

Übung 1

Algenwachstum

Fragestellung: Klärung zum Einfluss von Phosphor auf ein stehendes Gewässer.

Der Ablauf einer ARA mit 40'000 EW wird in den nahegelegenen See eingeleitet. Im Durchschnitt fließen täglich 10'000 m³ gereinigtes Abwasser in das Gewässer.

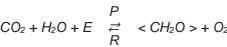
Weitere Angaben:

- Mittlere Phosphor-Konzentration im Ablaufwasser: 0.8 mg P/l
- Partikulärer (nicht gelöste) Anteil im Ablaufwasser: 0.3 mg P/l

- 1. Wie lautet die allgemeine Gleichung für die Photosynthese?
- 2. Welches ist der wachstumslimitierende Faktor?
- 3. Wieviel wiegt ein Mol Algenbiomasse?
- 4. Wie gross ist die eingeleitete P-Fracht
- 5. Wieviel Algenbiomasse wird an einem sonnigen Sommertag gebildet?
- 6. Wie gross ist die Sauerstoff-Zehrung beim Absterben der Algen?

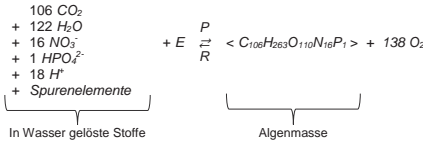
Anhang
Kap 4.1 „Photosynthese und Primärproduktion“ aus: Gewässer als Ökosysteme, Kummert, R., Stumm, W.; vdf 1988.

4.1 Photosynthese und Primärproduktion
Das einfachste Reaktionsschema für die Photosynthese (P) der Produzenten und die Respiration (R) kann durch folgende chemische Gleichung dargestellt werden:



E = Energieumsetzung, bei P meist in Form von Sonnenlicht, bei R meist in Form von Wärme
P = Primärproduktivität durch Assimilation mittels Photosynthese: Synthese von organischem Material aus anorganischen Verbindungen.
R = Respiration: Zersetzung von organischem Material aus anorganischen Verbindungen
< CH2O > = Organisches Material (Biomasse), welches durchschnittlich die Zusammensetzung der Elemente C : H : O von 1 : 2 : 1 besitzt.

Eine etwas realistischere Gleichung erhält man, wenn für die Biomasse eine durchschnittliche Zusammensetzung des Phytoplanktons verwendet wird:



Die Zusammensetzung der einzelnen Algen und die Zusammensetzung verschiedener Gewässer variiert natürlich von Fall zu Fall, doch ist das Verhältnis der Atome C : N : P gleich 106 : 16 : 1 der Algenbiomasse, bestehend aus Kohlenhydraten, Proteinen, Fetten usw., in einer ersten Näherung ein recht gut verwendbarer Durchschnittswert. Dieses Verhältnis ist sehr wichtig für die Kreisläufe dieser Elemente.

Die Produktivität, also die Geschwindigkeit der Biomassenbildung, ist abhängig vom Angebot dieser Atome im Wasser. Das Element, von welchem im Verhältnis am wenigsten zur Verfügung steht, wird zum wachstumsbegrenzenden Faktor. In unseren Seen beispielsweise sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff stets im Überschuss vorhanden.

Die übrigen Nährstoffe hingegen liegen meist in einem nicht idealen Verhältnis vor (Daten von Ambühl, 1979):

- "Ideal" für das Algenwachstum: C106N16P1
- Vierwaldstättersee (Horwerbuch): C2600N50P1
- Rotsee 1970: C2700N15P1
- Greifensee Zirkulation 1975: C330N24P1
- Sempachersee Zirkulation 1975: C985N24P1
- Abwasser: C30N65P1

Produktivität (P): Geschwindigkeit der Biomassenbildung. Die Einheiten sind Gramm Trockensubstanz pro Quadratmeter Oberfläche und Jahr, oder Gramm assimilierter Kohlenstoff pro Kubikmeter und Tag, oder auch Joule pro Volumen- bzw. Oberflächeneinheit und Zeiteinheit. Anstatt Produktivität wird oft auch der Ausdruck Produktion verwendet.

Bruttoprimärproduktivität (P): Gesamte Primärproduktivität (durch Assimilation produzierte Substanz) ohne Abzug der durch Respiration (R) der Produzenten verbrauchten Biomasse.

Nettoprimärproduktivität (Pnetto): Bruttoprimärproduktivität (P) abzüglich der durch Respiration (R) der Produzenten verbrauchten Biomasse Pnetto = P – R. Die Nettoprimärproduktivität ist für die Konsumenten verfügbar.

Verfügbare (stehende) Biomasse (B) (engl. standing crop): Gesamte Menge organischer Substanz in Form lebender Organismen je Flächen- oder Volumeneinheit zu einem bestimmten Zeitpunkt.

B = ∫0t (Pg - Rg) dt ; g = Gesamtgemeinschaft

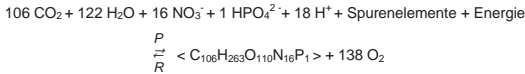
Für Vergleiche von Tabellen mit verschiedenen Einheiten können folgende Umrechnungsfaktoren verwendet werden.

1 g Trockensubstanz	≈ 5 g Frischmasse
	≈ 0.45 g organischem Kohlenstoff
	≈ 20 kJ ≈ 5 kcal

Übung 1: Lösung

Algenwachstum

1. Wie lautet die allgemeine Gleichung für die Photosynthese?



2. Welches ist der wachstumslimitierende Faktor?

Das Verhältnis von Kohlestoff zu Stickstoff zu Phosphor beträgt beim Phytoplankton:
C : N : P = 106 : 16 : 1

Die heisst, der limitierende Stoff ist der Phosphor. Ohne Phosphor kein Algenwachstum. Oder anders ausgedrückt, je weniger Phosphor eine Kläranlage bzw. die Landwirtschaft in einen See einträgt, desto geringer das Algenwachstum.

3. Wieviel wiegt ein Mol Algenbiomasse?

Gewicht Algenmasse (in g Trockensubstanz / Mol)

Algenmasse = < C106H263O110N16P1 >
Atomgewichte
C: 12 g
H: 1 g
O: 16 g
N: 14 g
P: 31 g

1 Mol Algenmasse = 106*12 + 263*1 + 110*16 + 16*14 + 1*31 = 3550 g TS / Mol

4. Wie gross ist die eingeleitete P-Fracht

Abwassermenge Q = 10'000 m³/d
Einleitbedingung (gemäss GschV) 0.8 mg P_{tot}/l, wovon 0.3 mg P_{partikulär}/l
Für Algenwachstum massgebender Phosphor ist der gelöste Phosphor, da nur dieser für die Algen verfügbar ist = 0.8 – 0.3 = 0.5 mg P_{gelöst}/l

P-Fracht_{gelöst} = 10'000 m³/d * 0.5 g P / m³ = 5000 g P / d

5. Wieviel Algenbiomasse wird an einem sonnigen Sommertag gebildet?

Aus 1 Mol P entsteht 1 Mol Algenmasse (limitierender Wachstumsfaktor)

Aus 5000 g P/d: $\frac{5000 \text{ g P/d}}{31 \text{ g P/Mol}} \cdot 1 \text{ Mol Algenmasse} = 161.3 \text{ Mol Algenmasse / d}$

Algenmasse: 161.3 Mol/d * 3550 g TS/Mol Algenmasse = 572'581 g Algenmasse/d

6. Wie gross ist die Sauerstoff-Zehrung beim Absterben der Algen?

Stirbt 1 Mol Algenbiomasse ab werden 138 Mol O2 gezehrt. Dies entspricht:

138 * 32 g O2 = 4416 g O2/ Mol Algenmasse

Bei einer Einleitung von 5000 g P_{gelöst}/d entstehen 161.3 Mol Algenmasse. Demzufolge verbrauchen beim Abbau 161.3 Mol Algenmasse folgende Sauerstoffmenge:

161.3 Mol Algenmasse/d * 4416 g O2/Mol Algenmasse = 713'300 g O2/d

Geht man davon aus, dass ein Liter sauerstoffgesättigtes Seewasser bei 15°C ca. 10 mg O2/l enthält, werden pro Tag gezehrt:

$\frac{713'300 \text{ g O}_2/\text{d}}{0.01 \text{ g O}_2/\text{l}} = 71'330'000 \text{ l/d} = 71'330 \text{ m}^3 \text{ Seewasser/d}$

Dies entspricht einem Würfel mit Kantenlänge von ca. 41.5 m.