

Geisenheimer Erkenntnistage 2018



**Algen im
Schwimmteich**

Untersuchung und Bewertung von Gewässern

Seen, Weiher, Teiche

Elbe

Seentherapie
Sanierung und
Restaurierung
von Gewässern



Naturbäder
Öffentliche
Schwimm- und
Badeteichanlagen
Private
Schwimmteiche



□ Konzepte
□ Lösungen
□ Sanierungen
im Gewässerschutz

<http://www.kls-gewaesserschutz.de>

Email: info@kls-gewaesserschutz.de

Tel.: 040 / 38 61 44 60

Neue Große Bergstraße 20,
22767 Hamburg

Entschlammung
von Gewässern

Gutachten im Rahmen
von Planverfahren

Niederschlagswasser
Straßenabwasser-
behandlung

Fotos: KLS

Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung

Private Schwimmteiche und Naturpools



NATURBAD SULZ

QUALITÄTSMANAGEMENT UND
INDEX FÜR DIE QUALITÄT VON NATURBÄDERN (IQ^N)
SAISON 2017



Auftraggeber:
NATURBAD SULZ E.V.
HAMBURG, MÄRZ 2018

Betreuung
IQ^N
Gutachten
Monitoring
Analytik
Forschung



■ Wozu sind Algen da?

- Algen wollen wachsen (Wasser, Licht, Temperatur; Nährstoffe)
- Algen machen Sauerstoff
- Algen machen Kalk (pH-Wert, Härte, Säurekapazität)

■ Welche Algen gibt es?

- Phytoplankton (Schwebealgen)
- Fadenalgen
- Algen in Biofilmen

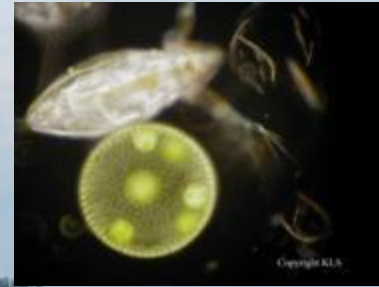
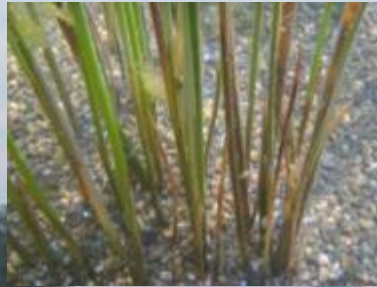
■ Probleme – Ursachen und Lösungen

■ Wenn Algen keine Krankheit sind – was sind sie dann?

Algen wollen wachsen!

Wasser, Sonne

..... und los geht's!



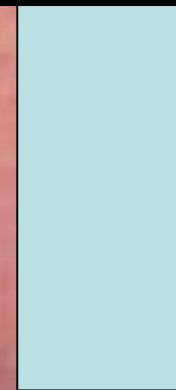
Endlich Sonne

Ohne Energie kein Leben

- **Energiefluss** (Sonne)

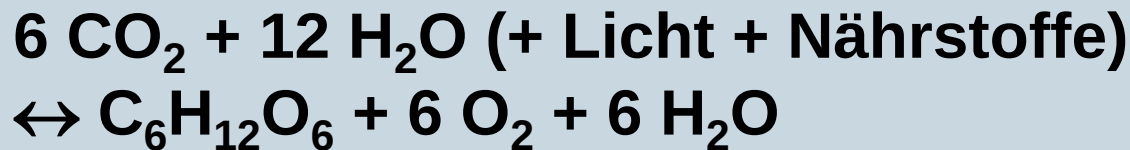
Verbleib der Sonnenenergie **100%**

- Reflexion
- direkte Umwandlung in Wärme
- Verdunstung, Niederschlag
- Wind, Wellen, Strömungen
- Photosynthese



Die Energie **fließt** von der Sonne auf die Erde, wird hier zu 0,8% in **Biomasse** (Pflanzen) festgelegt und gelangt dann **wieder** in den Weltraum oder wird auf der Erde in **Wärme und Bewegung** umgesetzt.

- **Photosynthese (Cyanobakterien, Algen, Pflanzen)**



- **Autotrophie – Heterotrophie**

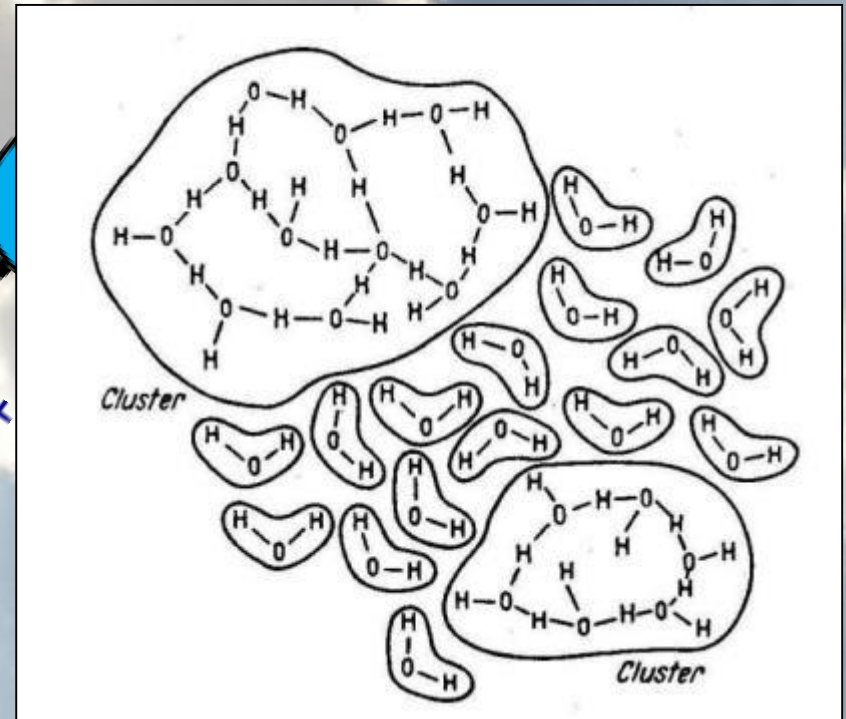
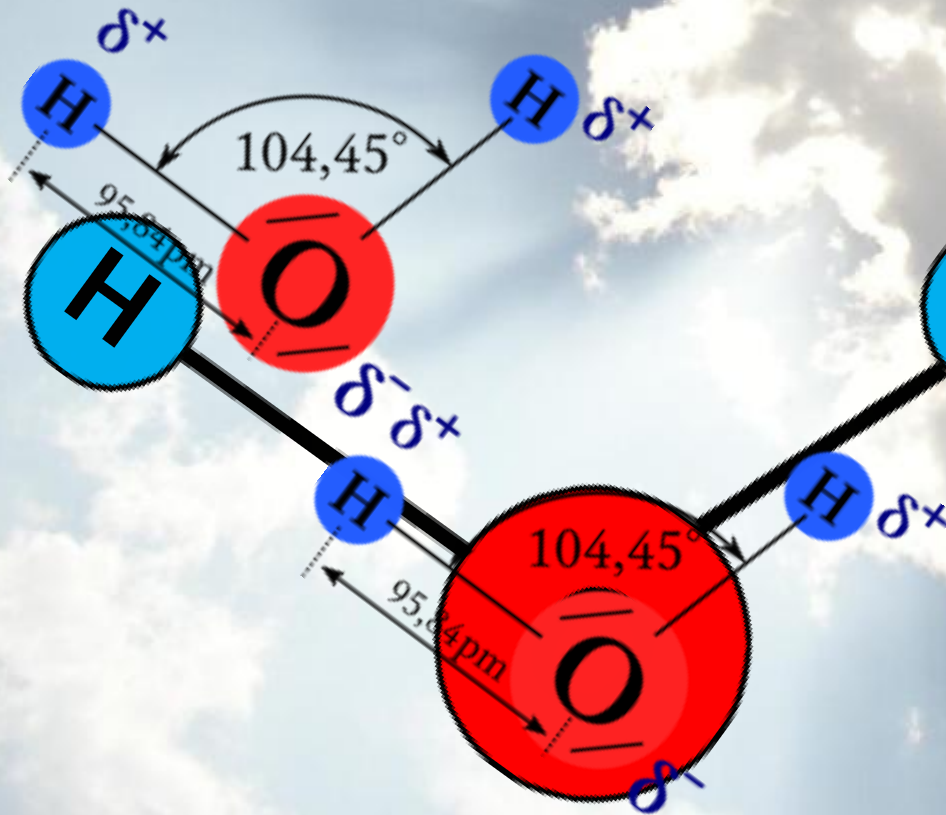
Autotrophe Organismen (Cyanobakterien, Algen, Pflanzen) produzieren Biomasse und setzen Sauerstoff frei.

Heterotrophe Organismen (viele Bakterien, Pilze Tiere, Menschen) verstoffwechseln Biomasse unter Sauerstoffverbrauch und Freisetzung von CO_2 .

Algen wollen wachsen

- Dipol-Charakter
- Clusterbildung

- Wasserstoffbrückenbindung
- Ohne Dipol Schmelzpunkt: - 100°C
Siedepunkt: - 80°C



Im Schwimmteich liegen die Wassertemperaturen im Jahresverlauf zwischen +4°C (unter Eis auch weniger) und knapp +30°C.

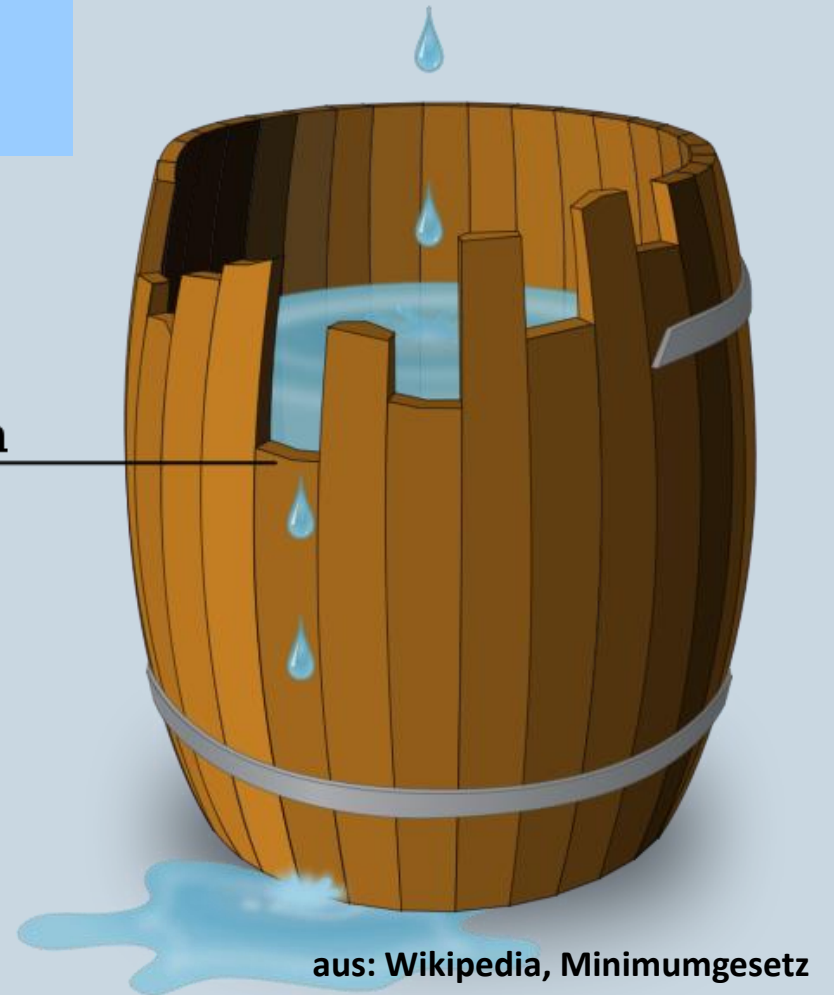
Jede (Tier/Pflanzen)Art hat einen Optimumbereich der Außentemperatur.

**Die RGT-Regel
(Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel) besagt:
Erhöhung der Außentemperatur – Erhöhung der
Reaktionsgeschwindigkeit der Stoffwechselprozesse
(10°C = 2fache – 3fache Erhöhung).**

In stehenden Gewässern ist in der Regel **Phosphor** der **limitierende Nährstoff**

Gesetz des Minimums
(Liebig, 1840)

Minimum



Intensität der
pflanzlichen Produktion
in einem Gewässer



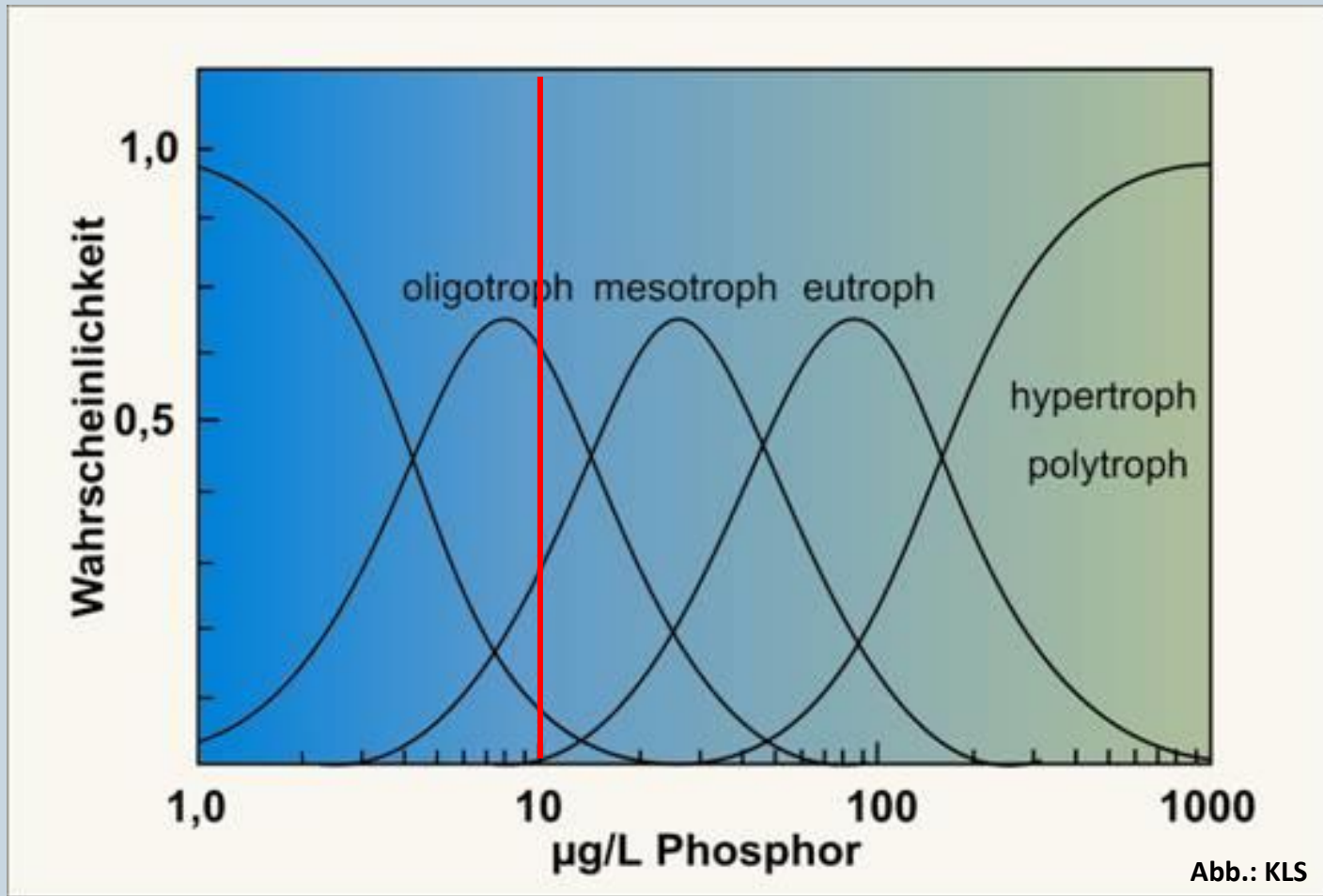
Trophie

Trophiestufen:

oligotroph ↔ mesotroph ↔ eutroph ↔ polytroph ↔ (hypertroph)



- Zunahme des Nährstoffgehaltes (vor allem Phosphor)
- Dadurch u.a. verstärkte Algenentwicklung und abnehmende Sichttiefen



Das Redfield-Verhältnis

Verhältnis	Kohlenstoff C	Stickstoff N	Phosphor P
Molar	106	16	1

Verhältnis	Kohlenstoff C	Stickstoff N	Phosphor P
Atomar (Gewicht)	41	7,2	1

Element	Gerundetes Atomgewicht [g]
Kohlenstoff C	12
Stickstoff N	14
Phosphor P	31

Im Schwimmteich liegen die Sauerstoffgehalte in der Regel um den Wert der physikalischen Sättigung.

100% Sauerstoffstätigung bei 30°C = 7,53 mg/L

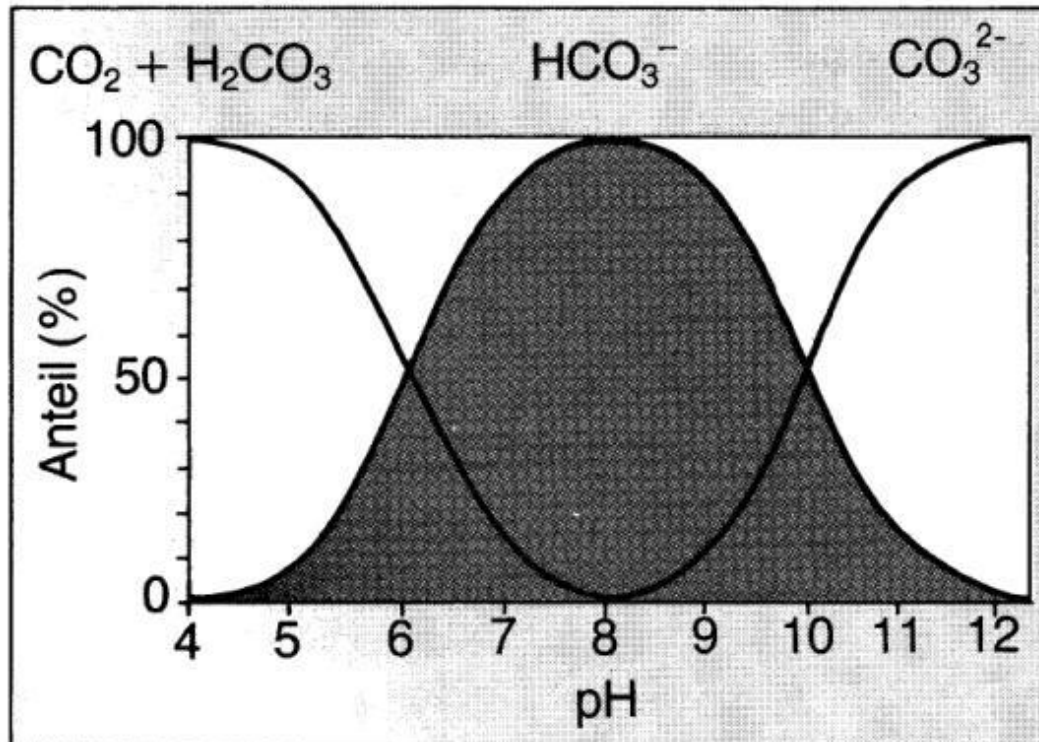
100% Sauerstoffstätigung bei 20°C = 8,84 mg/L

100% Sauerstoffstätigung bei 4°C = 12,7 mg/L

Starke Abweichungen nach oben weisen auf zu starkes Algen/Pflanzenwachstum hin.

Starke Abweichungen nach unten weisen auf zu starke Sauerstoffzehrungsprozesse hin.

Kohlenstoff- Hydrogen-
dioxid Kohlensäure carbonat Carbonat



aus: Lampert und Sommer,
Limnoökologie

Zusammen mit Calcium
gibt das:

Calciumhydrogencarbonat
 $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$

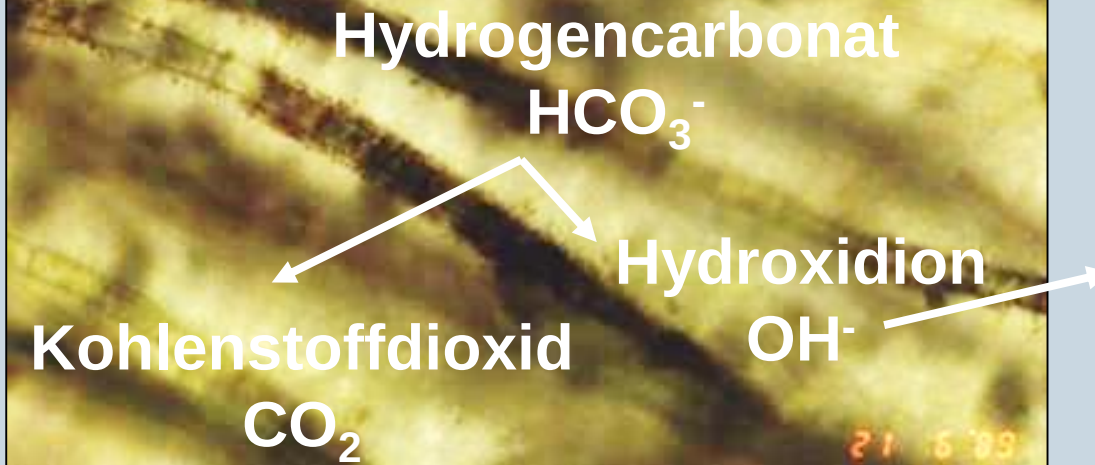
Calciumcarbonat
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$

Photosynthese
 $6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O} (+ \text{Licht} + \text{Nährstoffe})$
 $\leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Algen machen Kalk

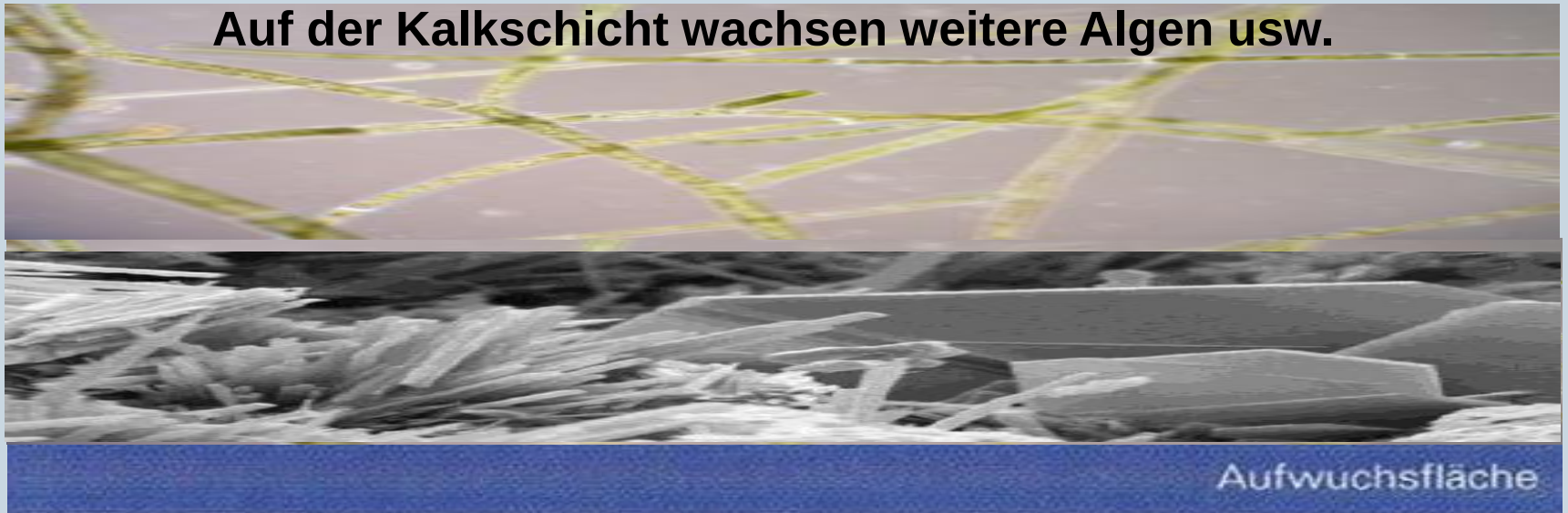
Ingredients (%)		Seawater	Freshwater
Inhaltsstoffe (%)		Meerwasser	Süßwasser
Carbonat	CO_3^{2-}	0,41	35,15
Sulfat	SO_4^{2-}	7,68	12,14
Chlorid	Cl^-	55,04	5,68
Nitrat	NO_3^-	-	0,9
Calcium	Ca^{2+}	1,15	20,39
Magnesium	Mg^{2+}	3,69	3,41
Natrium	Na^+	30,62	5,79
Kalium	K^+	1,1	2,12
Eisen-, Aluminium-Oxide	$(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$	-	2,75
Silikat	SiO_2	-	11,67
Strontium, Borat, Bromid	$\text{Sr}^{2+}, \text{HBO}_3, \text{Br}^-$	0,31	-

Unsere Alge



**Der pH-Wert steigt an,
das Lösungsgleichgewicht
wird verschoben
Kalk fällt aus**

Auf der Kalkschicht wachsen weitere Algen usw.



Phytoplankton: Funktion im Schwimmteich

Unter dem Begriff Phytoplankton werden vor allem im Wasser frei schwebende Algen zusammengefasst. Algen werden funktional als Gemeinschaft autotropher Organismen angesehen und bauen durch den Prozess der Photosynthese mit Hilfe von Sonnenlicht aus anorganischen Kohlenstoffverbindungen (Kohlendioxid, Hydrogencarbonaten) und Nährstoffen (Makro- und Mikronährstoffe) Biomasse auf. Dabei wird Sauerstoff freigesetzt.



Das Phytoplankton besiedelt das Freiwasser während Fadenalgen an festen Oberflächen wachsen. Zwischen beiden Algengemeinschaften gibt es zahlreiche Übergänge.

Phytoplankton: Bewertung

Phytoplankton sollte im Schwimmteich vorkommen, aber keine Massenentwicklungen verursachen (Verringerung der Sichttiefe). Blaualgen dürfen nicht dominant sein.

Zusammensetzung Phytoplankton:

Kieselalgen (Bacillariophyceae),

Grünalgen (Chlorophyta),

Goldalgen (Chrysophyceae),

Schlundgeißler (Cryptophyceae),

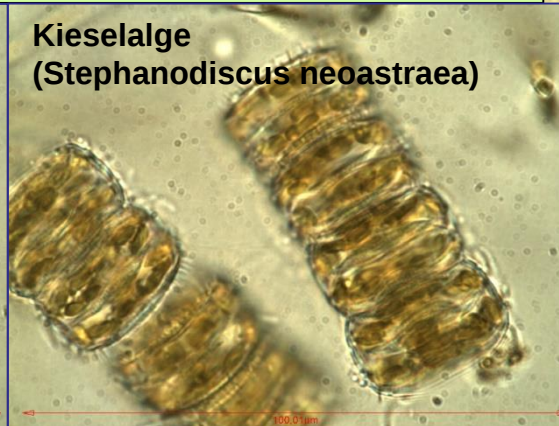
Blualgen (Cyanobakteria) sind keine Algen sondern Bakterien und werden nur funktionell (Photosynthese, Primärproduzenten) zum Phytoplankton gezählt.



Kieselalge
(*Stephanodiscus neoastraea*)



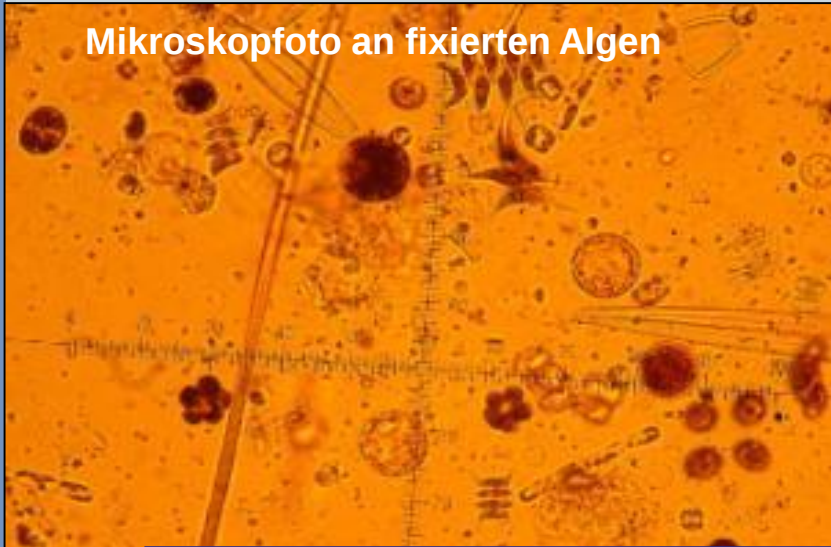
Kieselalge
(*Stephanodiscus neoastraea*)



Kieselalge (*Aulacoseira granulata*)

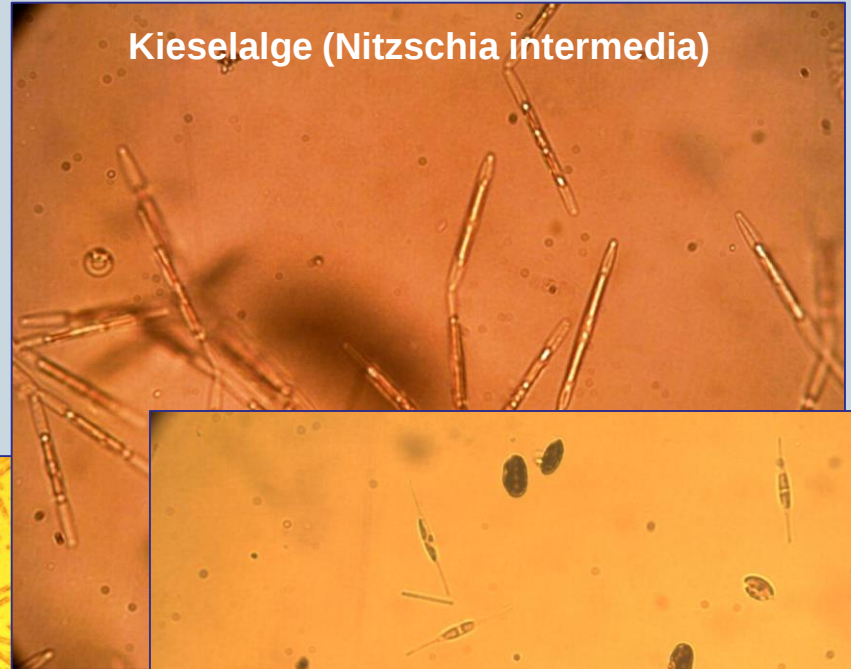


Mikroskopfoto an fixierten Algen

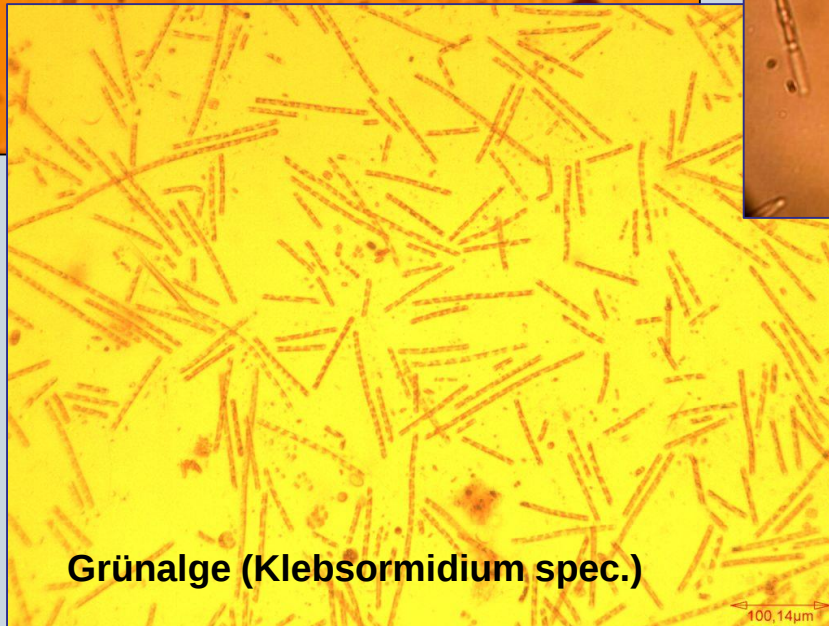


Fotos: KLS

Kieselalge (*Nitzschia intermedia*)



Grünalge (*Klebsormidium spec.*)



Kieselalge (*Ceratoneis closterium*)



Phytoplankton



K KONZEPTE
L LÖSUNGEN
S SANIERUNGEN
im Gewässerschutz

Fotos: KLS

Blualge (*Aphanizomenon spec.*)



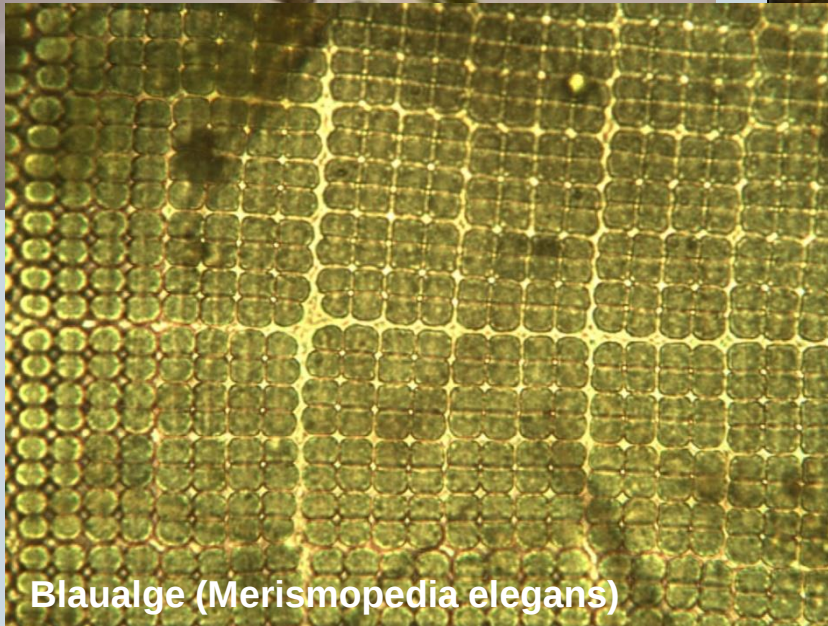
Blualge (*Microcystis viridis*)



Blualge (*Anabaena lemmermannii*)



Blualge (*Merismopedia elegans*)



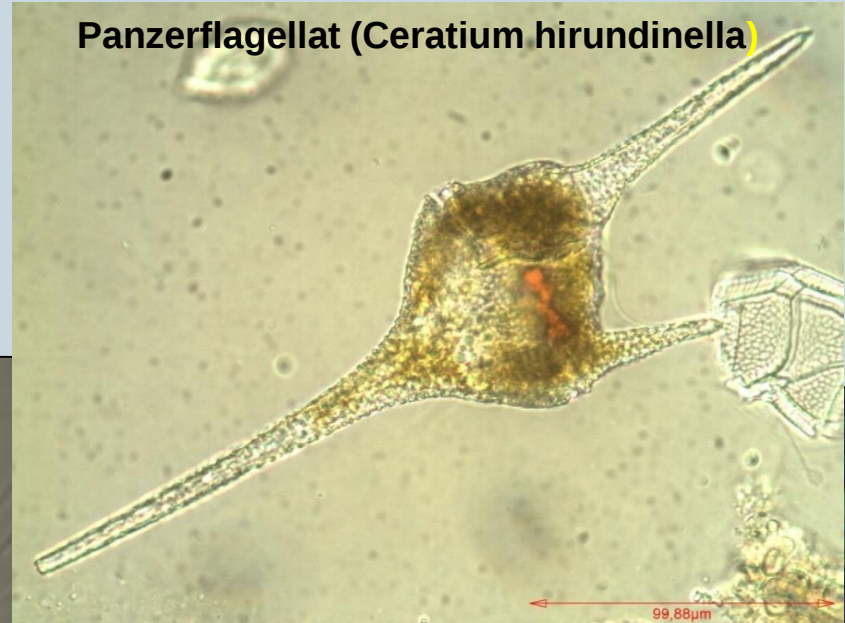
Grünalge (Volvox globator mit Daphnia spec.)



Copyright KLS

Fotos: KLS

Panzerflagellat (Ceratum hirundinella)

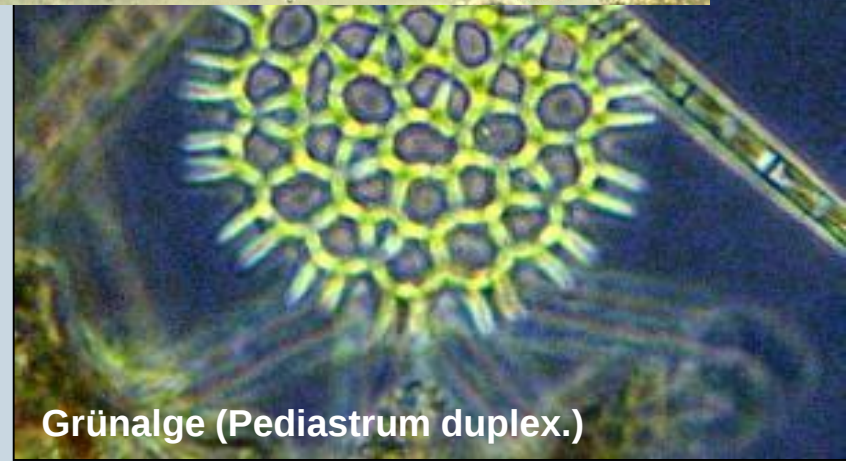


99.88µm

Goldalge (Mallomonas spec.)



Grünalge (Pediastrum duplex.)



Fadenalgen: Funktion im Schwimmteich

Unter dem Begriff Fadenalgen werden vor allem im festsitzende oder als Büschel an der Oberfläche schwimmende Algen zusammengefasst. Auch Fadenalgen sind autotrophe Organismen die Photosynthese betreiben.

Fadenalgen siedeln an festen Oberflächen. Durch den Auftrieb von Sauerstoffbläschen können sie sich aber vom Untergrund lösen und an der Wasseroberfläche schwimmen.

Fadenalgen: Zusammensetzung

Grünalgen

wichtigste Gattungen sind:

Oedogonium, Cladophora, Mougeotia und Spirogyra

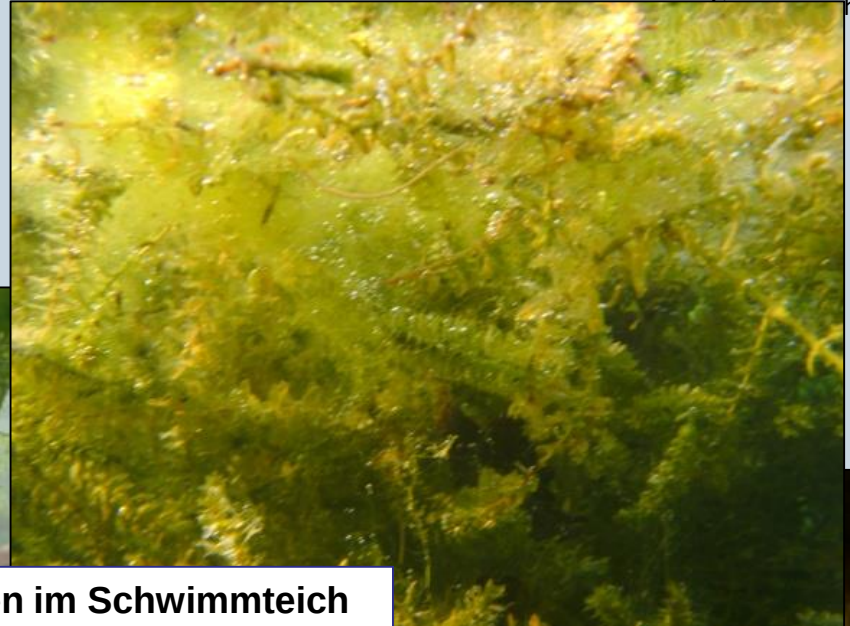
Fadenalgen: Bewertung

Fadenalgen sind in geringen Mengen als normal in einem Schwimmteich anzusehen. Eine endgültige Bewertung steht aus..

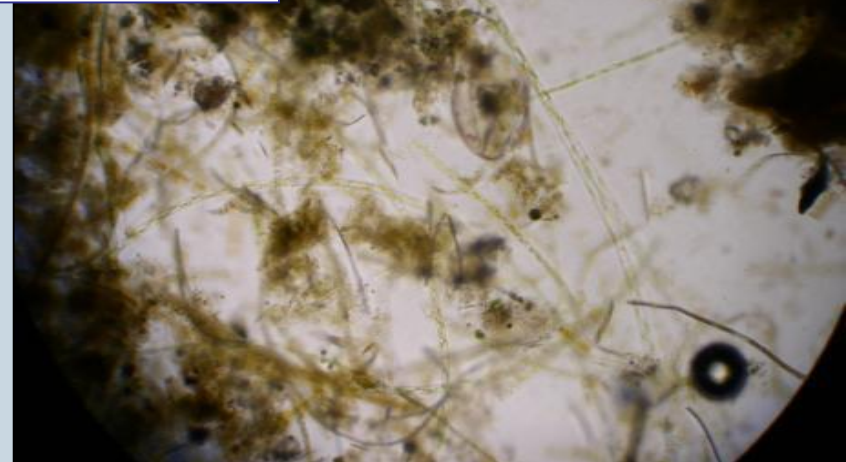
Fadenalgen



- K KONZEPTE
- L LÖSUNGEN
- S SANIERUNGEN



Algenwatten im Schwimmteich



Fadenalgen

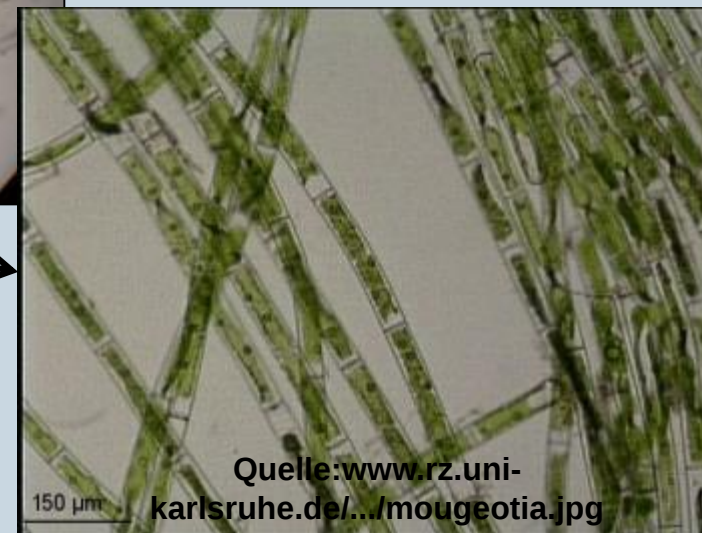
Die wichtigsten Gattungen sind:

Oedogonium

Cladophora

Mougeotia

Spirogyra



Autotrophe Biofilme im Schwimm- und Badeteichen



Autotropher (sonnenbeschienener Biofilm)

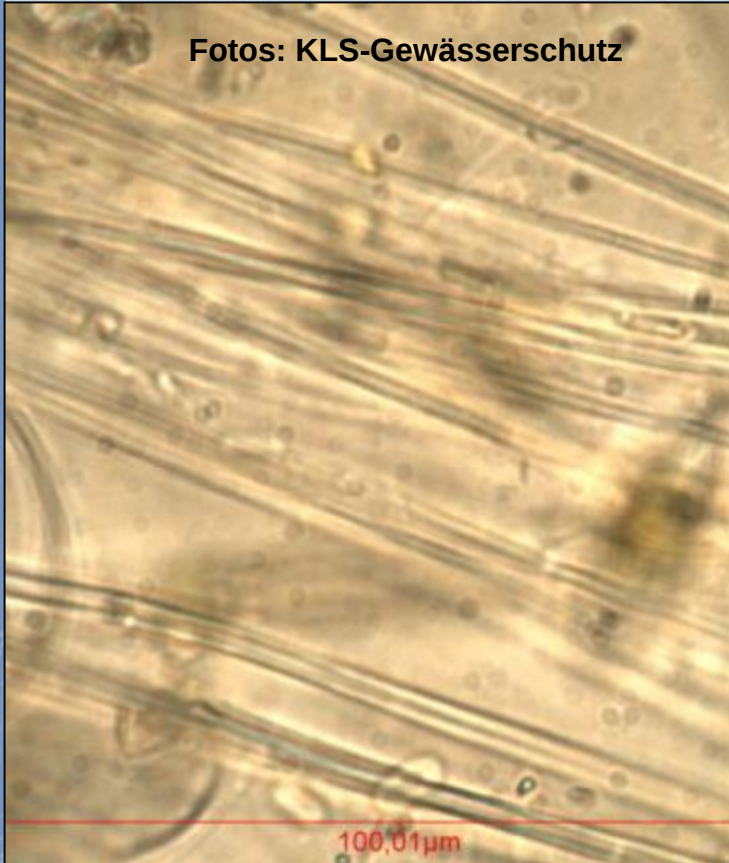


Cladophora spec.

Fotos: KLS-Gewässerschutz

Sonnenbeschienene Biofilme: dort dominieren Algen, die Biomasse aufbauen.
Vorkommen: Folien, Steine etc.

Fotos: KLS-Gewässerschutz



Autotropher (sonnenbeschienener Biofilm)

Sonnenbeschienene (autotrophe) Biofilme: dort dominieren Algen, die Biomasse aufbauen.

Vorkommen: Folien, Steine etc. (alle nassen und feuchten Oberflächen)

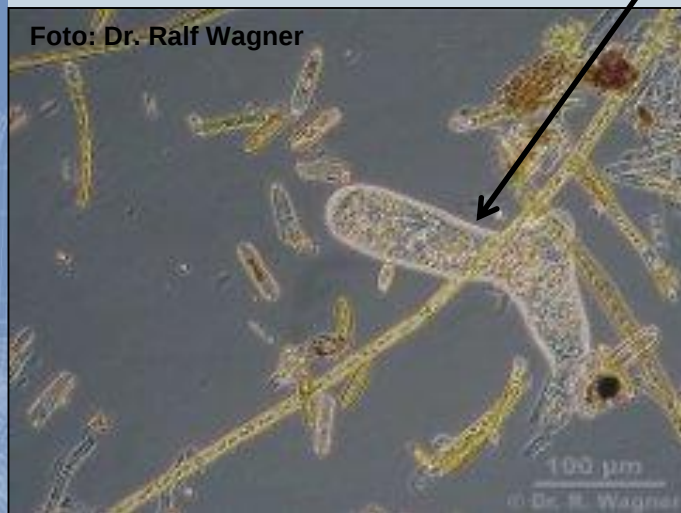
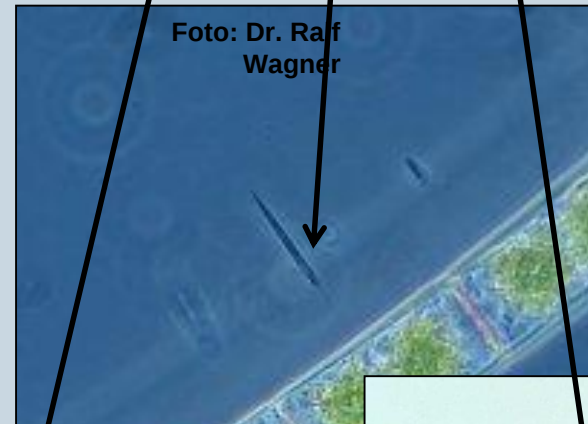
Definition Biofilme

Biofilme sind Ansammlungen von Mikroorganismen, die feste Oberflächen in wässriger oder feuchter Umgebung besiedeln¹.

Costeron, J.W. et al. (1994): Minireview: biofilms, the customized microniche. J. of Bacteriology 176, 2137-2142.



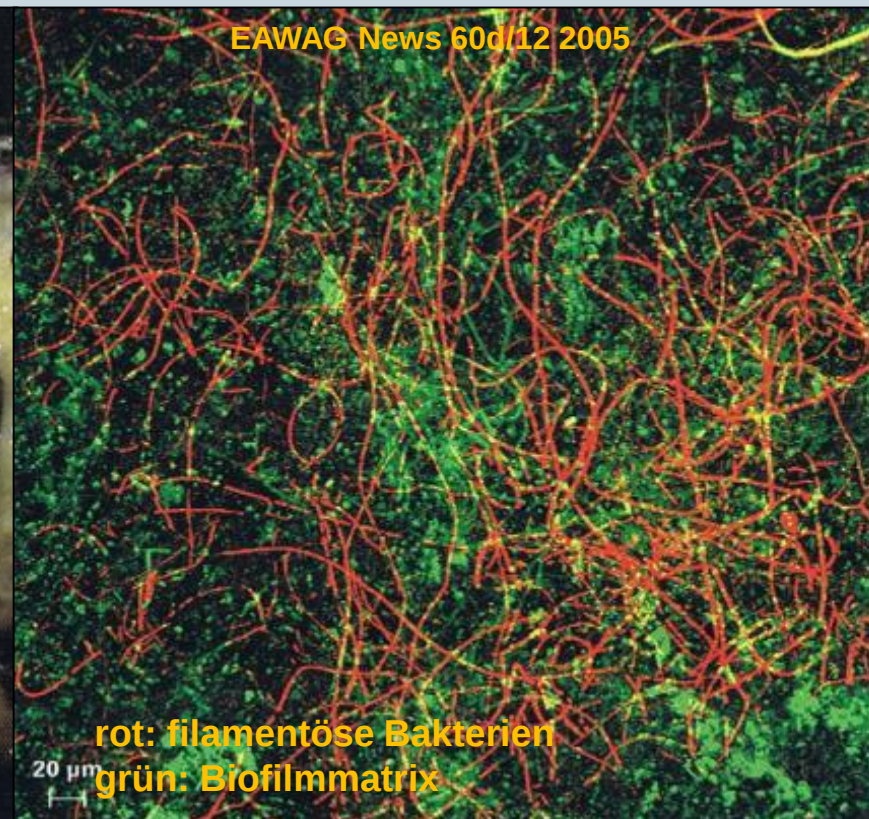
Biofilme bestehen aus Bakterien, Amöben, Algen, Pilzen, Ciliaten,

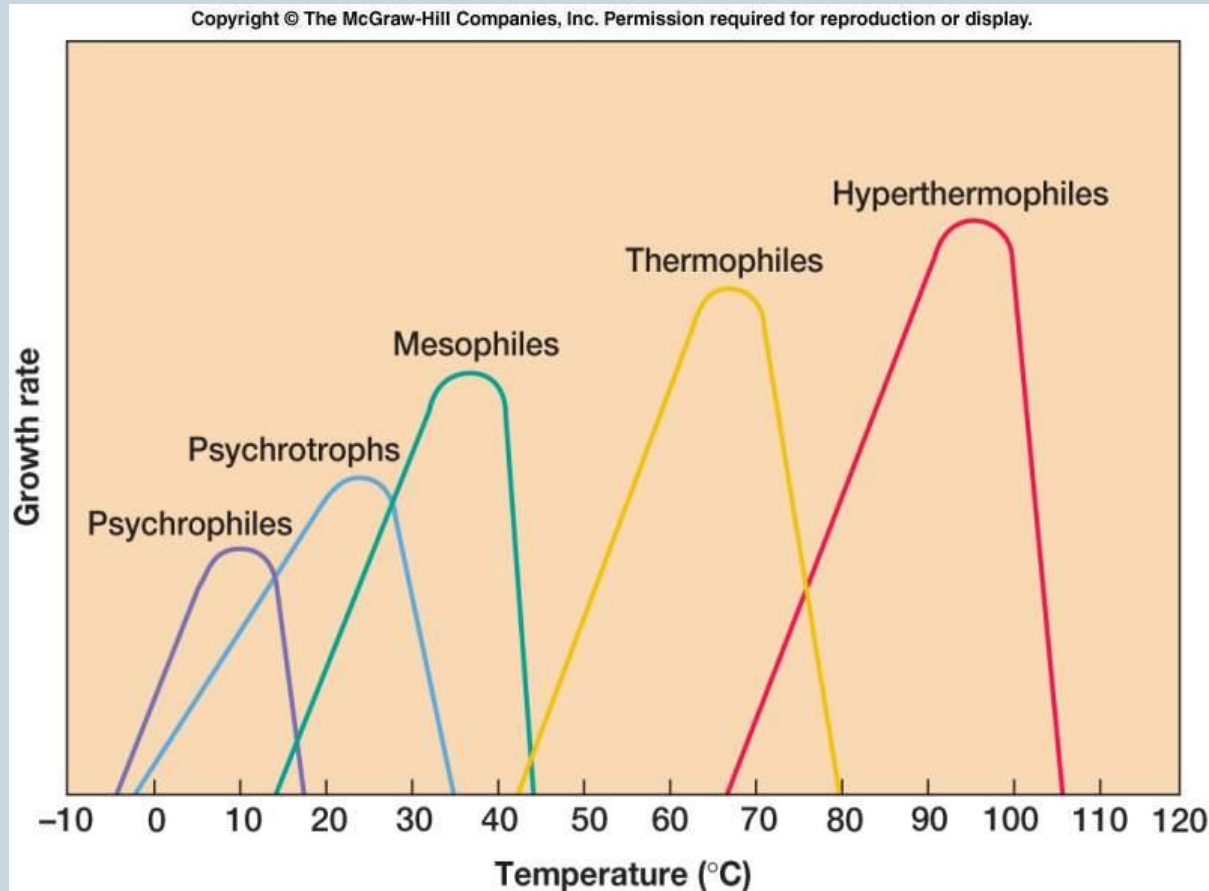


Heterotrophe Biofilme im Schwimm- und Badeteichen

Biofilmen unter Lichtabschluss: dort dominieren heterotrophe Bakterien, die organische Substanzen abbauen.

Vorkommen: Filter, Sedimente, Substrate.





Biofilme können sich in ihre Zusammensetzung auch Änderungen der Wassertemperatur anpassen

Die Veränderungen laufen kontinuierlich und nicht abrupt ab.

..... auf dem Weg zum optimalen Schwimmteich / Naturpool

Limitierung der Primärproduktion durch Minimierung des Nährstoffes Phosphor (P).

Nährstoffe $\Rightarrow$ Produktion von Algen $\Rightarrow$ Beläge/ Kalkkrusten
 $\Rightarrow$ Starke Schwankungen im pH-Wert und Sauerstoffgehalt.

Um den Zielen und Erwartungen von Schwimmteichbauern und Kunden gerecht zu werden,
müssen die **Nährstoffeinträge soweit möglich reduziert** und
die **Phosphor-Senken soweit möglich optimiert** werden.

..... auf dem Weg zum optimalen Schwimmteich / Naturpool

Limitierung der Primärproduktion durch Minimierung des Nährstoffes Phosphor (P).

Phosphat-Gehalte Cola-Getränke $\approx$ 500 mg/L

Phosphat-Gehalte Urin $\approx$ 300 - 1000 mg/L

Badegast pro Badegang $\approx$ 75 mg Phosphor

1 g Phosphor kann über 1 kg Algenbiomasse erzeugen!

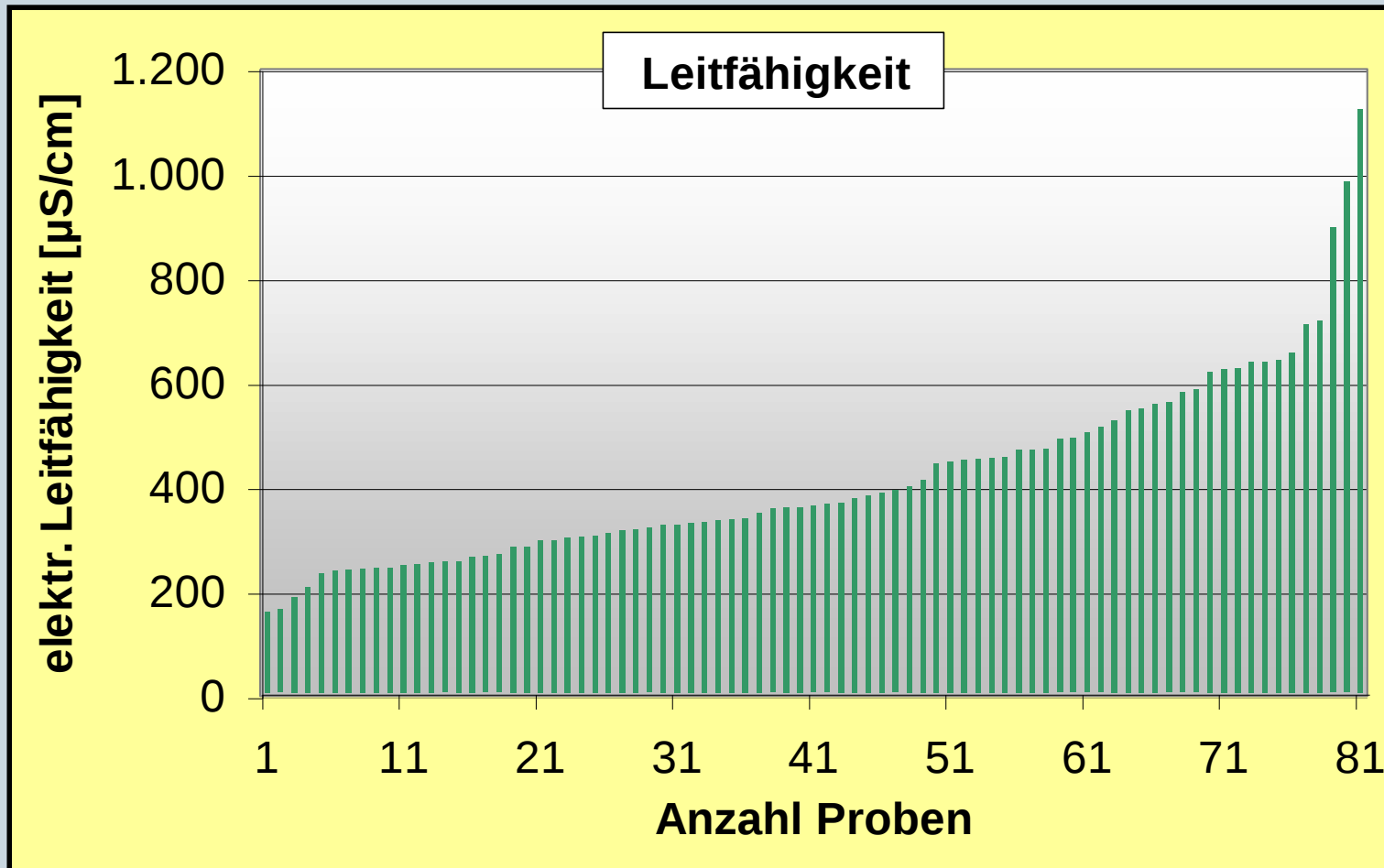
Phosphorbindemittel

Mittel	Produkt	Formel	Reaktion	Löslichkeit β [g/L]
Eisen	Eisen(II)hydrogenphosphat	FeHPO_4	$\text{FeHPO}_4 \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-}$	$1.72 \cdot 10^{-1}$
	Eisen(II)phosphat	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \leftrightarrow 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-}$	$8.84 \cdot 10^{-6}$
	Eisen(III)phosphat	FePO_4	$\text{FePO}_4 \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-}$	$1.73 \cdot 10^{-9}$
Aluminium	Aluminiumphosphat	AlPO_4	$\text{AlPO}_4 \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + \text{PO}_4^{3-}$	$1.21 \cdot 10^{-8}$
Kalk	Calciumdihydrogenphosphat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$1.8 \cdot 10^1$
	Calciumhydrogenphosphat	CaHPO_4	$\text{CaHPO}_4 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-}$	$4.3 \cdot 10^{-2}$
	Calciumphosphat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \leftrightarrow 3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-}$	$2.23 \cdot 10^{-4}$
Lanthan	Lanthanphosphat	LaPO_4	$\text{LaPO}_4 \leftrightarrow \text{La}^{3+} + \text{PO}_4^{3-}$	$1.04 \cdot 10^{-10}$

Wichtig: Der Bindungspartner ist immer Phosphat (PO_4^{3-})!!!!
 Richtwerte werden immer im Phosphor (P) angegeben!!!!

Die elektrische Leitfähigkeit als Maß für die Härte eines Wassers

jedenfalls
- meistens



Wassertrübung



Ursachen

- Algen (Phytoplankton)
- Aufwirbelungen

Lösungen

- P-Minimierung
- Angepasste Pflege
- Reinigungsroboter

Fadenalgen



Ursachen

- zu hohe P-Konzentrationen
- unerkannte P-Quellen

Lösungen

- P-Minimierung
- Angepasste Pflege
- Reinigungsroboter

Biofilme (autotroph)

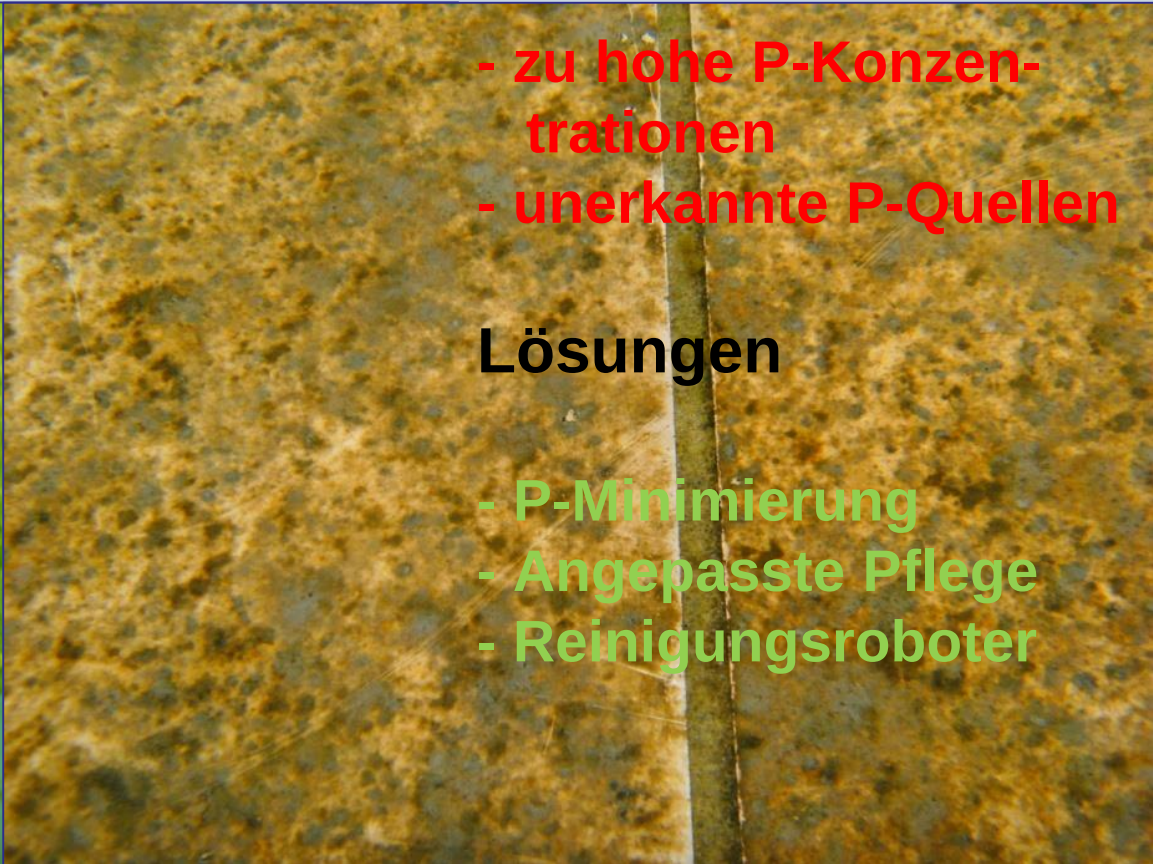


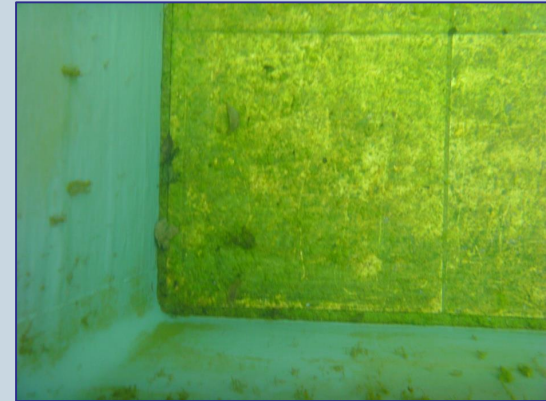
Ursachen

- zu hohe P-Konzentrationen
- unerkannte P-Quellen

Lösungen

- P-Minimierung
- Angepasste Pflege
- Reinigungsroboter





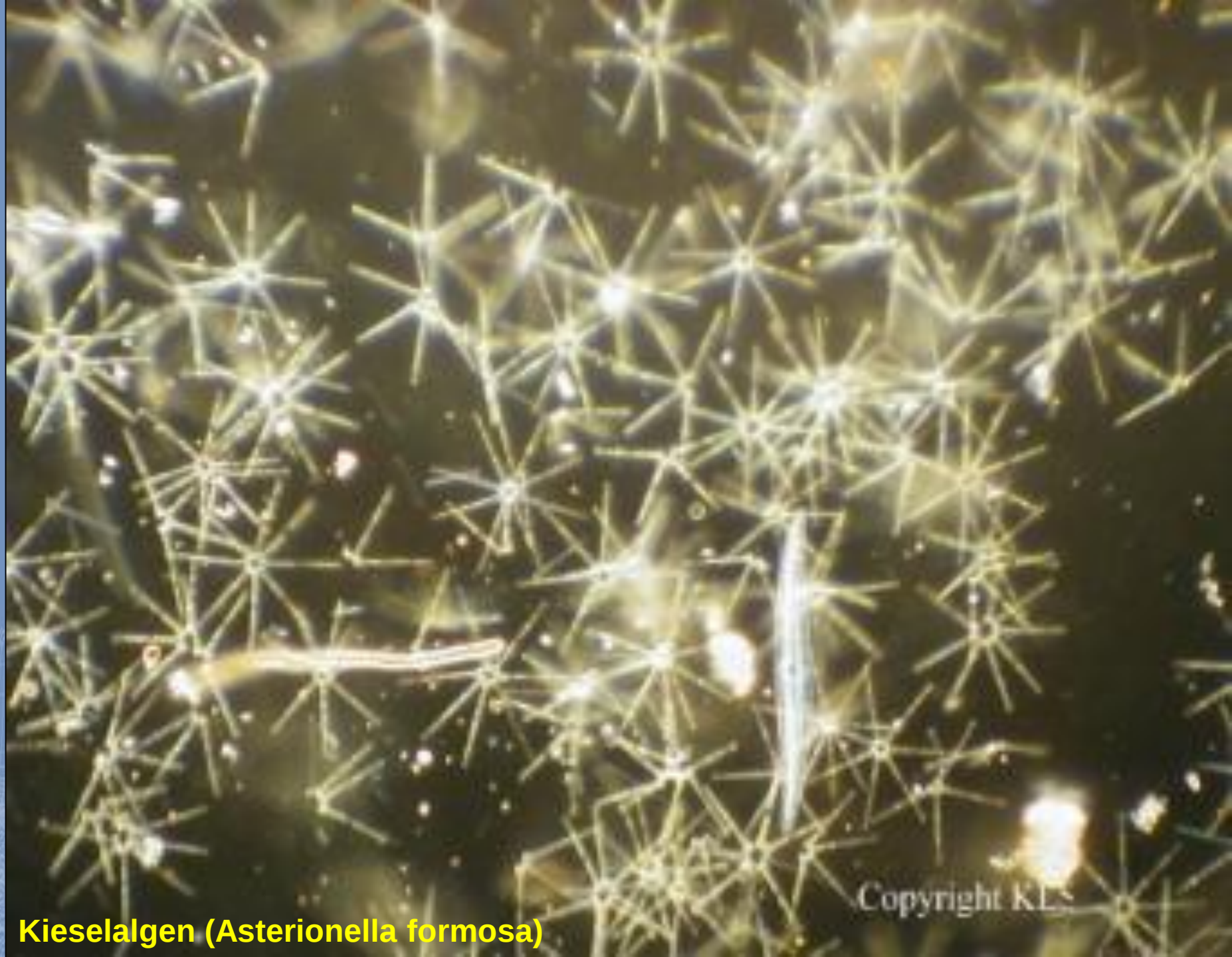
**Lösungen gibt es nicht vor der Stange!
Für jeden Schwimmteich muss eine individuelle
Lösung erarbeitet werden!**

**Untersuchung von:
Eintragsquellen für Phosphor – Abstellen!!!
Chemische Untersuchungen der Teilströme:
Füllwasser, Beckenwasser, Reinwasser**

**Wenn Algen keine Krankheit sind,
was sind sie dann?**

**schön
wichtig
aber auch
nervig**

**Algen sind ein funktioneller Bestandteil
von Schwimmteichen und Naturpools!!!**



Copyright KLS

Kieselalgen (*Asterionella formosa*)