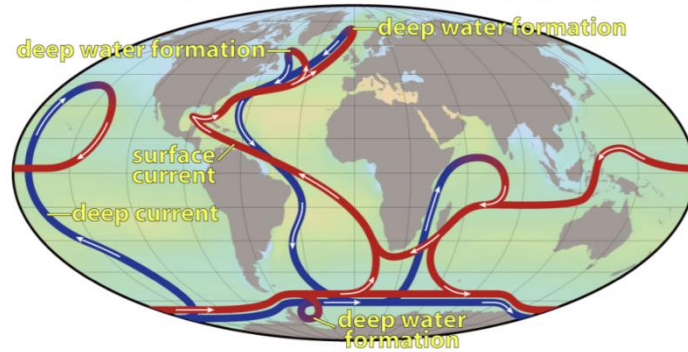


Thermohaline Circulation



ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

DEPARTEMENT LIFE SCIENCES & FACILITY MANAGEMENT

INSTITUT BTCH

ZF UBT 1

3. Semester

von

Katja Mutter

Bachelorstudiengang 2020

Studienrichtung Biotechnologie

Inhaltsverzeichnis

1. C-Kreislauf	3
2. Biomasse-Kreislauf	6
3. N-Kreislauf	9
4. P-Kreislauf.....	13
5. S-Kreislauf.....	15
6. Trinkwasser.....	17
6.1. Hydrosphäre.....	17
6.2. Eigenschaften von Wasser.....	17
6.3. Globaler Wasserkreislauf	17
6.4. Organischer Kohlenstoff in Gewässern	17
6.5. Bedeutung von Wasser für das Leben auf der Erde	18
6.6. Wichtige Organismen in Schweizer Gewässern	18
6.7. Biofilm	18
6.8. Anpassung der Wasserorganismen.....	19
6.9. Natürliche Gewässer (Ökosysteme) als Ressourcen unseres Trinkwassers.....	19
6.10. Gewässerschutz Schweiz	19
6.11. Revitalisierung	20
6.12. Bedeutung von naturnahen Gewässern.....	20
6.13. Trinkwasseraufbereitung.....	20
6.14. Durchflusszytometrie	21
6.15. Daphnien in Wasserwerken	21

1. C-Kreislauf

Sie können die Begriffe Emission, Transmission & Immission anhand einem Beispiel erklären.

- **Emission** ist die Abgabe von Stoffen oder Energie in die Umwelt durch eine bestimmte Quelle. Z.B. Luftverunreinigungen, Lärm, Strahlen beim Austritt der Anlagen.
- **Transmission** Verfrachtung, Reaktion & Verdünnung. Z.B. Staub wird durch den Wind verteilt.
- **Immission** ist die Einwirkung der emittierten (Schad-)Stoffe auf die Umwelt (Menschen, Tiere & Pflanzen). Z.B. Wenn der Schmutz der Anlagen ein Gewässer verunreinigt.

Sie kennen die Emissionsquellen & Senken von Kohlenstoff im globalen Kreislauf.

- Emissionsquellen: Strassenverkehr, Luftfahrt, Landwirtschaft, Kraftwerke, Industrie,
- Emissions-senken: Pflanzen, Ozeane, Lithosphäre (Kalkbildung wie Stromatolithen),

Sie erkennen bestimmte Gesteine als Kohlenstoff-Reservoir.

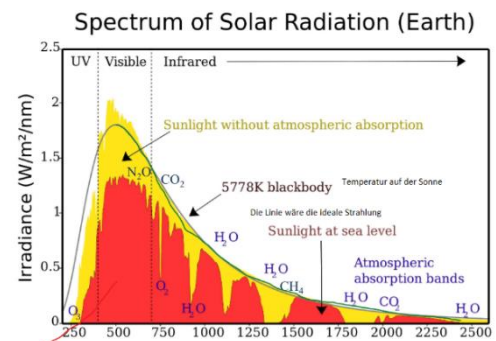
- Kalzit/Kalkstein (CaCO_3), Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Magnesit (MgCO_3), Siderit (FeCO_3), Rhodochrosit (MnCO_3).

Sie können jemandem erklären, wieso ein mit Pilzen befallenes Holz weiss erscheint.

- Weissfäule: Das braune Lignin wird abgebaut (nur aerob möglich). Pilze können Lignin abbauen, jedoch nicht als einzige C- & Energiequelle nutzen, sondern brauchen ein zusätzliches Substrat. In der Regel ist das Cellulose (Co-Metabolismus).
- Braunfäule: weisse Cellulose wird abgebaut.

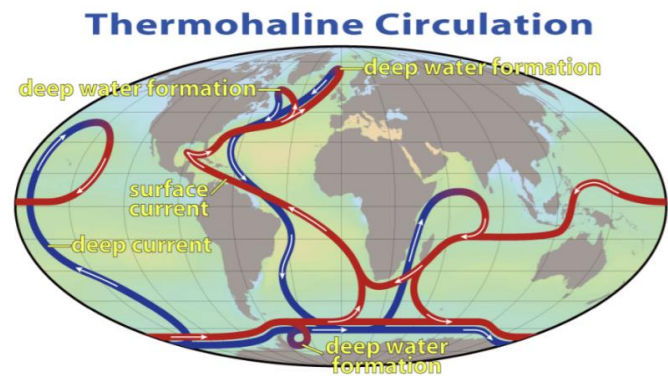
Sie kennen die grundlegenden physikalischen Ursachen des Treibhauseffekts.

- Treibhauseffekt heisst Wärme zurückhalten. Dieser entsteht dadurch, dass die Atmosphäre weitgehend transparent für die von der Sonne ankommende kurzwellige Strahlung ist, jedoch wenig transparent für die langwellige IR-Strahlung, die von der warmen Erdoberfläche & der erwärmten Luft emittiert wird. So wird die Rückstrahlung verhindert. Der grösste Teil des Treibhauseffektes ist Wasserdampf.
- Der rote Teil ist die Strahlung, welche von der Erdatmosphäre absorbiert wird. Das Gelbe die nicht absorbierte Sonnenstrahlung.



Sie können die Zusammenhänge von Klima, Golfstrom & dem C-Kreislauf diskutieren.

- Der Golfstrom bringt riesige Wärmemengen aus den Tropen (Mittelamerika, Brasilien) nach Nordamerika & Westeuropa. Ohne diesen Strom wäre das Klima in Mitteleuropa deutlich kälter.



- **Im Norden kühlt das Wasser ab & seine Dichte nimmt zu durch die Verdunstung durch die Winde (Salzkonzentration steigt an).** Der Effekt wird «Thermohaline Zirkulation» genannt.
- **Wenn es nun wärmer wird, schmilzt das Eis & das Wasser wird aufgrund der Salzkonzentrationsänderung leichter.** Dies kann den Strom stoppen → Es wird in Europa kälter.

Sie können berechnen wie lange es dauert, bis die Photosynthese das gesamte atmosphärische CO₂ netto aufgenommen hat.

- Nehmen wir die Bruttoprimärproduktion dann wären es $850 \text{ Gt C} / 120 \text{ Gt C/a} = 7,08$ Jahre. Lassen wir die Pflanzen noch respirieren, dann wären es $850 \text{ Gt C} / 60 \text{ Gt C/a} = 14,16$ Jahre.

Sie können Ihren persönlichen Carbon-Footprint abschätzen.

- ~5-10t

Sie können den Begriff „Biomasse“ beschreiben.

- **Masse der durch Lebewesen anfallenden organischen Substanz.**

Sie kennen den aktuellen Stand der Schweizer Klimapolitik

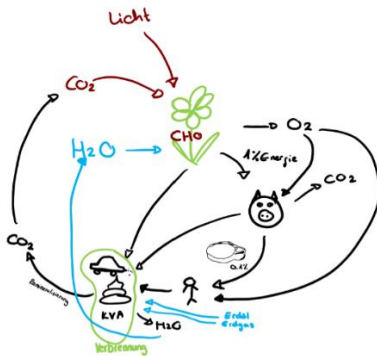
- Im **Kyoto Protokoll** verpflichten sich die Industriestaaten ihre Treibhausgasemissionen um durchschnittlich 5,2% gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren.
 - Die Schweiz hat ihre Verpflichtungen 2008–2012 erfüllt sagt Bern, aber andere Quellen behaupten, dass der Ausstoss war 52,791 Mt CO₂. Somit wäre das Ziel um 4.1% verfehlt.
- **Pariser Abkommen (2020):** Das langfristige Ziel ist die Erwärmung deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen (Ziel: 1,5 °C), da dies die Risiken & Folgen des Klimawandels deutlich vermindern würde.
- Im Zentrum steht das Senken der Treibhausgasemissionen. Sie sollen bis 2030 gegenüber 1990 um 50 % abnehmen, min. 30 % im Inland, max. 20 % im Ausland. Stand 2020.

Sie erkennen, wo Sie sich als Biotechnologe in die Klimaproblematik einbringen könnten.

- Dekarbonisierung der Energieversorgung → H₂, Elektrifizierung
- Erneuerbare Energien aus Biomasse → Biomethan, Ethanol, Biodiesel, Holz etc.
- Korrekte Abfallwirtschaft (Sonst Gefahr der Methan Freisetzung) → Kompostierung
- Korrekte Anwendung von Düngern (Lachgasvermeidung) → Recyclingdünger aus der Bioabfallverwertung anstatt Kunstdünger
- Erneuerbare Stoffe aus Biomasse anstatt aus Erdöl
- CCS Carbon Capture and Storage → Biokohle, HTC Hydrothermale Carbonisierung

2. Biomasse-Kreislauf

Ihr könnt den globalen Biomassekreislauf skizzieren & die wichtigsten Begriffe, Prozesse & Produkte erläutern.



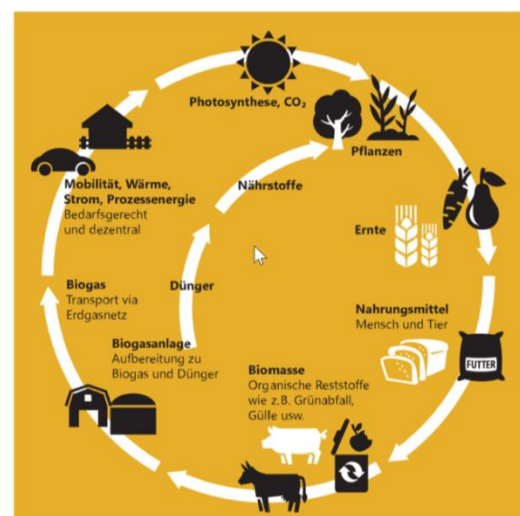
- Umweltbiotechnologische Verfahren = **Stoffumsatz mit MOs**
z.B. ARA, Biogas, Kompostieren
- ARA produziert CO₂
- Biogas produziert CH₄ + CO₂ wobei das Methan aufgefangen & verbrannt wird → CO₂
- Kompostieren produziert CO₂

Ihr könnt anhand von Beispielen die Relevanz der Energie im globalen Biomassekreislauf unterstreichen.

- Mithilfe von Sonnenenergie **bilden grüne Pflanzen (Produzenten) energiereiches, organisches Zellmaterial (Photosynthese)**, welches als **Nahrung für Mensch & Tier (Konsumenten)** dient. Ein Teil davon wird **bei der Atmung zur Deckung des Energiebedarfs** verwendet (**Körperwärme, Fortbewegung** etc.), ein anderer Teil **zu körpereigenem Material umgebaut (Fleisch, Fett etc.)** & ein dritter Teil wird wieder **ausgeschieden**. Beim Verzehr der Produzenten geht nur **~10-15 %** der darin gespeicherten Energie **in den Konsumenten** über. Schliesslich wird alles biogene Material wieder **von MOs (Destruenten)** zu einfachen, **energiearmen, mineralischen Bausteinen (CO₂ & H₂O)** abgebaut.

Ihr könnt aufzeigen, welche anthropogenen Einflüsse in den globalen Biomassekreislauf geschehen.

- Menschen benötigen Biomasse zur Ernährung (Pflanzenanbau & Nutztierhaltung) für den Stoffwechsel, Wachstum & Erneuerung. Auf der gesamten Nahrungsmittel-Wertschöpfungskette fallen **grosse Mengen an organischen Rest- & Abfallstoffen** an. Da die **aeroben & anaeroben Abbauprozesse in der Natur langsam vor sich gehen & die Gesellschaft immer mehr organische Ressourcen & Energieträger benötigt, die durch fossile Einlagerung entstanden sind** (Erdöl, Kohle, Erdgas etc.), **müssen** heute die **mikrobiologischen Abbauprozesse der gebildeten Biomasse möglichst effizient ablaufen**. Optimale Milieubedingungen bezüglich pH-Wert, Temperatur, Durchmischung,



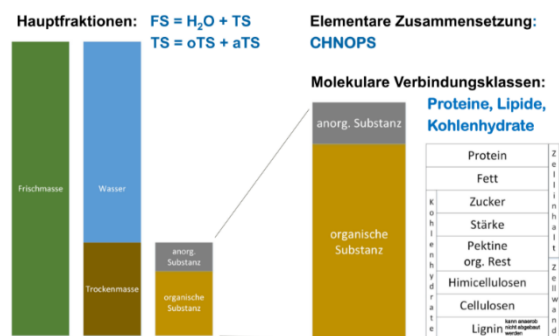
Substratzufuhr & Nährstoffverhältnissen etc. können in UBT-Verfahren (Abwasserreinigung, Kompostierung, Vergärung) eingestellt werden. Die Prozesswärme, die dabei entsteht, ist somit gespeicherte Energie der Sonne, genauso wie die Energie im Biogas in Form von Methan (CH₄).

Ihr könnt den Begriff «Biomasse» definieren & erklären, weshalb dieser Begriff nicht einfach abzugrenzen ist.

- Nicht einfach abzugrenzen, da er in jeder Fachdisziplin anders definiert ist.
- Biomasse sind die Überreste von Lebewesen (mit oder ohne lebende Wesen?).
- Zählt nur die Trockenmasse oder die Totalmasse?
- Sind MOs auch Biomasse?
- Definition der Fachstelle UBT der ZHAW: **lebendes & totes Material von Lebewesen** (Tieren, Pflanzen, MOs) **inkl. Wasseranteil & organische fossile Stoffe biogenen Ursprungs.**

Ihr könnt Biomasse nach unterschiedlichen Gesichtspunkten kategorisieren.

- Kategorisierung anhand Biomolekülen
 - **Elementare Zusammensetzung:** PONSCH
 - **Hauptfraktionen:** Wasser, org. Substanz. Anorg. Substanz
 - **Molekulare Verbindungsklassen:** Kohlenhydrate, Lipide, Proteine



Ihr könnt erläutern, wie Biomassen chemisch aufgebaut sind & weshalb dies für den Abbau eine wichtige Rolle spielt.

- Aus **Protein, Fett, Zucker, Stärke, Pektine, org. Rest, Hemicellulosen, Cellulosen & Lignin.**
- **Lignocellulose**, bestehend aus Lignin, Cellulose & Hemicellulose ist **problematisch für den biologischen Abbau**, insbesondere bei anaeroben Bedingungen. Es **braucht spezielle Enzyme** für den Aufschluss!

Ihr wisst, welche umweltbiotechnologischen Verfahren es gibt, um organische Reststoffe zurück in den Biomasse-Kreislauf zu bringen.

- Aerob → **Kompostierung**
 - oxisches Milieu
 - grosser Sauerstoffbedarf
 - stark exotherm, viel Wärmeproduktion
 - energiearme Produkte (CO₂, H₂O)
 - viel verfügbare Energie (viel ATP)

- schnelles Wachstum, kurze Verdoppelungszeiten (Minuten-Stunden)
- viel Biomasseaufbau
- hoher Nährstoffbedarf (N, P, etc.)
- $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O \quad \Delta G^0 = -2870 \text{ kJ/mol}$
- Aneorob → **Vergärung** *Biogasanlage*
 - anoxisches Milieu
 - kein Sauerstoffbedarf
 - wenig exotherm, kaum Wärmeproduktion
 - energiereiche Produkte (CH₄)
 - wenig verfügbare Energie (wenig ATP)
 - langsames Wachstum, lange Verdoppelungszeiten (Tage)
 - wenig Biomasseaufbau
 - niedriger Nährstoffbedarf (N, P, etc.)
 - $1 C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3 CO_2 + 3 CH_4 \quad \Delta G^0 = -393 \text{ kJ/mol}$

Ihr könnt mikrobielle Abbauege von Biomasse aufzählen & einordnen & Ihr kennt die beteiligten Organsimengruppen.

- **Kompostierung (aerob): Bakterien & höhere Organismen** (Pilze, Würmer, Milben, Spinnen, Asseln)
- **Vergärung (anaerob):** Nur durch **MOs**, selten durch Pilze

Ihr könnt den ersten Prozessschritt des aeroben & anaeroben Abbaus nennen & das Prinzip erläutern.

- **Hydrolyse:** Sowohl der anaerobe Prozess zur Biogasbildung, wie auch der Kompostierungsprozess findet stets im wässrigen Milieu, also im Wasserfilm statt (identisch). Hydrolyse bedeutet «Auflösen mit Wasser»: Hochmolekulare Polymere wie beispielsweise Lipide (XY), oft unlöslich, werden durch Exoenzyme in lösliche Oligo- & Monomere wie Glycerin & Fettsäuren (X, Y) gespalten, die von den Zellen aufgenommen werden können. Das Wasserstoffatom (H⁺) & der Hydroxy-Rest (OH⁻) werden dabei an die Spaltprodukte angehängt: $X-Y + H_2O \rightarrow X-H + Y-OH$
- Es gibt sehr viele verschiedenen spezifische Exoenzyme, die z. B. auch von Pilzen produziert werden. Oft bestimmt die Hydrolyse die Umsatzgeschwindigkeit (Kinetik). Der Hydrolyse-Schritt ist meist exergon ($\Delta G < 0$) & läuft also ohne Energiezufuhr biologisch-enzymatisch ab. In industriellen Prozessen wie beispielsweise der Biotreibstoff-Herstellung wird jedoch oft auch auf die physikalisch-chemische Hydrolyse zurückgegriffen.

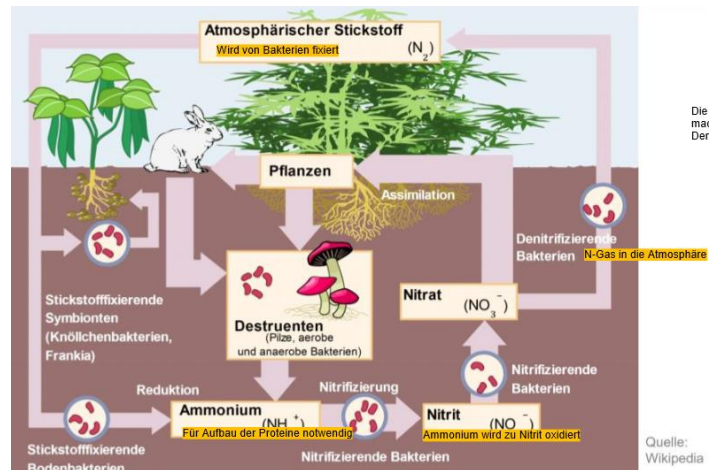
3. N-Kreislauf

Sie wissen warum N für die Biologie essentiell ist.

- Wertvoller **Dünger für Pflanzen**
- Alle anderen Organismen sind vom gebundenem limitierten Nährstoff N₂ abhängig.
- **Ohne N keine Proteine, keine Nukleotide, kein Leben**

Sie wissen, wie & wo Pflanzen N fixieren.

- Stickstoff aus der Luft wird von seiner elementaren, molekularen Form (N₂) **in reduzierte Verbindungen umgewandelt**. Die so entstehenden **Ammonium-Ionen (NH₄⁺)** können von Pflanzen & Tieren **zum Aufbau von AS & Amiden** verwendet werden.
- In der Natur erfolgt die **Fixierung durch MOs**, die entweder frei leben wie Azotobacter & Cyanobakterien oder in symbiotischer Verbindung mit Pflanzen (zum Beispiel Knöllchenbakterien & Frankia). Aufgrund der **hohen Stabilität von N₂-Molekülen** **benötigen die MOs bei der Umwandlung eine hohe Menge Energie**.



Sie können die Hypothese „Menschen sind synthetische Lebewesen“ verteidigen.

- Laut Schätzungen bestehen **Menschen aus 40% synthetischem Stickstoff**.
- Dieses N₂ wurde **durch die Haber-Bosch-Synthese** hergestellt.
 - **$3 \text{ H}_2 + \text{ N}_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_3$ (300bar, 500°C, Kat)**

Sie erkennen, dass N als wichtiger Pflanzennährstoff (Dünger) in der Landwirtschaft benötigt wird.

- Die Landwirtschaft nutzt den Prozess der technischen & biologischen Stickstoff-Fixierung, um nicht-reaktiven Luftstickstoff (N₂) reaktiv & damit für das pflanzliche Wachstum verfügbar zu machen. Über das Pflanzenwachstum wird mineralischer Stickstoff in Proteine & zusammen mit Kohlenstoff in Biomasse eingebaut, vor allem in Form von Eiweissen.
- <https://www.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/stickstoff-in-der-landwirtschaft>

Sie können die drei wichtigsten mikrobiellen N-Reaktionen aufzeichnen.

Nitrifikation mit aeroben Bakterien → Nitrosomonas sp.	Nitrifikation mit aeroben Bakterien → Nitrobacter sp.	Denitrifikation mit anaeroben Bakterien
$\text{NH}_3 + 1.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{Energie}$	$\text{NO}_2^- + 0.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Energie}$	$2 \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 10 [\text{H}] \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{Energie}$

Sie erkennen die Oxidationsstufen, die N annehmen kann.

Zunahme der Oxidationszahl (Oxidation) →						
-3	0	+1	+2	+3	+4	+5
NH ₃ Ammoniak	N ₂	N ₂ O Lachgas	NO Stickstoffoxyde	HONO Nitrous acid NO ₂ ⁻ Nitrit	NO ₂ Stickstoff-dioxyd	HNO ₃ Nitric acid NO ₃ ⁻ Nitrat
NH ₄ ⁺ *Wassergelöst Ammonium R ₁ N(R ₂)R ₃ Org. N						
← Abnahme der Oxidationszahl (Reduktion)						

*Salpetrige Säure
**Salpetersäure

Sie kennen die Umweltauswirkungen von zu viel N in Ökosystemen.

- Treibhauseffekt
 - Emission von Lachgas (N₂O) in die Atmosphäre. Es führt zum Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre. Beitrag zum sauren Regen. NO_x als Reizgas.
- Hydrosphäre
 - Nitratbelastung des Grundwassers & damit der Trinkwasservorräte.
 - Eutrophierung (Überdüngung, Belastung) von Gewässern (Nordsee).
- Geosphäre

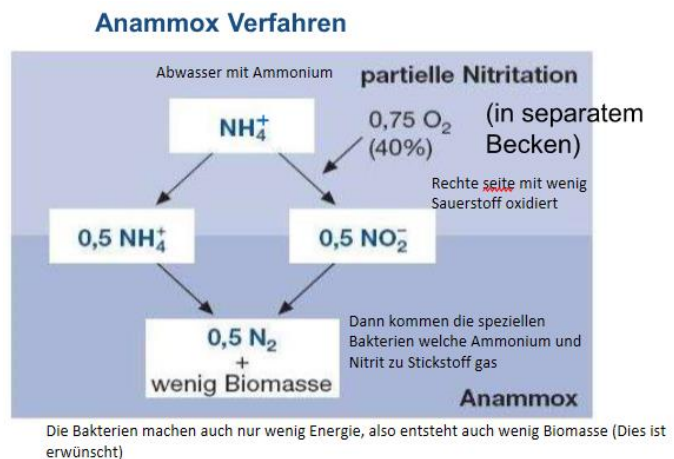
- **Überdüngung von Wäldern durch Auswaschung** von NH_3 & NO_x aus **der Atmosphäre.**
- Überdüngung von Magerwiesen (Nährstoffarm), **Verschwinden der typischen Flora** (z.B. Pflanzenvielfalt), da sich andere Pflanzen durchsetzen. Stichwort Biodiversität.
- Sonstiges
 - **Korrosionsschäden an Gebäuden** durch die Säurebildung bei der Nitrifikation von Ammoniak. (Beispiel: Kutschenstation Zürich)

Sie kennen ein N-haltiges anthropogenes Treibhausgas.

- **Lachgas (N_2O)**

Der Begriff „Anammox“ sagt Ihnen etwas.

- = Anaerobe Ammonium Oxidation
- → Elimination von NH_4^+ aus Abwasser.
- Dieses Verfahren braucht 2 Becken, ist aber trotzdem viel effizienter als das klassische Verfahren.
- Das Klassische Verfahren im Vergleich: Nur Nitrifikation & anschließende Denitrifikation.

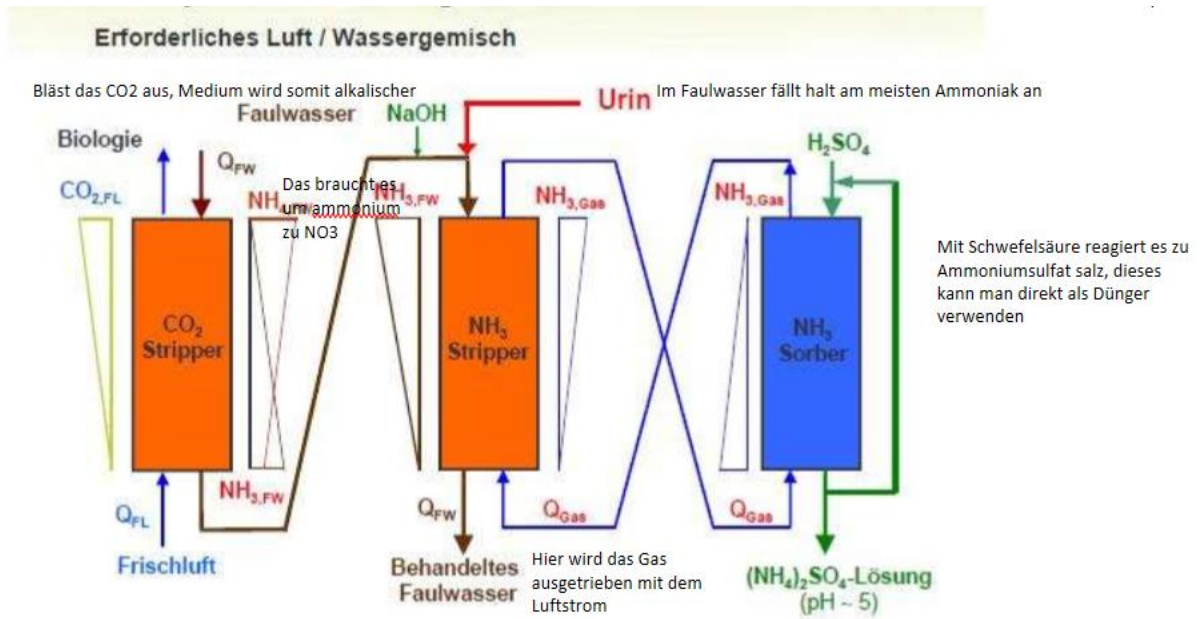


Sie können berechnen wieviel Liter Sauerstoff notwendig sind, um eine bestimmte Menge Ammonium zu Nitrat zu oxidieren.

- $0,75 \text{ O}_2$ (40%) pro NH_4^+ = $0,5 \text{ N}_2$ + wenig Biomasse

Sie können nachvollziehen, wie die N-Eliminierung aus Abwasser technisch funktioniert.

- Strippung: Gas (in diesem Fall NH_3) wird mithilfe eines gasförmigen Trägers wie z.B. Luft oder Dampf aus der Flüssigkeit ausgetrieben.
- CO_2 & damit Kohlensäure «ausstrippten». Effekt: pH steigt, NH_4^+ wird deprotoniert zu NH_3 (Gleichgewichtsreaktion). Wenn bereits mehr NH_3 als NH_4^+ vorliegt, so wird im nächsten Schritt NaOH gespart, das teuer ist.
 Im zweiten Reaktor wird NaOH zugegeben → Ammonium wird komplett in NH_3 überführt & als Gas im Gegenstrom gestrippt.
- Im 3. Reaktor (NH_3 Sorber) wird mit H_2SO_4 gestrippt → Ammoniumsulfat fällt aus
 - Ammoniumsulfat wird weiter als benutzt



Sie können Salpeterausblühungen (KNO₃, NaNO₃) an Gebäuden erkennen.

Stichwort: Kutschenstation Zürich. Wenn Stickstoff als Ammonium vorliegt kann er zu Nitrat oxidiert werden & diese Säure zerstört dann Kalkstein.



den

4. P-Kreislauf

- P bildet keine Klimagase
- P ist völlig ungiftig
- P verändert in biologischen Systemen nicht den Redoxzustand von +5

Sie kennen...

5 Biomoleküle, die Phosphor enthalten

- ATP, FAD⁺, DNA, RNA, NADH

3 Funktionen von P in der Biologie

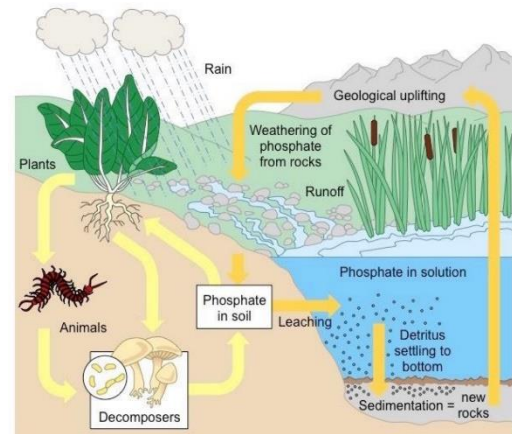
- Nucleotide (Base, Zucker, Phosphat):
 - Energieübertragung: ATP, ADP, AMP,
 - Informationsträger: DNA, RNA
 - Elektronenüberträger: NAD⁺, NADP⁺, FAD
- Stoffwechselregulation
 - Phosphorylierung von Enzymen mit Pi (PO₄³⁻)
- Strukturbildend
 - Dentin in Zähnen (Calciumhydroxylapatit)
 - Zahnschmelz (Fluorapatit, sehr hart & unlöslich)
 - Knochen (Calciumhydroxylapatit)

die natürliche Ressourcen von P

- aus Mineralen z.B. Apatit Ca₅[(PO₄)₃(OH,F,Cl)]. Hauptvorkommen: Süd- & Nord Afrika (Marokko-Westsahara), China, Algerien, Togo, Jordanien & Russland.
 - Die P-Vorräte der Lagerstätten reichen noch etwa 50 – 200 Jahre.
 - Die Qualität nimmt ab. Oft verunreinigt mit Uran & Cadmium.
 - Die Nachfrage nach Phosphor steigt stetig an, was sich in den Preisen für Phosphatdünger niederschlägt.
- Organisch Gebundener O in Organismen oder Humus
- In Wasser gelöstes Phosphat

die Motivation für das P-Recycling

- Endliche Ressource, Kreislaufgedanke
- Unabhängigkeit vom Ausland
- Rohphosphat aus dem Ausland enthält viele Schwermetalle, wie z.B. Uran & Cd.

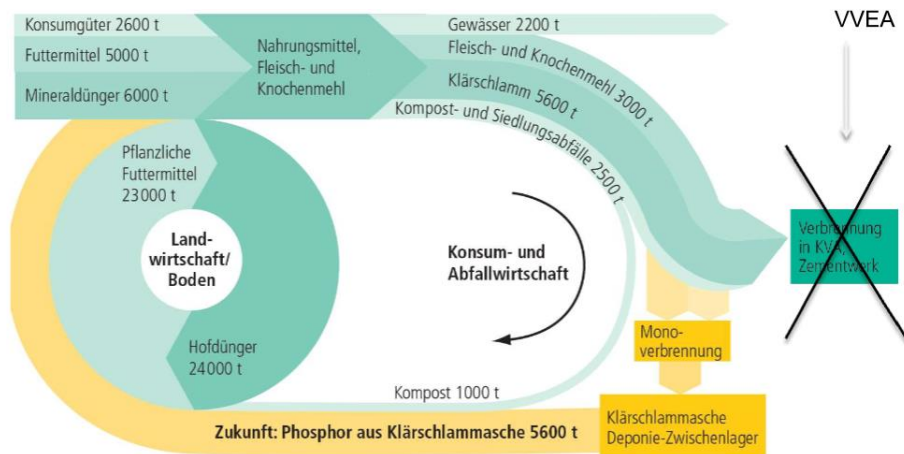


- Die Schwermetalle kommen entweder in die Böden wo sie sich anreichern, oder fallen bei der Aufreinigung im In- & Ausland an
- Konsequentes P-Recycling verhindert die Eutrophierung von Gewässern
- Kostenersparnis(?)

kennen die Umweltauswirkungen von zu hohen P-Konzentrationen in Gewässern

- Eutrophierung von Gewässern
 - Übermässiges Algenwachstum führt zu Sauerstoffzehrung beim Absterben der Algen → Fische bekommen nicht genügend O₂
 - Oligotroph: unterernährt → wenig Biowachstum
 - Mesotroph: In der Mitte
 - Eutroph: gut ernährt → starkes Biowachstum

die derzeitige & zukünftige Praxis der P-Rückgewinnung im Abwasserbereich



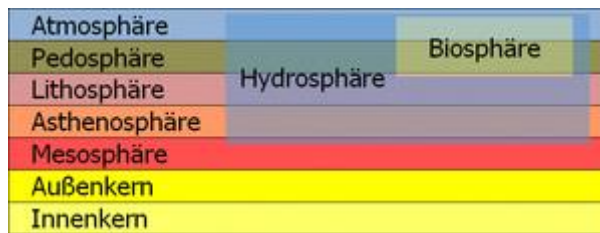
5. S-Kreislauf

Sie erkennen Schwefel als essentiellen biologischen Baustein

- Ohne S kein Leben →
 - In Aminosäuren wie Methionin & Cystein
 - Energiestoffwechsel: Energie durch Redoxreaktion mit Schwefel
 - Sekundärstoffwechsel: DMSP/DMS als Osmoregulator & Stressindikator in marinen Algen DMS als Klimagas.

Sie können die Umweltkompartimente (Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre) nennen, in denen Schwefel in Form von bestimmten Verbindungen vorkommt.

- Lithosphäre → Erdkruste Metallsulfide, Gips, S, H₂S, Kohle
- Hydrosphäre → Gesamtheit des Wassers der Erde SO₄²⁻, H₂S, SO₂, CS₂
- Erdatmosphäre SO₂, SO₄²⁻, H₂S, DMS
- Biosphäre → Gesamtheit aller Lebensräume Cys, Met,

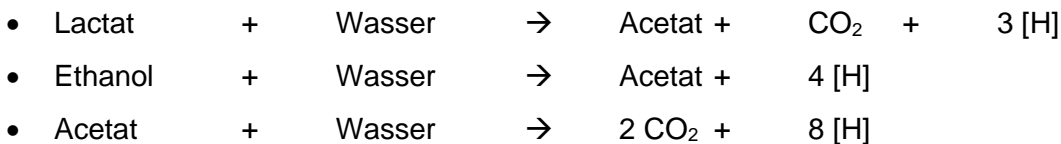


- Schwefel kommt als Ox-Stufe -2 (Metallsulfiden & Schwefelwasserstoff); -1 (in AS); + 6 (Sulfat) vor.

Sie kennen eine mikrobielle Reaktion die eine extrem toxische Schwefelverbindung produziert.

- Dissimilatorische Sulfatgewinnung: Ein strikt anaerober Prozess durch den Organismus *Desulfovibrio* sp. Zum Zweck der Energiegewinnung unter Einbeziehung externer Elektronenakzeptoren in anoxischen Meeressedimenten, Sümpfen, Biogasanlagen.

Anaerobe Oxidation von organischen Verbindungen



Sulfatreaktion



Sie kennen anaerobe Bakterien, die mit Sulfat Energie gewinnen können.

- *Desulfovibrio* sp.

Sie kennen natürliche Emissionen von S-Verbindungen in die Luft.

- Vulkanismus als SO₂, H₂S, OCS
- Abholzung SO₂, H₂S, OCS
- Biogen als H₂S aus Seen & H₂S / DMS aus Ozeanen
- Verbrennung als SO₂
- Spray aus Ozeanen als SO₄²⁻

Sie kennen die Umweltauswirkungen von Schwefelverbindungen in der Atmosphäre.

- Atmosphärische Oxidation von SO₂ zu SO₃, Bildung von Schwefelsäure-Aerosolen (SO₃+ H₂O → H₂SO₄)
- DMS bildet ebenfalls Aerosole. DMS oxidiert über Dimethylsulfoxid (DMSO) & Schwefeldioxid (SO₂) zu Schwefelsäure (H₂SO₄).
- SO₄²⁻-Aerosole führen in der oberen Stratosphäre zu stärkerer Rückstrahlung des Sonnenlichts. → Abkühlender Klima-Effekt.
 - Dieser Effekt durch SO₂ wurde bei Vulkanausbrüchen nachgewiesen & kann sich bis zu 4 Jahre lang halten, je nach Höhe der SO₂ Emissionen.
 - Problem: Zerstört die Ozonschicht.

Sie kennen die Verweildauer von S-Verbindungen in der Atmosphäre.

- Schwefelaerosole können sich bis zu 4 J. lang halten, je nach Höhe der SO₂ Emissionen.

Sie wissen, wie man Schwefelbakterien einsetzt, um H₂S aus Biogas zu entfernen & kennen das daraus resultierende Produkt.

- Aerob: $\text{H}_2\text{S} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{S}^0 + \text{H}_2\text{O}$ $\Delta G < 0$
 - An Oberflächen bildet sich im Biogasfermenter Elementarschwefel, welcher zurück in das Gärgut fällt & später als Pflanzendünger dient.
- Anaerob: $4 \text{H}_2\text{S} + \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow 4 [\text{S}^0] + \text{NH}_4^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$ $\Delta G < 0$
 - Durch Thiobacilli

Sie haben gehört, dass es im Bergbau ein biotechnologisches Verfahren zur Metallmobilisation mit Schwefelbakterien gibt → Bioleaching.

- Gestartet wird der Bioprozess durch Zerkleinern des Erzes & besprühen mit H₂SO₄, die danach von den Thiobacillus sp. .
- Summe: $\text{CuFeS}_2 + 4 \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{gel.})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{gel.})} + 2 \text{SO}_4^{2-}$
- Das Ergebnis: Eine Kupfer-Eisen-Sulfat-Lösung.

6. Trinkwasser

6.1. Hydrosphäre

Die Hydrosphäre umfasst alles Wasser auf der Erde, bestehend aus den ober- und unterirdischen Wasservorkommen, sowie das Wasser in allen Aggregatzuständen. Die Gesamtmenge des Wassers auf der Erde ist konstant.

6.2. Eigenschaften von Wasser

Die besonderen Eigenschaften beruhen auf der Struktur der Wassermoleküle. Diese sind polar und verfügen über die Fähigkeit Wasserstoffbrücken auszubilden. Durch die Polarität der Wassermoleküle ist Wasser ein geeignetes Lösungsmittel für polare Stoffe. Wasser hat vergleichsweise hohe Schmelz- (0°C) und Siedetemperaturen (100°C) unter dem atmosphärischen Druck und erreicht bei 4°C die grösste Dichte. Weiter hat Wasser die höchste Wärmekapazität aller Flüssigkeiten und eine hohe Oberflächenspannung. Die Leitfähigkeit von Wasser wiederum ist sehr gering, was Ozeane zu guten Wärmespeichern macht.

6.3. Globaler Wasserkreislauf

Der Wasserkreislauf beschreibt die globale Zirkulation des Wassers, über welche alle Gewässer untereinander und mit dem Wasser in der Atmosphäre verbunden sind. Der Aggregatzustand kann sich im Kreislauf verändern.

Bei der Evaporation verdunstet Wasser aus Gewässern durch Sonneneinstrahlung. Gleichzeitig verdunstet Wasser auf der Bodenoberfläche und von den Körpern der Organismen, was als Transpiration bezeichnet wird. Der entstandene Wasserdampf steigt auf und kondensiert durch die Abkühlung in der Atmosphäre. Über Niederschläge gelangt das Wasser aus den Wolken zurück aus der Atmosphäre auf die Erde. Durch Versickerung gelangt ein Teil des Wassers aus den Niederschlägen in das Grundwasser. Das Wasser fliesst über oberirdische Fliessgewässer und über das Grundwasser in die Ozeane.

6.4. Organischer Kohlenstoff in Gewässern

Die Belastung von Wasser mit organischen Stoffen kann durch den TOC-Parameter (total organic carbon) beschrieben werden. Gutes Grundwasser weist einen tiefen TOC-Gehalt von zirka 1 mg/L auf, wobei stark verschmutzte Gewässer wie Abwasser 200 mg/L TOC enthalten.

Organischer Kohlenstoff kann allochthon (von aussen) auf natürliche Art wie über Laub oder anthropogen über Abwasser in die Gewässer gelangen. Autochthon (im Gewässer entstandener)

Kohlenstoff stammt aus der Fotosynthese von Bakterien, eukaryontischen Algen oder höheren Wasserpflanzen. Der organische Kohlenstoff im Wasser bildet die Grundlage der gesamten Nahrungsketten in den Gewässern. Der organische Kohlenstoff kann ausgeschwemmt werden, indem es durch die Strömung mit dem Wasser herausgespült wird. Durch Sedimentation wiederum kann der Kohlenstoff sich absetzen, fixiert werden und mit neuen Schichten oder Sand überdeckt werden. Dadurch ist der sedimentierte Kohlenstoff nicht mehr reaktionsfähig und kann durch den erhöhten Druck, sowie den Sauerstoffausschluss nicht mehr mikrobiell abgebaut werden.

6.5. Bedeutung von Wasser für das Leben auf der Erde

In den Gewässern sind Organismen aller trophischen Gruppen und Ebenen aller taxonomischen Gruppen zu finden. Alle Lebewesen der Erde bestehen aus einem grossen Teil Wasser und sind Wasserabhängig. Wasser stellt daher die Basis aller Lebensvorgänge und – Prozesse dar. Wasser ist nicht nur als Trinkwasser von grosser Bedeutung, sondern ermöglicht auch die Landwirtschaft, Hygiene, sowie Energiegewinnung, Transporte mittels Schiffen und bietet Erholungsräume.

6.6. Wichtige Organismen in Schweizer Gewässern

In den Gewässern der Schweiz gibt es eine Reihe von Organismen, die entweder als Produzenten organisches Material aufbauen und damit die Grundlage der Nahrungsketten bilden. Die Konsumenten wiederum verwerten das organische Material verwerten, während die Destruenten für den Abbau von organischem Material verantwortlich sind.

6.7. Biofilm

Biofilme wirken prägend auf den Metabolismus der Gewässer und bestehen aus einer Schleimschicht mit (Photo-) autotrophen, heterotrophen oder gemischten Gemeinschaften von sessil lebenden Mikroorganismen. Sessile Organismen sitzen auf einem festen Substrat wie Steinen, Kies, Sand oder Holz fest und bewegen sich nicht fort. Gewässerkompartimente mit mehrheitlich biofilmbasiertem Metabolismus sind Seesedimente, Flusssedimente, Bachsohlen und Grundwasserleiter. In Fliessgewässern mit Lichteinfall bis zur Sohle und Grundwasserleitern wird der Metabolismus fast ausschliesslich durch Biofilmgemeinschaften bestimmt.

Die Abbauprozesse, die mehrheitlich durch mikrobielle Biofilmgemeinschaften umgesetzt werden, sorgen für eine natürliche Reinigung des Wassers. Während organische Stoffe abgebaut werden können, können Xenobiotika auf diese Weise jedoch schlecht abgebaut werden.

6.8. Anpassung der Wasserorganismen

Wasserorganismen sind durch die Evolution optimal an ihre Lebensbedingungen im Wasser angepasst. So verfügen sie über strukturelle (morphologische) Anpassungen die physikalische Merkmale betreffen wie beispielsweise spezialisierte Mundstrukturen. Auch verfügen sie über physiologische Anpassungen die für eine Temperaturregulierung oder die Ausscheidung von Chemikalien sorgen. Nicht zuletzt ist ihr erlerntes oder vererbtes Verhalten an die Lebensbedingungen angepasst.

6.9. Natürliche Gewässer (Ökosysteme) als Ressourcen unseres Trinkwassers

Natürliche Gewässer sind Ökosysteme. Ein Ökosystem beinhaltet immer antibiotische Bedingungen und Gemeinschaften, die durch Wechselwirkungen miteinander in Verbindung stehen. Für die Trinkwassergewinnung in der Schweiz sind die Grundwasserleiter (Aquifer) und Gewässersohlen von grosser Bedeutung, weil sich in diesen die Wechselwirkungen zwischen den Gemeinschaften und der Wasserqualität gut erarbeiten lassen. Diese Wechselwirkungen oder Naturprozesse beeinflussen die Wasserqualität meist positiv in Bezug auf die Nutzung als Trinkwasserquelle.

Das Grundwasser ist unterirdisches Süsswasser, dessen Qualität meist gleich oder sogar besser ist als jene von Trinkwasser. Grundwasser fliesst in Grundwasserleiter (Aquifer). Die Lockergesteins-Aquifer bestehen aus einer Kies- oder Sandmatrix mit vielen Porenräumen, welche mit Grundwasser gesättigt sind. Auf der Matrixoberfläche finden die Naturprozesse vorwiegend statt. Darüber befindet sich eine ungesättigte Bodenmatrix. Neues Grundwasser wird durch die Versickerung von Oberflächenwasser gebildet.

Die Gewässersohle wird auch hyporheisches Interstitial genannt und besteht aus einer Stein-, Kies- oder Sandmatrix. Die Porenräume der Matrix sind mit Fluss- oder Bachwasser gesättigt, welches Perkolat genannt wird. Wie in Grundwasserleitern finden die Naturprozesse vor allem auf der Oberfläche der Matrix statt. Das Perkolat selber durchfliesst die Sohle und gelangt zurück ins Gewässer oder versickert ins Grundwasser.

6.10. Gewässerschutz Schweiz

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) oder die Gewässerschutzverordnung (GSchV) haben als Ziel, die Gewässer als Ökosysteme im natürlichen Zustand zu erhalten.

6.11. Revitalisierung

Revitalisierung beschreibt die Rückwandlung einzelner Aspekte eines Fließgewässers in einen naturnäheren Zustand. Ein erster Schritt zur Revitalisierung ist, bestehende natürliche Fließgewässer zu schützen. Andere Massnahmen zur Wiederherstellung sind: Zurverfügungstellen von Raum beispielsweise zur Verstärkung der Eigendynamik, grossräumiges Vorgehen statt punktuellen Massnahmen und Wiederherstellung ganzer Ökosysteme. Diese Ziele erreicht man, indem man allfällige Befestigungen entfernt, Struktur- und Materialvielfalt herstellt, die Durchlässigkeit der Sohle gewährleistet und das Umland auch entsprechend naturnah gestaltet. Beim Letzteren müssen die Lichtverhältnisse stimmen und Totholz sowie eine Vielfalt an Lebewesen sollten vorhanden sein. Diese Massnahmen gewährleisten einen natürlichen Hochwasserschutz und einen guten Schutz der Artenvielfalt. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Wasserqualität steigt und es mehr Grundwasser-Neubildung gibt.

6.12. Bedeutung von naturnahen Gewässern

Der Schutz naturnaher Gewässer und die Revitalisierung von stark verbauten Gewässern sind nicht nur ökologisch, sondern auch für die Gewinnung von Trinkwasser von grosser Bedeutung. Der ökologische Vorteil eines naturnahen Gewässers ist die hohe Biodiversität. Vor allem in der Schweiz, wo jede zweite einheimische Tier- und Pflanzenart im oder am Wasser lebt, ist dies von grosser Bedeutung. Ein naturnahes Gewässer zeichnet sich zum Beispiel durch eine grosse Ufervegetation aus, deren Pflanzen Schatten auf das Gewässer werfen und dieses so kühlen. Da seit einigen Jahren die Hitzetage zunehmen, sind diese kühlenden Effekte umso wichtiger. Für den Mensch hat die Gewässersohle eine zusätzliche Bedeutung als Trinkwasserressource. Wenn nämlich die Sohle ein gutes und durchlässiges Interstitial hat, kann mehr Wasser direkt aus dem Gewässer versickern. So kann mehr Grundwasser entstehen, welches kaum bis gar nicht aufbereitet werden muss. Dazu ist ein guter sogenannter Grundwasserleiter, auch als Aquifer bezeichnet, nötig. Der Lockergesteins-Aquifer besteht aus einer Kies und Sand Matrix mit Hohlräumen. In dieser Schicht passiert eine Selbstreinigung, viele Schadstoffe werden aus dem Wasser eliminiert. Dies geschieht physikalisch (Adsorption, Filtration), chemisch (Oxidation) oder biologisch (mikrobiologischer Abbau, Inaktivierung, Abtötung).

6.13. Trinkwasseraufbereitung

Das Trinkwasser ist in der Schweiz allgemein von guter Qualität und könnte theoretisch sogar aus der Toilette getrunken werden. Da Trinkwasser zu den Lebensmitteln gehört, unterliegt es strengen Kontrollmassnahmen und Grenzwerten. Die im Wasser potenziell vorkommenden Pathogene, Mikroorganismen, andere chemische Verbindungen und Partikel besitzen je nach gefragtem Stoff unterschiedlich hohe erlaubte Grenzwerte. Diese werden durch die Verordnung des EDI

(Eidgenössische Department des Inneren) und BLV (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit) festgelegt. Wasserreserven, aus denen Trinkwasser gewonnen wird, sind zahlreiche vorhanden, werden jedoch zunehmend kontaminiert durch anthropogene Einflüsse. Als Quellen dienen Quellwasser, Grundwasser, Oberflächengewässer wie Seen und Fließgewässer. Diese müssen von gar nicht zusätzlich behandelt, über Uferfiltration oder mit aufwändigen technischen Methoden direkt behandelt werden. Bei der Methode der Uferfiltration macht man sich die natürliche Umgebung zu Nutze und leitet das Wasser durch die Flusssohle, wo es von zahlreichen Organismen gereinigt wird oder auch durch einen Aquifer. Die technischen Methoden der Seewasseraufbereitung sind vielseitig und reichen von Flockung, Aktivkohlefilter, Ozonung aber auch über andere Möglichkeiten, die auch hintereinander geschaltet werden können.

6.14. Durchflusszytometrie

Die Durchflusszytometrie kurz auch DFZ ist eine technische Analyseverfahren, bei der Partikel einen Laserstrahl passieren und dabei angeregt werden. Die Teilchen erzeugen dadurch ein für sie typisches Streusignal des Lichts, das von der Maschine aufgenommen und gemessen wird. Ausserdem können sie so sortiert werden. In den letzten 20 Jahren hat sich die Durchflusszytometrie aus der Labordiagnostik der Medizin zu einem wichtigen Werkzeug der aquatischen Analyse entwickelt. Hier dient sie der qualitativen Bestimmung von vitalen Zellen, Viren und anderen Partikeln in Gewässern und wird bevorzugt in den Abwasseranlagen und Verteilungsnetzen eingesetzt. Mit ihr können Verfahrensschritte der Wasseraufbereitung, die Desinfektion oder die Wiederverkeimung kontrolliert, gesteuert und geregelt werden.

6.15. Daphnien in Wasserwerken

Daphnien, auch Wasserflöhe genannt, sind kleine Krebstiere. Sie werden in Wasserwerken zur Sicherheitsprüfung verwendet, da sie sich sehr gut für die Früherkennung von schädlichen Substanzen im Wasser eignen. Denn die Daphnien reagieren empfindlich auf Umweltveränderungen. Zusätzlich haben die weiblichen Daphnien die Fähigkeit sich asexuell fortzupflanzen. Ihre Nachkommen sind identisch, daher lässt sich das Verhalten der Daphnien besser analysieren.