung entnommen wird sollten auch deshalb einen konstant hohen Beckenpegel haben, weil dadurch die Nährstoffbelastung pro Volumen- und Flächeneinheit geringer ist und der Anteil des Tiefenwassers, in dem die im Epilimnion gebildete Biomasse abgebaut wird, größer ist (Sauerstoffvorrat). Außerdem nimmt anteilig die Fläche, mit welcher das zirkulierende Wasser des Epilimnions in Berührung kommt, ab (Sedimenteinfluß).

**Mindestgröße: Quotient Epi-/Hypolimnion < 1**

# Erhöhung der Trophie mit abnehmendem Beckenvolumen

## Verhältnis Hypolimnion : Epilimnion groß

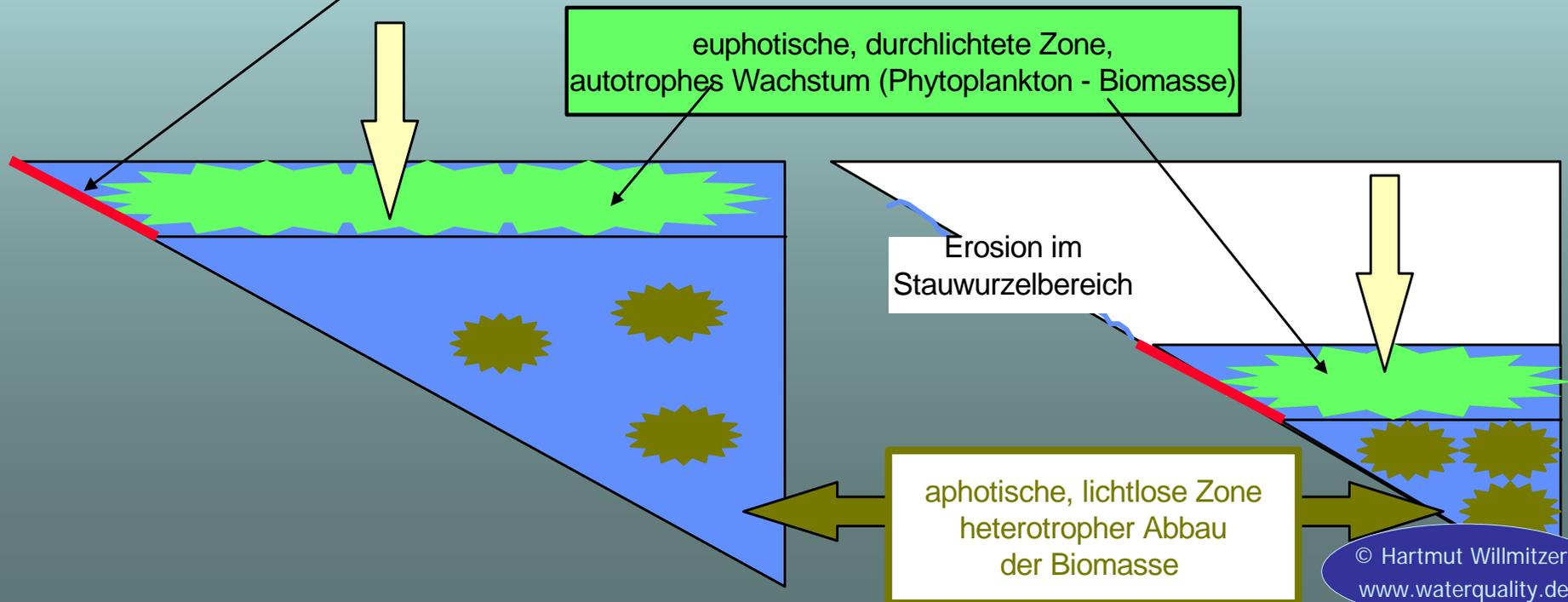
großer Sauerstoffvorrat zum Abbau der Biomasse  
kein hypolimnisches Sauerstoffdefizit

bezogen auf das Volumen kleine Kontaktfläche des zirkulierenden Epilimnions

## Verhältnis Hypolimnion : Epilimnion klein

niedriger Sauerstoffvorrat  
hypolimnisches Sauerstoffdefizit  
Nährstoff-, Eisen- und Manganrücklösung,

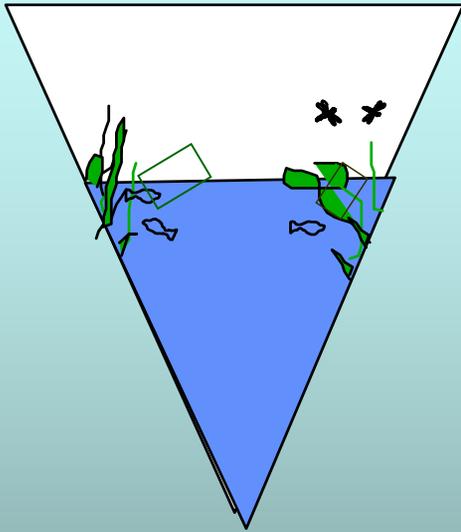
bezogen auf das Volumen zunehmende Kontaktfläche des zirkulierenden Epilimnions



## 3.9 Bewirtschaftung - Pegelschwankungen

**Starke Pegelschwankungen verhindern die Ausprägung eines Uferbiotops sowie die Ausprägung von Unterwasserpflanzen-Gesellschaften. Diese Biotope verhindern Erosion, binden Nährstoffe und Schadstoffe und sind darüber hinaus .**

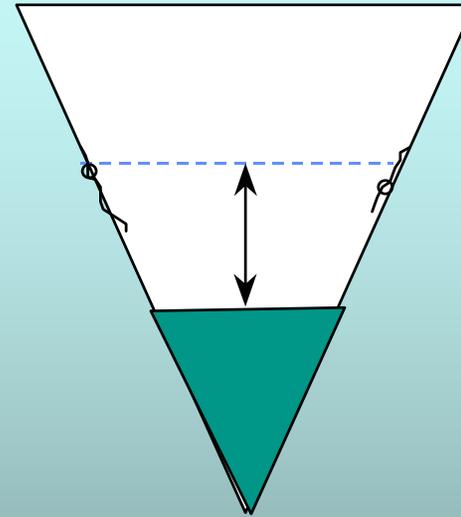
# Pegelschwankungen - Auswirkungen auf Litoral und Uferbiotop



Konstanter Pegel: konstantes Licht-, Wasser-,  
Nährstoffangebot

**Ausgeprägte Litoral-Lebensgemeinschaft**  
**Stabile Ufervegetation**

Nährstoffixierung (Selbstreinigung)  
Schutz vor Erosion  
wertvolle Biotope, hohe Diversität (Artenvielfalt)



Pegelschwankungen:  
starke Schwankungen im Licht-,  
Wasser- und Nährstoffangebot

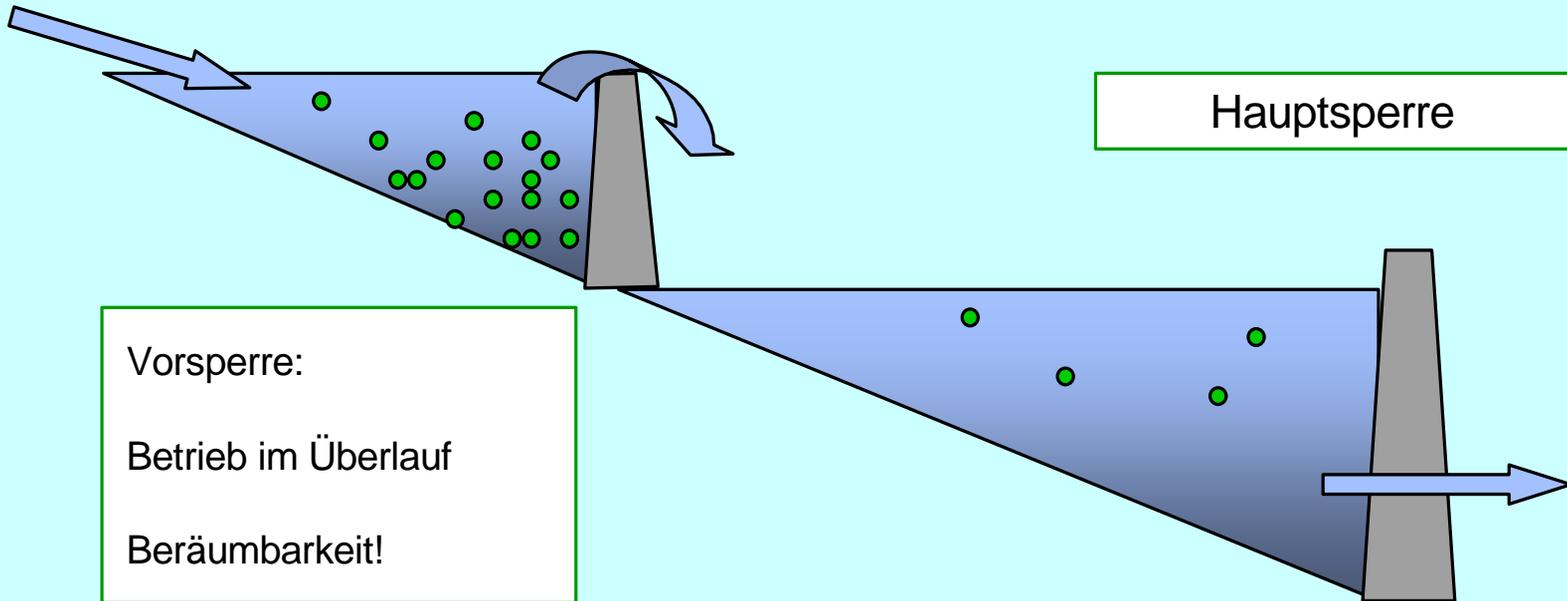
**Kein Wachstum von Makrophyten (emers, submers)**

autotrophe Aktivität (Photosynthese) nur durch  
Phytoplankton  
Erosion  
niedrige Diversität (Artenvielfalt)

## 3.10 Bewirtschaftung - Betrieb von Vorsperren

Vorsperren haben die Funktion, Trübungen und Nährstoffe zu eliminieren. Im Gegensatz zu den Hauptsperren, aus denen Trinkwasser entnommen wird, ist Algenwachstum in den Vorsperren eher erwünscht. Dadurch werden dem Wasser bereits Nährstoffe entzogen. Wenn die Vorsperre im Überlauf betrieben kann und eine regelmäßige Sedimentberäumung gesichert ist, können auf diese Weise bereits Nährstoffe entzogen werden.

## Nährstoffminimierung durch den Betrieb einer Vorsperre



## 3.11 Bewirtschaftung - Trinkwasserschutz

**Alle Trinkwassertalsperren Deutschlands sind von Trinkwasserschutzgebieten umgeben, die gesetzlich festgelegt werden. Entsprechend der Nähe zum Gewässer und der möglichen Gefährdungen sind diese Gebiete in Schutzzonen unterteilt, in denen unterschiedlich strenge Anforderungen gelten. Während z. B im. gesamten oberirdischen Einzugsgebiet Schadstoffausträge streng untersagt sind, muß im engeren Fassungsbereich auch jeglicher Nährstoff- und Trübstoffeintrag vermieden werden.**

# Verbote in Trinkwasserschutzgebieten

	<b>Abgrenzung</b>	<b>Verbote (Beispiele)</b>
<b>Schutzzone 1</b>	Talsperre, 100 m Uferstreifen	Verbote der Zonen II und III + Bootsverkehr, Wassersport Baden landwirtschaftliche Nutzung PSM-Einsatz Düngung
<b>Schutzzone II</b>	100 m - Streifen entlang der Zuläufe	Verbote der Zone III + Bebauung Kläranlagen Umgang mit wassergef. Stoffen Düngebeschränkungen
<b>Schutzzone III</b>	Rest des gesamten Einzugsgebiets	Ausdehnung vorhandener Bebauung Einleitung von Abwässern Gewerbebetriebe, die mit wassergef. Stoffen umgehen Massentierhaltung Bergbau

# 3.12 Sanierung - Belüftung

**Eine bewährte Methode, Sauerstoffmangel im Tiefenwasser und die daraus resultierenden Folgeprobleme zu vermeiden, ist der Eintrag von Druckluft oder reinem Sauerstoff. Die Druckluft verursacht eine Wasserströmung, die bis zur Oberfläche gelangt, dann aber ins Tiefenwasser zurückgeleitet wird. Dadurch wird die Schichtung nicht zerstört. Gleichzeitig wird im Tiefenwasser eine Strömung induziert, wodurch auch das Sediment oxidiert wird. Der Eintrag von reinem Sauerstoff erfolgt nur in solchem Umfang, daß er möglichst vollständig im Tiefenwasser gelöst wird.**

# Hypolimnischer Sauerstoffeintrag

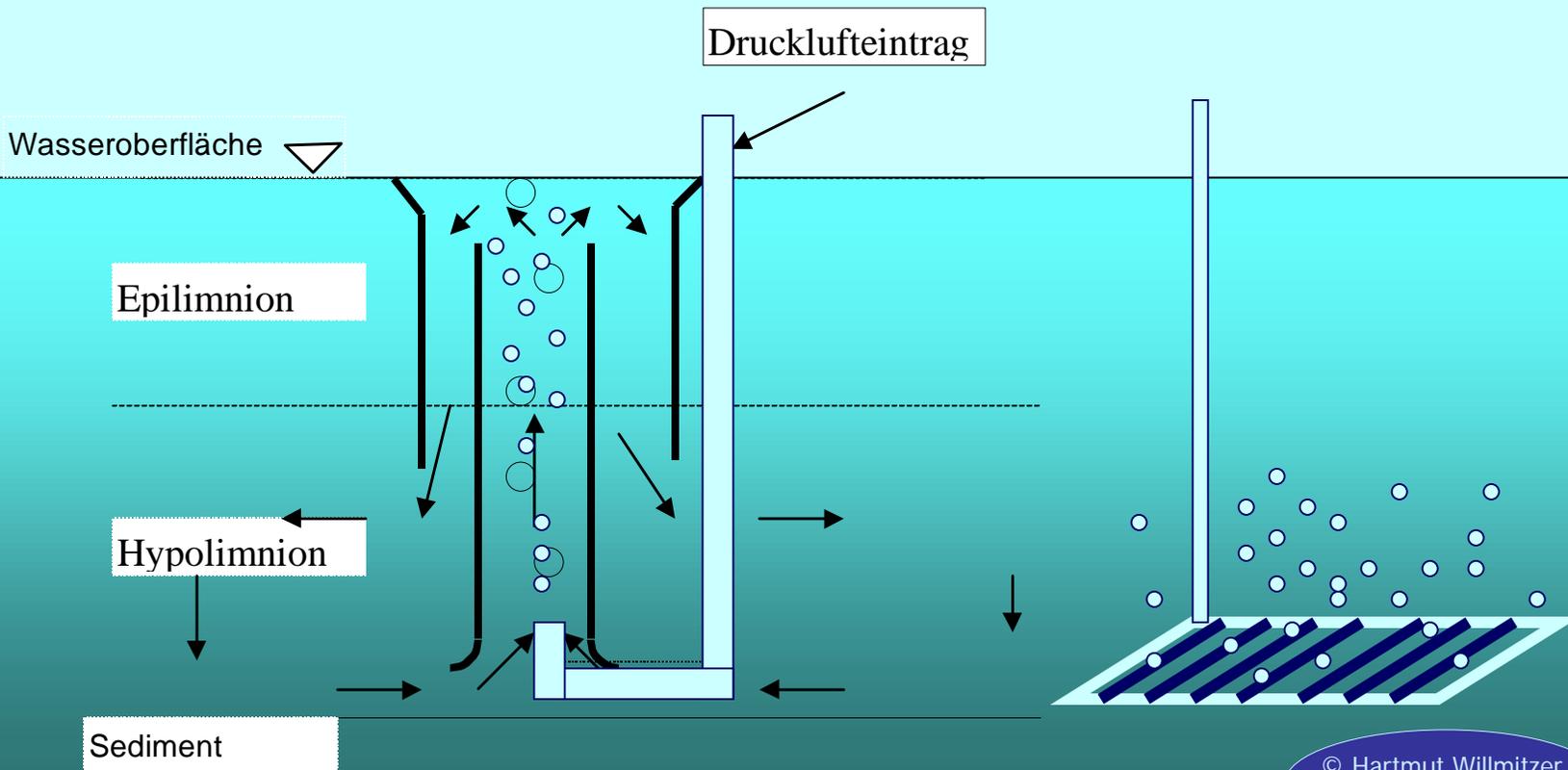
Eintrag von:

Druckluft oder Sauerstoff

Schichtung sollte stabil bleiben!

Ziel:

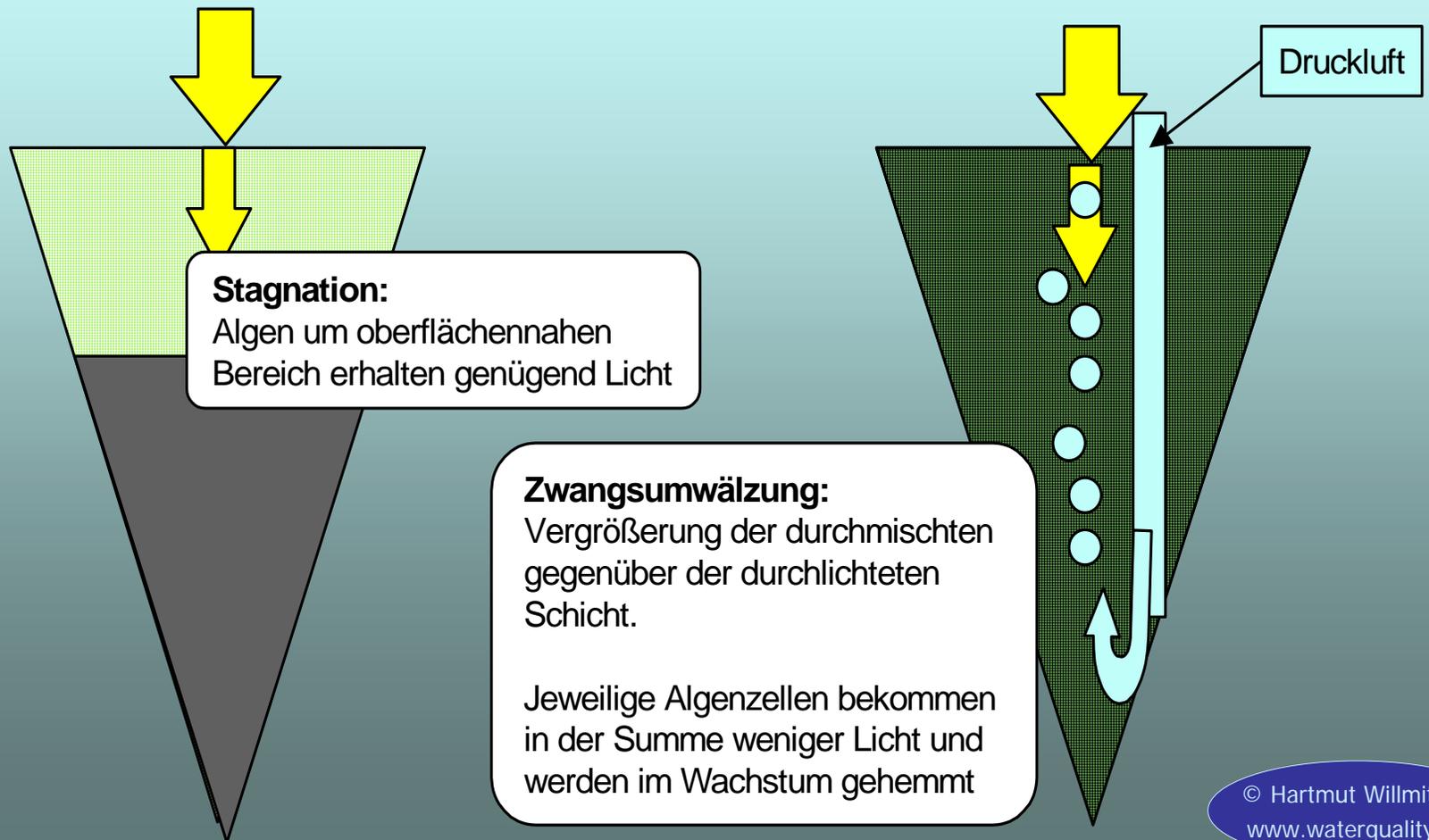
Verhinderung anaerober Bedingungen im Wasser und im Sediment. Verhinderung von Nährstoff-, Eisen- und Manganrücklösungen sowie der Bildung von Ammonium und Schwefelwasserstoff.



## **3.13 Sanierung - Destratifikation (künstliche Umwälzung)**

**An tiefen, belasteten Talsperren besteht die Möglichkeit, durch künstlichen Drucklufteintrag die durchmischte Schicht gegenüber der durchlichteten Schicht zu vergrößern. Dadurch gelangen die Algen zeitweilig ins Tiefenwasser, wo sie weniger Licht erhalten und somit im Wachstum gehemmt werden.**

## Künstliche Umwälzung (Destratifikation)



## **3.14 Sanierung - Nahrungsnetzsteuerung - Schema der Biomanipulation**

**Durch die Biomanipulation soll erreicht werden, daß die großen, algenfiltrierenden Zooplankter gefördert werden. Ideal ist ein hoher Raubfischanteil. Auf diese Weise werden die zooplanktonfressenden Kleinfische kurz gehalten.**



# 3.15 Sanierung - Nahrungsnetzsteuerung - Grundlagen

**Die Beeinflussung des Nahrungsnetzes ist über die Steuerung des Fischbestandes (Fangbegrenzung, Besatz, Entnahme) möglich. Voraussetzung ist die genaue Kenntnis des Ökosystems und eine konsequente, langfristig orientierte Durchsetzung der Maßnahmen.**

# Biomanipulation an Trinkwassertalsperren im Überblick

## Ziel

Förderung des Fraßdruckes auf das Phytoplankton durch das Zooplankton, Erhöhung der Wassertransparenz, Senkung der internen P-Belastung

## Weg

“top down Steuerung” der Nahrungskette durch Aufbau eines gut strukturierten Raubfischbestandes, Erhöhung des Fraßdruckes auf zooplanktivore Friedfische

## Möglichkeiten:

Raubfischbesatz:  
breites Altersspektrum, standortgerechte Arten,  
über mehrere Jahre

Entnahme:  
Heraufsetzung von Mindestmaßen,  
Schonzeiten,  
Fangbegrenzung, selektives Befischen

## Grenzen:

Untersuchungsumfang vor und während der Manipulation

Konsequenz von Talsperrenbetreiber, Fischreiberechtigtem und Behörden

Reaktion des Ökosystems Talsperre (Nieschen, Frühjahrsentwicklungen)

**Biomanipulation kann Einzugsgebietssanierung nicht ersetzen.**

# 3.16 Sanierung - Nahrungsnetzsteuerung - Fischerei

**Oligotrophe Tinkwassertalsperren (Typ A) sollten ausschließlich als Salmonidengewässer bewirtschaftet werden. Bei hoher Trophie (Typ B) wird der Raubfischanteil überwiegend durch Hecht (Wasserpflanzen!) und Zander (stärkere Wassertrübung) repräsentiert. An echten Vorsperren sollte der Raubfischanteil nicht zu groß werden. Kleinspeicher und Vorsperren eignen sich gut als Biotop für gefährdete Arten.**

# Fischereiliche Bewirtschaftung von Talsperren unter dem Aspekt der Wassergütebewirtschaftung

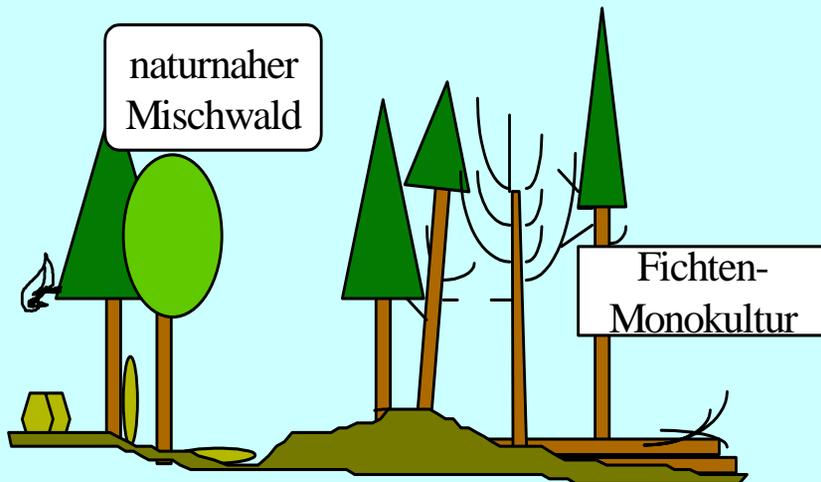
Gewässertyp	A	B	C	D	E
	Trinkw.-TS	Trink- und BW	BW, Flachsp.	Vorsperren	sonst. VS, TS
fisch. Charakteristik	Salmonidengewässer	Zander-gewässer	Zander-/Hechtgew.	Coregonengewässer	Amphibien Kleinfische
Raubfisch-Biomasse	Forelle gr. Barsche > 40 %	Zander, Hecht, Wels, Aal > 30%	Zander, Hecht, Wels, Aal	Minimal  < 10 %	
Korrekturbedarf	viele kleine Barsche	viele kleine Barsche und Plötzen Karpfen		Karpfen hoher Raubfisch- anteil	Artenarmut keine Makro- phyten

## 3.17 Sanierung Einzugsgebiet

Die vollständige Herausleitung von Abwässern und die Begrenzung landwirtschaftlicher und gewerblicher Aktivitäten in Kooperation zwischen Versorgungsunternehmen und Nutzern des Wassereinzugsgebiets sind die Grundlage einer qualitätsgerechten Wasserversorgung. Aber auch in Waldeinzugsgebieten müssen wichtige Voraussetzungen geschaffen werden, um einen ausreichenden Gewässerschutz im Hinblick auf Versauerung und Erosion zu vermeiden (naturnaher Mischwald).

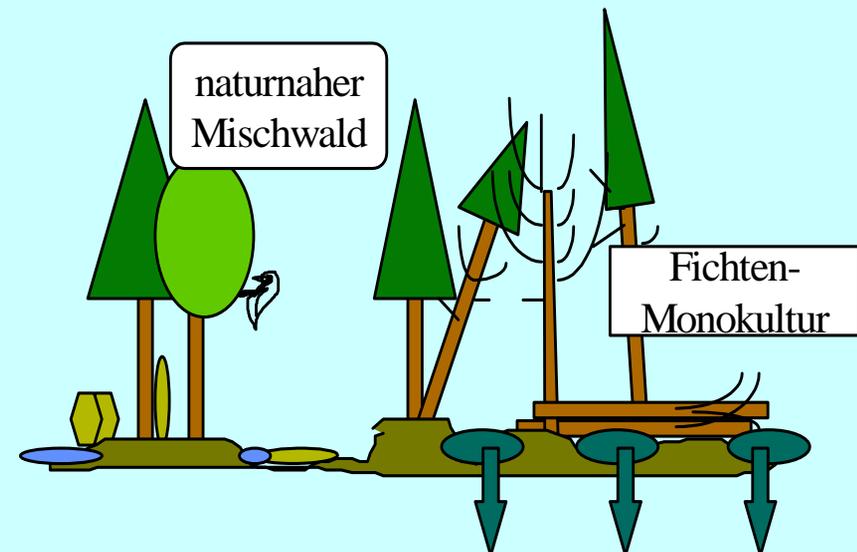
# Stabilisierung von Waldbeständen in Sinne des Gewässerschutzes

## Trockenperioden/Temperaturerhöhung



Waldschäden, insbes. in Fichten-Monokulturen, Borkenkäfer, erhöhter Stoffumsatz, Mineralisierung zum Nitrat gefördert, Versauerungsgefährdung

## Starkregenfälle

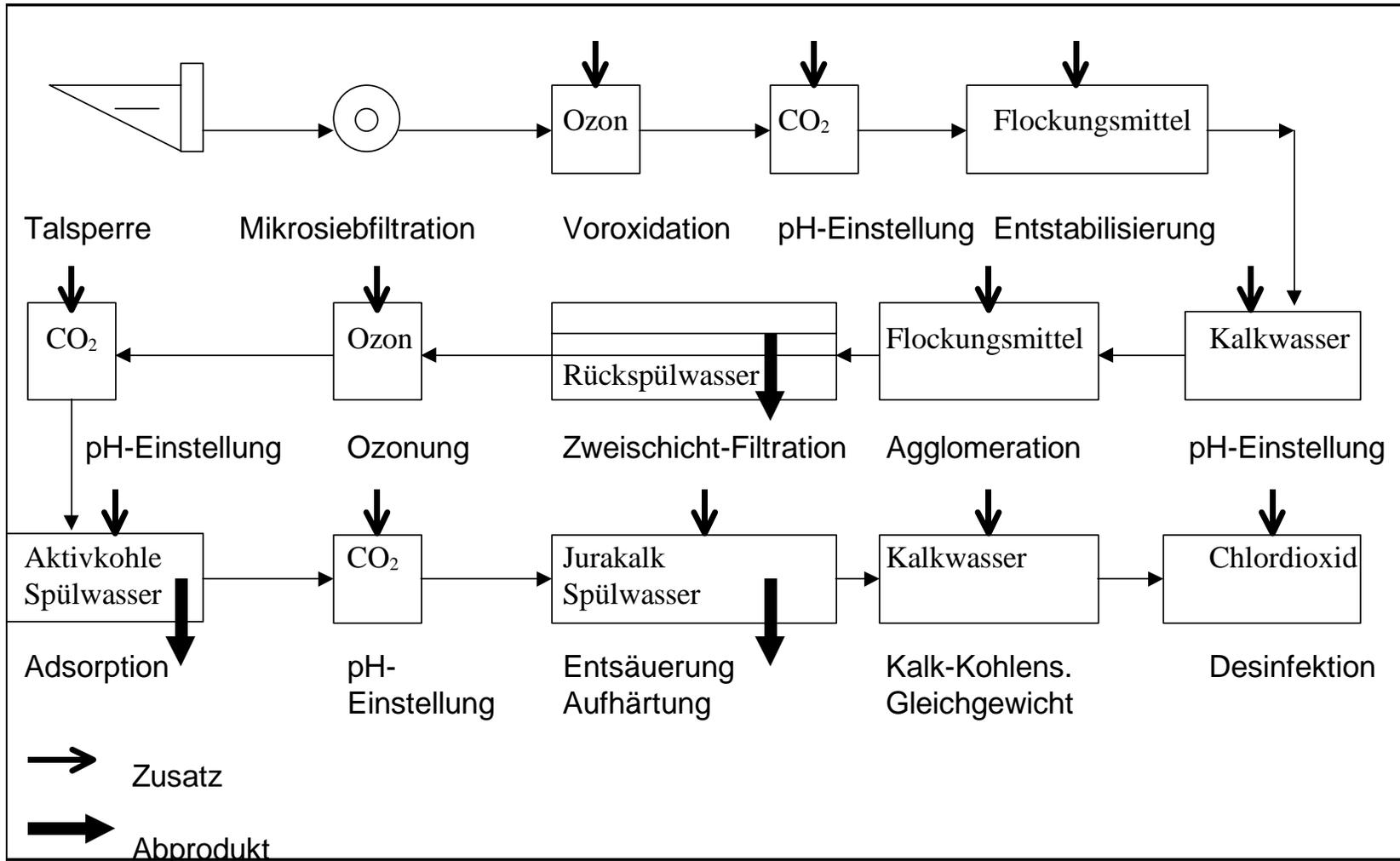


Erosion, insbes. in geschädigten Waldbeständen, erhöhte Schadstoff- und Trübungsbelastung der Zuläufe

## 3.18 Aufbereitung von Talsperrenwasser

**Die Verteilung von Talsperrenwasser über weit verzweigte Leitungsnetze macht auch für sauberstes Wasser einen Minimalaufwand erforderlich. Unumgänglich sind die restlose Eliminierung von Partikeln (Flockung, Filtration), die Einstellung des Kalk-Kohlensäuregleichgewichts und die Desinfektion.**

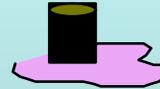
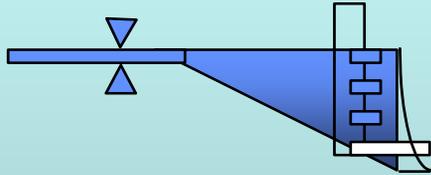
# Schema der Aufbereitung von Talsperrenwasser



# 4.1 Überwachung - Meßprogramme

Entsprechend den Nutzungsanforderung variieren die Anforderungen an die Meßprogramme. Die Steuerung von Talsperren erfordert Messungen von aussagefähigen Indikatorkriterien, die in kurzem Zeittakt, am besten **online**, erfaßt werden. Nährstoff- und Planktongehalt sollen an Trinkwasserreservoirs mindestens monatlich erfaßt werden. Vollständige Analysen auf alle relevanten Inhaltsstoffe werden in der Regel nur zwei- bis viermal pro Jahr oder bei besonderen Ereignissen und Störfällen durchgeführt.

# Überwachung vom Trinkwassertalsperren



## Steuerung

### In-situ-Messung und online-Übertragung

physikalisch / chemische Parameter  
pH, Sauerstoff, el. Leitfähigkeit  
Trübung, Temperatur, Nährstoffe

14-tägig bis wöchentlich

Zuläufe  
Tiefenprofil  
Rohwasser

## Routine-Überwachung

### Laboranalytik

An- und Kationen  
Pflanzennährstoffe  
Hydrobiologie, Bakteriologie

monatlich bis 14-tägig  
Zuläufe, Tiefenprofil, Rohwasser

anorganische und organische  
Schadstoffe

4 /Jahr bis monatlich,  
Zuläufe, Rohwasser

## Sonderprogramme

### Laboranalytik

Versauerung  
Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht  
Schwermetalle  
monatlich bis 14-tägig  
Quellen, Zuläufe, Tiefenprofil

Sickerwasser (Bauwerks-  
sicherheit, 1/a)

Böden Einzugsgebiet  
N<sub>min</sub>, Beginn/Ende Vegetations-  
periode

*Warum wird untersucht?*

- Gütesteuerung der Talsperren
- Überwachung, Schadstoffmonitoring
- Einhaltung von Vorschriften und Verträgen
- wissenschaftliche Fragestellungen
- Erkennung langfristiger Trends

## 4.2 Überwachung - Meßstellen

Die Auswahl der Meßstellen richtet sich nach deren repräsentativer Aussagekraft (großes Einzugsgebiet erfaßt?, gesamtes Tiefenprofil?), nach der Steuerbarkeit (Entnahmetiefen) und nach den Einflüssen des Wassers an der jeweiligen Meßstelle (Rohwasser für die Aufbereitung, Hauptzufluß - Nährstofffracht ?).

# Überwachung von Talsperren und Einzugsgebiet - Meßstellen und Kriterien zur Steuerung und Umweltüberwachung

## Wichtige Meßstellen



online-Messung und  
Probenahme



Probenahme

online: Trübung, pH, Sauerstoff, el. Leitfähigkeit,  
Temperatur, Öl, ggf. Nährstoffe, Chlorophyll

Labor-  
Analytik: Chemismus (An-, Kationen)  
Nährstoffe (C, P, N)  
anorganische Schadstoffe (Schwermetalle)  
organische Schadstoffe (PSM, LHKW, PAK..)  
Hydrobiologie (Phyto-/Zooplankton, Saprobie)  
Bakteriologie (Kolonie, Coliforme..)

Überleitung aus benachbartem  
Einzugsgebiet

Steuerung:  
Variation der Rohwasserentnahmetiefen  
Öffnen / Schließen von Überleitungsstollen

Quellen  
Mündungen  
Überleitungen  
Vorsperren  
Tiefenstufen  
Rohwasser

Datenübertragung

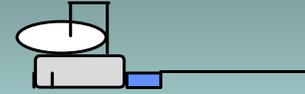
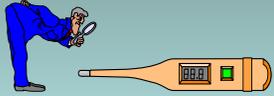
Steuerung



## 4.5 Überwachung - chemische Methoden

Die vor-Ort-Messungen basieren in der Regel auf physikalischen Messungen. In der „klassischen“ Wasserchemie (ppm-Bereich) bedient man sich verschiedener Färbemethoden. Im ppb - Bereich ( $< \mu\text{g/l}$ ) ist eine Anreicherung erforderlich. Von der Probenahme bis zur Auswertung müssen qualitätssichernde Maßnahmen durchgeführt werden.

# Analysenmethoden in der Wasseranalytik



## Vor Ort

Organoleptische Prüfung:  
Schwellenwerte

physikalische Messung:

T°C, LF - el. Widerstand  
pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> -  
ionenselektive Elektroden  
- Stromfluß

Trübung., SAK -  
Lichtschwächung durch  
Streuung und Absorption

**Labor - "klassische" und  
anorganische Chemie**  
mg - µg/l ( $10^{-3}$  -  $10^{-6}$ )  
**Ionen, Schwermetalle**

Titration - bekannte Lösung  
bekannter Konz. reagiert mit  
Probe bis zum Farbumschlag.

Photometrie - Anfärbung der  
Probe, Extinktionsmessung

AAS - Atome werden zu  
elementspezifischer Strahlung  
angeregt.

IC - Ionen der Probe werden  
an Säule gegen bekannte, nach-  
weisbare Ionen ausgetauscht

**Labor - org. Spurenanalytik**  
(PSM, PAK, LHKW usw.)  
µg - ng/l ( $10^{-6}$  -  $10^{-9}$ )

1. Anreicherung - Extraktion  
(Festphase)

2. Chromatographie/Trennung:  
GC: Gas  
HPLC: Flüssigkeit

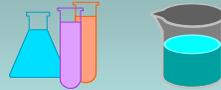
3. Detektion  
Universal: FID, UV, MS  
selektiv: ECD, Fluoreszenz

**AQS:** Probenahme, Kalibrierung, Standard- Blindwertmessung, Plausibilitätsprüfung (Ionenbilanz)

## 4.6 Überwachung - Biologische und mikrobiologische Methoden

**Der mikroskopischen Untersuchung von Plankton geht eine Anreicherung (Netz, Sedimentation) voraus. Bakterien werden auf Nährböden vermehrt und identifiziert. Biotests dienen der Erfassung von summarischen Wirkungen, vor allem im Fall unbekannter Kontaminationen.**

# Hydrobiologische / Mikrobiologische Wasseruntersuchungen



## Hydrobiologie

### Anreicherung:

Netz  
Sedimentation

### Untersuchung:

Präparation  
Färbung  
Mikroskopie  
Auszählung

## Mikrobiologie

### Zugabe von Nährmedien

- Nähragar
- flüssige Medien

### Auszählung von Kolonien

Qualitativer Nachweis  
(Farbumschlag)

Titer  
in welcher Menge noch  
qualitativer Nachweis

## Toxikologie

### Bestimmung LC50

= Verdünnung, bei der  
mindestens 50% keine Wirkung

Wirkung:

Wachstumshemmung  
(Algen-Zellvermehrung)

Stoffwechselleistung  
(Leuchtbakterien, Sauerstoff-  
verbrauch)

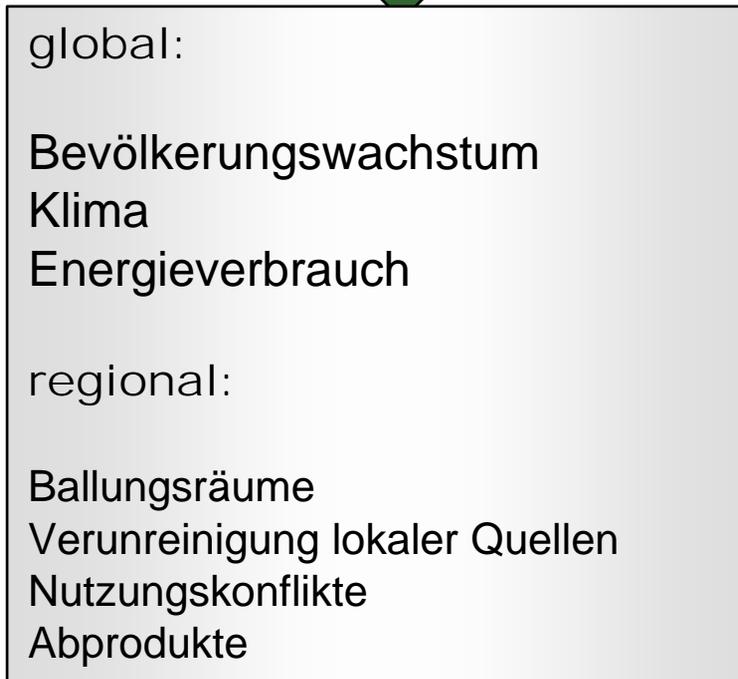
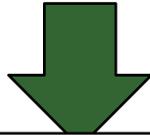
Bewegung, Sterberate  
(Daphnien, , Fische, Zellkulturen)

# 5 Ausblick - globale Strategien

Die Versorgung der Bevölkerung mit Wasser höchster Qualität ist angesichts steigender Bevölkerungszahlen eine globale Herausforderung. Generell hat die Vermeidung von Verunreinigungen im Hinblick auf den geringeren Aufwand und niedrigere Kosten gegenüber der Beseitigung von Verunreinigungen den Vorrang. Ressourcenschutz, Ressourcenbewirtschaftung, Ressourcenaufbereitung und Ressourcenerschließung stellen eine Einheit dar, die eine dauerhaft hohe Wasserqualität garantieren kann.

“Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel, es kann nicht ersetzt werden”  
DIN 2000

## Qualitätsprobleme



## Strategien zur Verbesserung der Wasserqualität

