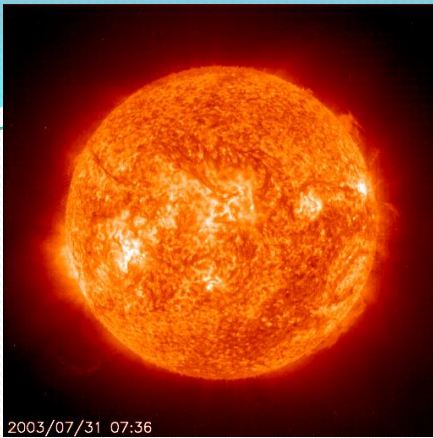


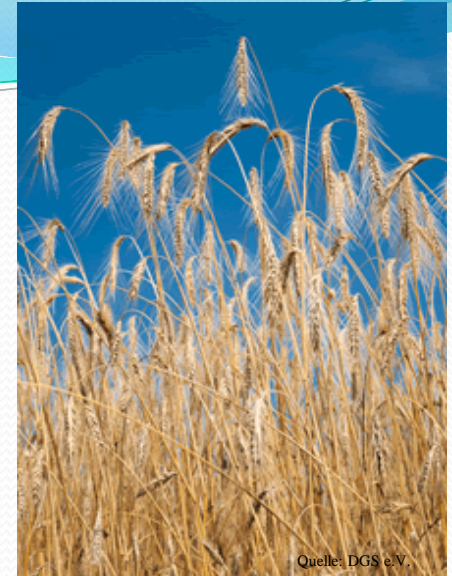
# Aquaponik als eine nachhaltige Kreislauflösung für die Ernährung insbesondere unter den Bedingungen des Klimaschutzes

Solarinitiative Mecklenburg-Vorpommern



2003/07/31 07:36

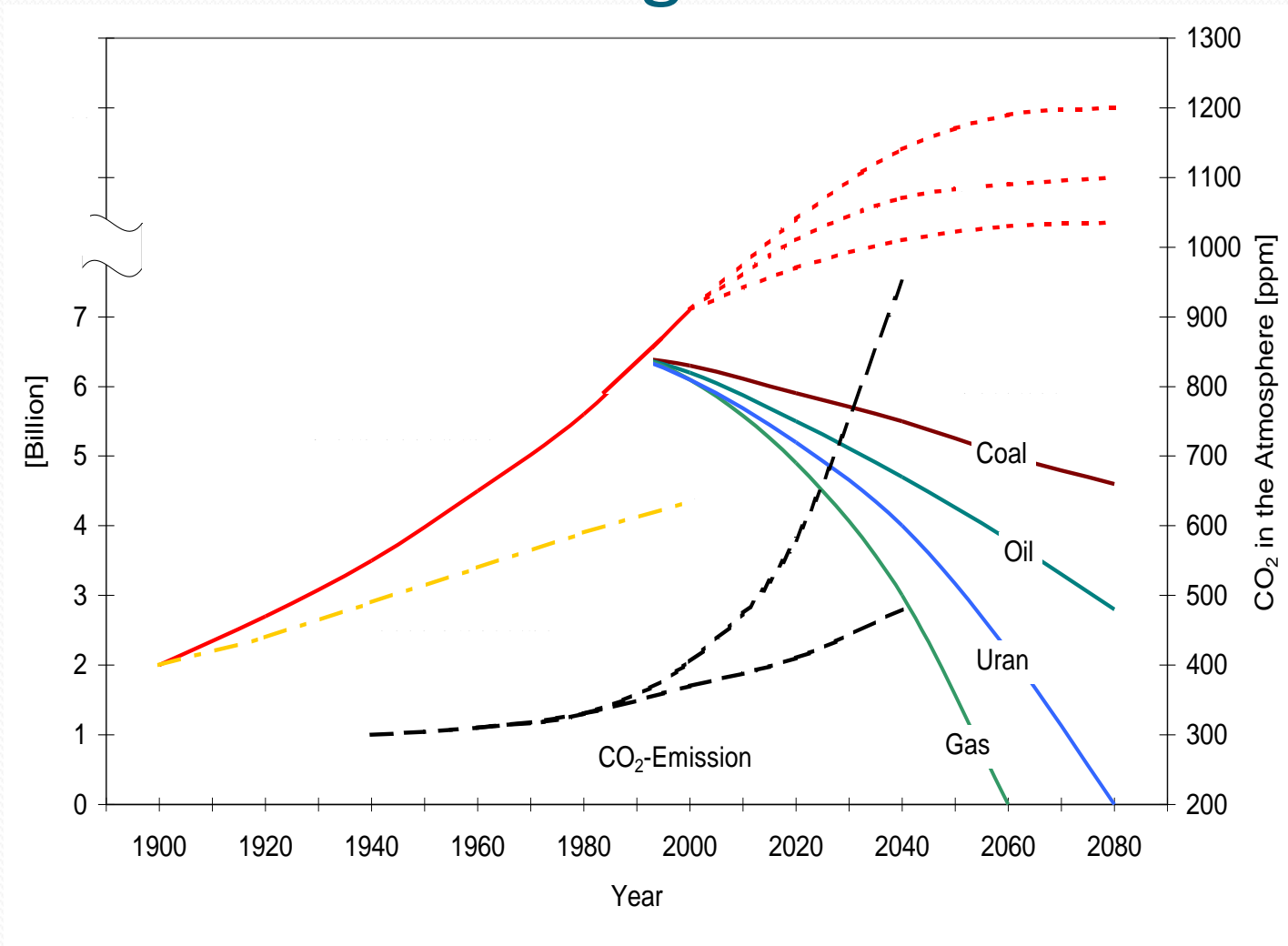
# Sonne ist Leben



Quelle: DGS e.V.



# Energiereserven – Weltbevölkerung - Nahrungsmittel



# .. und der Klimawandel

## Konsequenzen

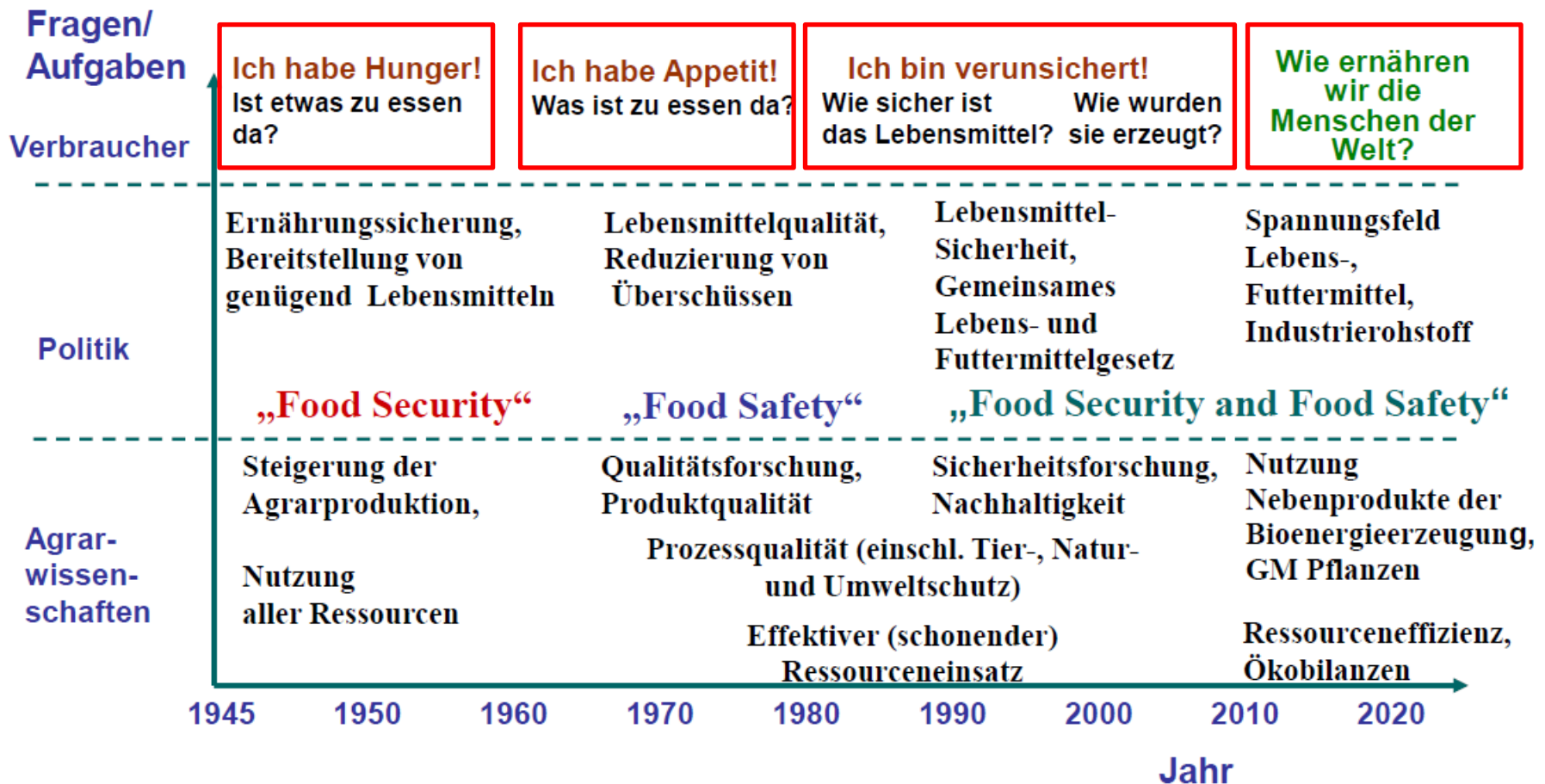
- Die Polkappen und die Gletscher schmelzen
- Der Meeresspiegel steigt
- Wetterextreme nehmen zu
- Ökosysteme werden zerstört

## Auswirkungen auf

- Nahrungsmittelproduktion und Landwirtschaft
- Fischwirtschaft
- Weide- und Viehzucht
- Ressource Trinkwasser
- Gesundheit und Ernährung
- Ernährungssicherheit

Climate Change, Food Security and the Right to Adequate Food  
<https://germanwatch.org/sites/default/files/publication/2798.pdf>

# Dominierende Fragen nach Lebensmitteln sowie Aufgaben für Politik und Agrarforschung nach dem 2. Weltkrieg in Europa





# Die Erde – der blaue Planet



- Ozeane - Wiege des Lebens
- Insgesamt sind 71 % der Erdoberfläche von Wasser bedeckt, davon entfallen 47 % auf den Pazifik, 24 % auf den Atlantik und 20 % auf den Indischen Ozean.
- Global: 1,4 Milliarden Kubikkilometer Wasser
- 3,5 % davon sind Süßwasser, die Hälfte davon an den Polen, in Gletschern oder im ewigen Frost gebunden.
- Über Flüsse, Seen oder Sümpfe kann der Mensch nur 0,013% der Gesamtwassermenge erreichen, der Rest ist Salzwasser, Grundwasser oder gebundenes Wasser.
- **Da 70 Prozent der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt sind, hat der Mensch seine Bedeutung als Ressource erkannt. Aus diesem Grund ist die Fischerei eines der Gebiete, die in Bezug auf die Nutzung der Ressource Wasser stark ausgebeutet werden.**

# Die Lehre aus der COVID- PANDEMIE



[https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/08\\_02\\_21\\_covid-19\\_3.pdf](https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/08_02_21_covid-19_3.pdf)

## ....lokal und regional

# Nachhaltig leben



<https://www.oekom.de/themen/nachhaltig-leben/c-246>

- Was ist zu tun ?
- Wer kann helfen ?
- Niemand – Hilf Dir selbst !!!



# Der konkrete Anlass:

## Drastische Kürzung der Fangquoten

- Lachs : Frei lebende Lachse sind so selten wie nie zuvor.
- Dorsch (-56%): In der westlichen Ostsee überfischt. In der Nordsee ist der Bestand so stark dezimiert, dass Forscher immer wieder einen Fangstopp forderten
- Hering (-30%): In der westlichen Ostsee stark dezimiert.
- Sprotte: In der Ostsee leicht überfischt. Sie wird zu Fischmehl verarbeitet und an Zuchtlachs verfüttert.
- Scholle : Sie wird meist gemeinsam mit der Seeszunge gefangen. Wegen der rabiaten Fangtechnik und der engen Netzmaschen gehen zahlreiche Jungtiere ins Netz.

### Wismars Fischer vor dem Aus?

Mit Geld aus Brüssel sollen sie sich zweites Standbein schaffen / Die Reaktionen sind geteilt

Von Daniel Heidmann und Nicole Buchmann

**Wismar/Boltenhagen.** Zu spät, an die falschen Leute gerichtet und mit zu vielen Haken versehen – das ist die Reaktion von Heiko Gores auf den von der Europäischen Union in Aussicht gestellten Fördertopf zur Belegung der Fischereiwirtschaftsgebiete. In Deutschland stehen dafür bis zum Jahr 2020 rund 220 Millionen Euro zur Verfügung – davon 683 000 Euro in Nordwest-  
Mecklenburg.

Doch ohne Zuschuss von der Kommune gibt es kein Geld von der Europäischen Union. 15 Prozent der Fördersumme müssen sich private Antragsteller von der Gemeinde holen. Während Projekte, die Gemeinden über diesen Fördertopf selbst anschieben, einen Zuschuss von 100 Prozent erhalten, sind es beim privaten Fischer



sichts der für Wismar erstmals geltenden Fördermöglichkeiten. Sein Familienbetrieb hat bereits nach der Wende angefangen, sich weitere Standbeine zu suchen – ohne Fördermittel. „Ganz offensichtlich will die EU die Fischer weg haben.“

Das illustrieren die sinkenden Kurven in den Statistiken des Landesverbandes der Kutter- und Kü-

# Wie kommt der Fischer zu einem „neuen Standbein“ ?

- „Abwrackprämie“ für Fischereiboote ?
- Fischerei an den Nagel hängen – neuer Beruf ?
- Nicht „Fische fangen“ sondern „Fische züchten“ !
  
- Neue Innovative Technologie für Fischzucht !!!
- Informieren
- Erproben, Anfassen, Begreifen
- Weiterbilden, Studieren
- Investieren
- Errichten
- Betreiben

# Eine „Laudatio“ auf den Fisch



# Wichtige Komponenten aus dem Fisch

- Fette
- Omega-3-Fettsäuren (2 Fischmahlzeiten/Woche)
- Fischeiweis (Aminosäuren), Verdaulichkeit, Diät
- Proteine (täglich 0,8 g/kg Körpergewicht)
- Mineralstoffe

# Fette & Fisch

- **Fett** mit hoher Energiedichte ist Hauptenergielieferant in der menschlichen Ernährung
- Ist Geschmacksverstärker
- Ist Träger für fettlösliche Vitamine
- Höchstens 10 % der Fettzufuhr sollte aus gesättigten Fettsäuren bestehen
- 13 % aus einfach ungesättigten Fettsäuren
- 7 % aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren.
- **Magerfische** – diese enthalten bis zu 1% Fett. Dazu zählen z. B. Zander, Scholle & Seelachs.
- **Mittelfett-Fische** – diese enthalten zwischen 1 –10 % Fett. Hierzu zählen z.B. Steinbutt und Sardine.
- **Fettfische** – diese enthalten über 10 % Fett. Dazu gehören z.B. Lachs & Thunfisch.



# Omega-3-Fettsäuren

- Mehrfach ungesättigte Fettsäuren
- Sind essentiell
- Positive Wirkung auf Durchblutung, Blutgerinnung, Blutdruck, Zusammensetzung der Blutfette
- Gehalt an Omega-3-Fettsäuren umso höher, je höher der Fettgehalt
- Empfehlung: 0,5% der Gesamtenergiezufuhr/d
- 2 Fischmahlzeiten pro Woche ( je 100-200 Gramm)

# Proteine (EiweiÙe)

- Grundnährstoffe, bestehend aus 20 verschiedenen Aminosäuren
- 9 sind essentiell (d.h. müssen zugeführt werden)
- Wichtig Enzyme und Hormone
- Dienen der Synthese von Körpermasse
- Täglich 0,8 g / kg Körpergewicht

# Fischeiweiß

- Das Fischeiweiß hat eine ausgewogene Aminosäurezusammensetzung
- hohe biologische Wertigkeit
- Fischfleisch ist wegen des geringen Bindegewebsanteils zudem leicht verdaulich
- bietet sich als diätgeeignetes Lebensmittel an

# Mineralstoffe

- Anorganische Bestandteile der Nahrung
- Knochen, Zähne, Skelett
- Aufrechterhaltung vom osmotischen Druck
- Große Rolle im Wasserhaushalt des Menschen
- Bekannt sind 22 Mineralstoffe
- Müssen über die Nahrung zugeführt werden
- Bei Fisch besonders Jod ( $200\mu\text{g}/\text{tag}$ ) und Selen (bis  $70\mu\text{g}/\text{tag}$ )

# Vitamine

## Inhaltsstoffe im Vergleich – jeweils Milligramm pro 100 kcal

	VOLLKORN	GEMÜSE	FISCH
Vitamin B <sub>1</sub>	0,12	0,26	0,08
Vitamin B <sub>2</sub>	0,05	0,33	0,09
Vitamin B <sub>3</sub>	1,12	2,73	3,19
Vitamin B <sub>6</sub>	0,09	0,42	0,19
Vitamin B <sub>12</sub> (µg)	0,00	0,00	7,42
Folsäure (µg)	10,30	208,30	10,80
Vitamin A (RE)	2,00	687,00	32,00
Vitamin C	1,53	93,60	1,90
Phosphor	90,00	157,00	219,00
Eisen	0,90	2,59	2,07
Zink	0,67	1,04	7,60
Kalzium	7,60	116,80	43,10
Magnesium	32,60	54,50	36,10

*Vitamin A (RE) bedeutet Retinol-Äquivalent. Dabei gilt: 1 RE (Retinol-Äquivalent)  
= 1 Mikrogramm Retinol = 6 Mikrogramm β-Carotin*



# Fisch im Vergleich

Sustainability		Milk	Fish (Aquaculture)	Eggs	Chicken	Pigs	Cattle
Feed conversion	kg feed/kg	0,7	1,5	3,8	2,3	5,9	12,7
Protein contained	%	3,5	18	13	20	14	15
water demand	l/kg	1000	300	3300	3900	4800	15500

Aquaculture production is highly resource efficient.



Protein retention	31%	21%	18%	15%
Energy retention	23%	10%	14%	27%
Feed conversion ratio	1.1	2.2	3.0	4-10
Edible meat/100 kg fed	61kg	21kg	17kg	4-10kg

Source: Nofima



# Fischerei & Aquakultur

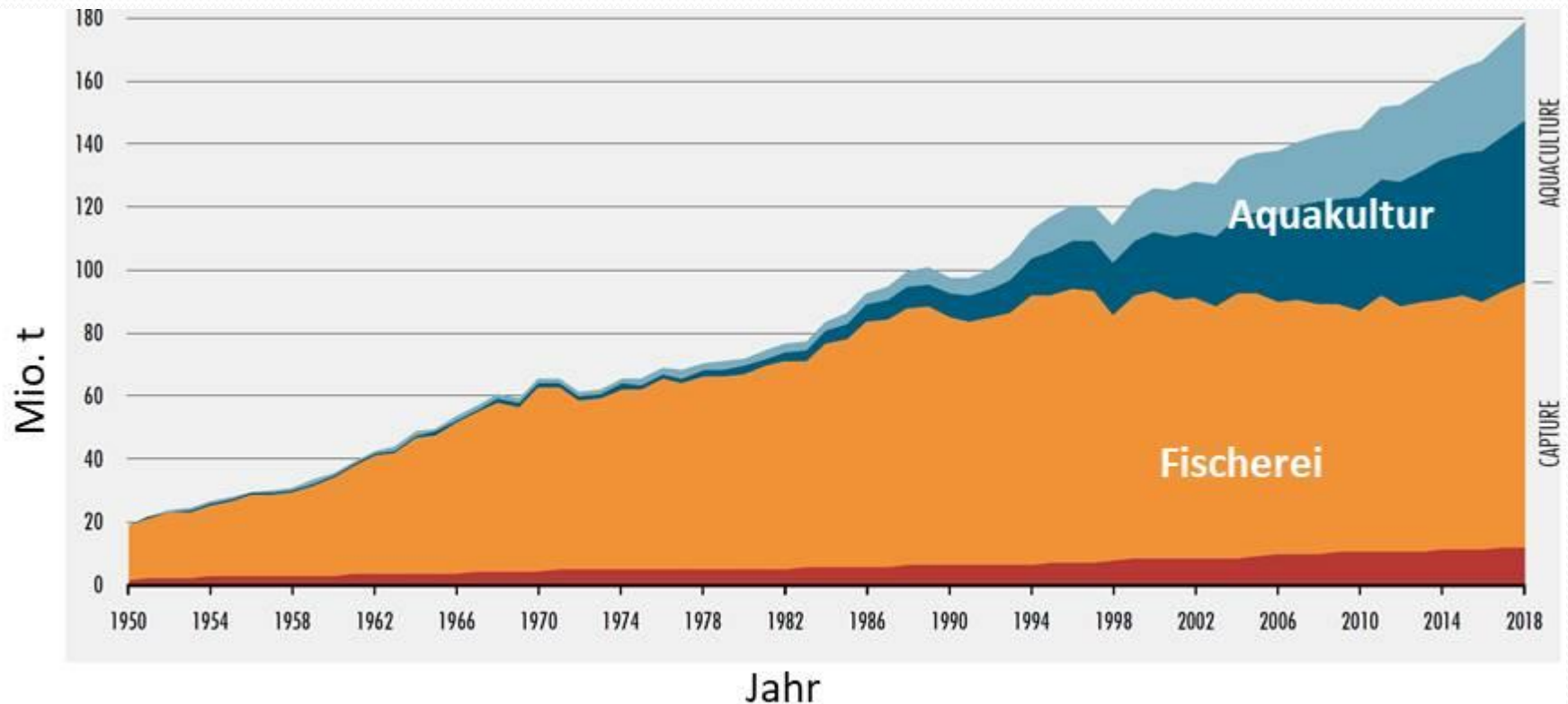


Abb. Globale Fischerei (engl. *capture*)- und Aquakulturproduktion (engl. *aquaculture*).  
Grafik aus *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020* (FAO 2020).

# Artenzucht in Aquakulturanlagen

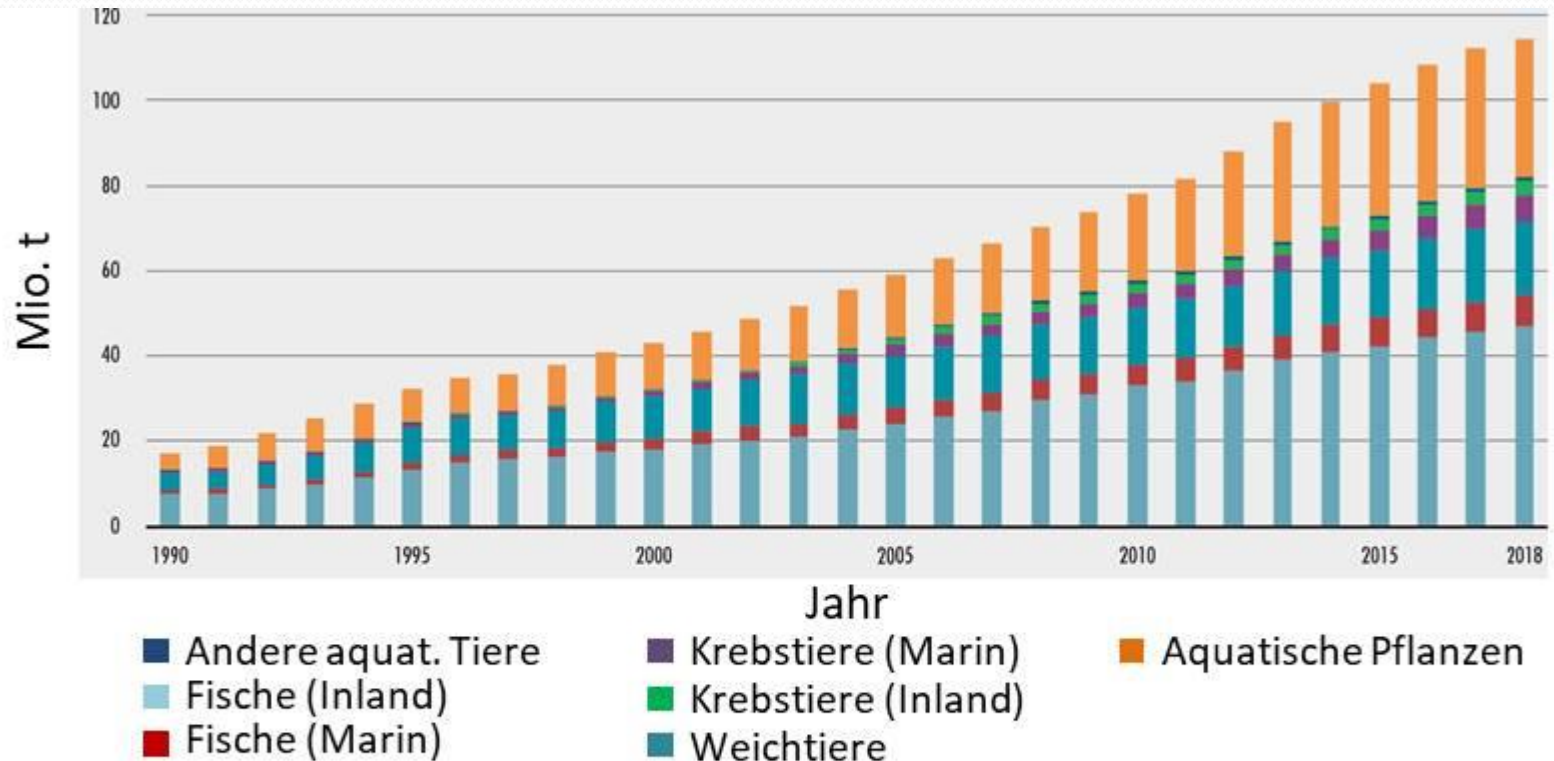


Abb. Globale Erzeugung von Artengruppen in Aquakulturen. Grafik aus *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020* (FAO 2020).

# Aquakultur

- Steigender Fischbedarf wird hauptsächlich über Importe aus Aquakulturanlagen gedeckt.
- Diese Aquakulturen sind gekennzeichnet durch:
- Zucht unter kontrollierten Bedingungen
- z.B. kommerziell betriebene Forellen- oder Karpfenteiche.
- Die Fische produzieren Fäkalien, die viele Nährstoffe für Pflanzen enthalten.
- Werden sie nicht entsorgt, sondern etwa in angrenzende Gewässer eingetragen, kann das zu einer Eutrophierung führen: Durch das hohe Nährstoffangebot kommt es zur massenhaften Vermehrung von Algen, Bakterien und Plankton. Das Gleichgewicht des Gewässers gerät aus den Fugen.
- Im schlimmsten Fall kann das Gewässer "kippen", was zum Tod aller seiner Bewohner führt, die auf Sauerstoff angewiesen sind





- Teichhaltung wird seit Jahrhunderten betrieben und hat trotz moderner Technik immer noch Risiken und Nachteile.
- Um einen ausreichenden Sauerstoffgehalt im Wasser der Teiche sicherzustellen, sind große Flächen, erhebliche Wasseraustauschraten oder niedrigere Besatzmengen nötig.
- Von weitaus größerer Bedeutung ist hier das Risiko von Krankheiten. Selbst bei ständiger Überwachung können Infektionen auftreten, die zur Schädigung oder zum Verlust des Bestandes führen können.
- Die Bestände in extensiven Teichwirtschaften wachsen auch ziemlich ungleich auf-Grund ungleichmäßiger Futterverteilung. Wettereinflüsse wie Hitze, Kälte, Überflutung, Dürre und Sturm können zu einem langsameren Wachstum beitragen, zum Verlust von Teilen des Bestandes führen oder alle Fische töten.

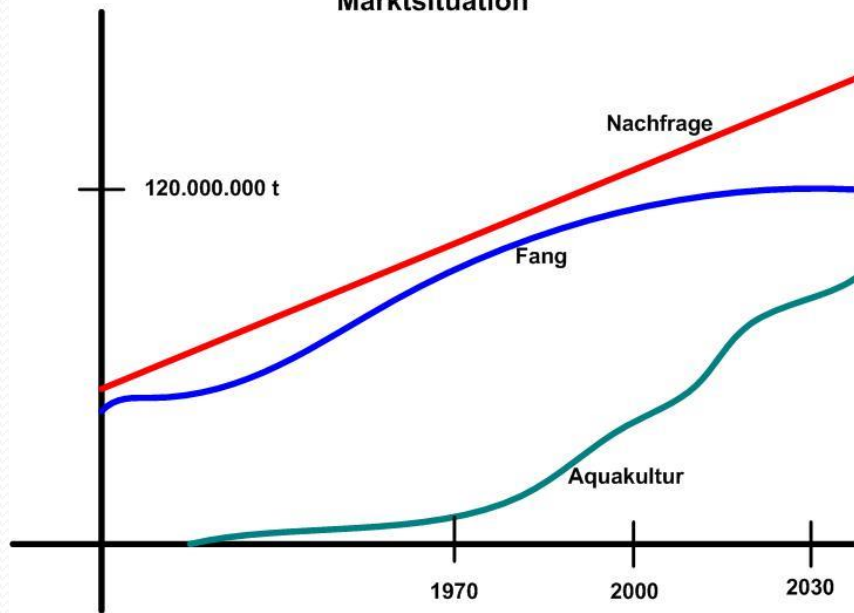


# Aquakultur auf See



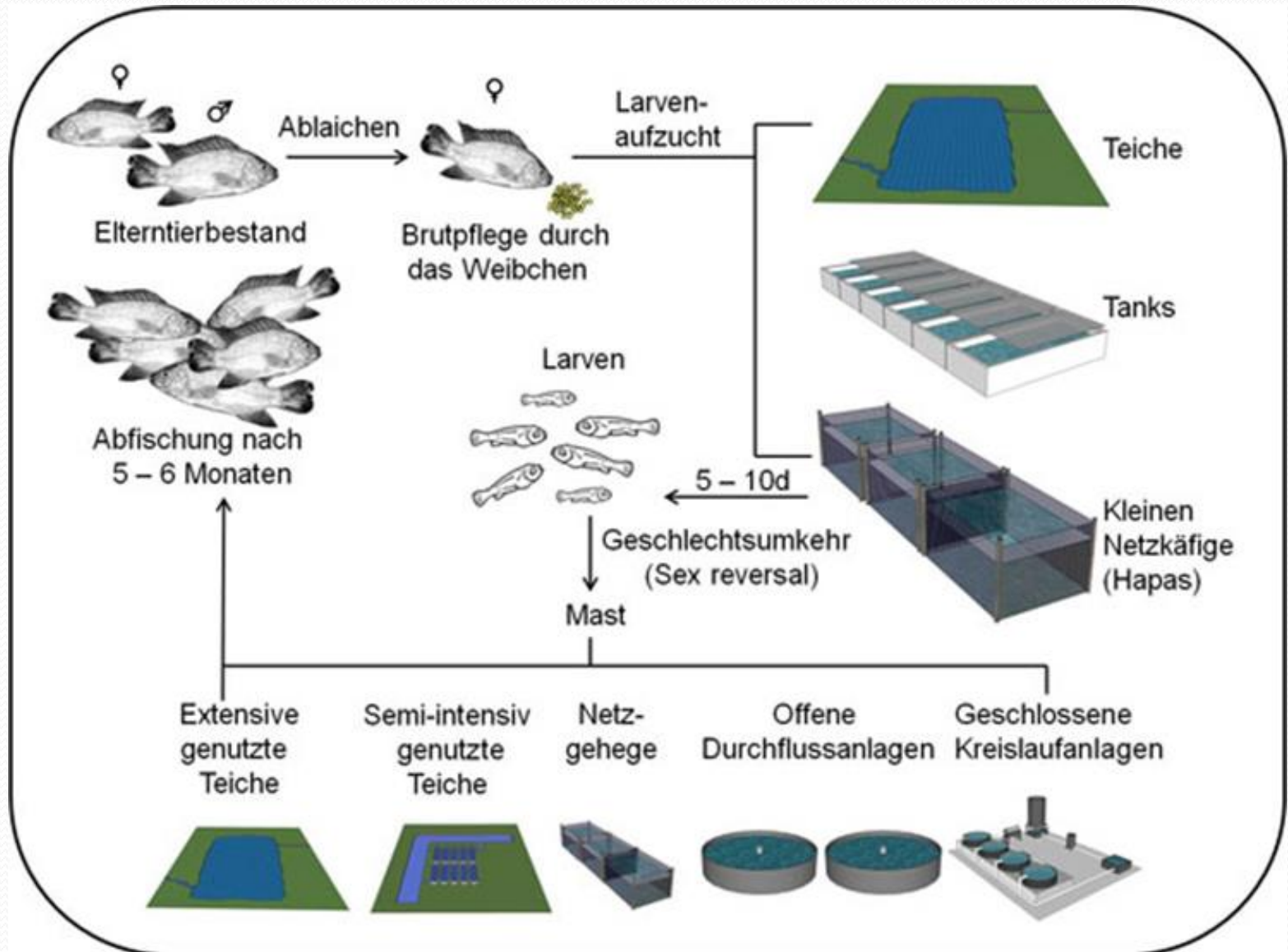
<http://www.mitteldeutsches-journal.com/unternehmen/domstein-seafood-ag-aquakultur-als-proteinlieferant-fuer-die-weltbevoelkerung/>

Weltweite  
Marktsituation

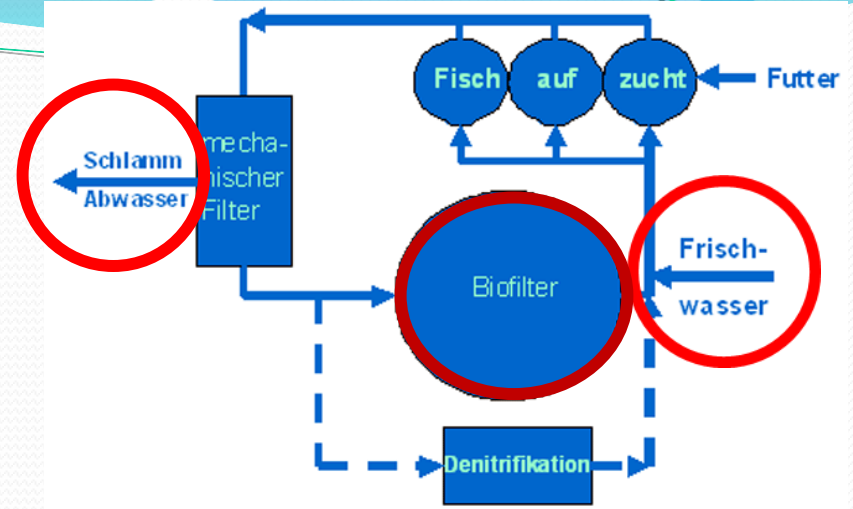


<https://www.bzfe.de/service/news/aktuelle-meldungen/news-archiv/meldungen-2021/april/aus-eins-mach-zwei/>

# Aquakulturen an Land: Teich-, Netz- und Kreislaufanlagen (KLA)



# Vorteile KLA überall einsetzbar



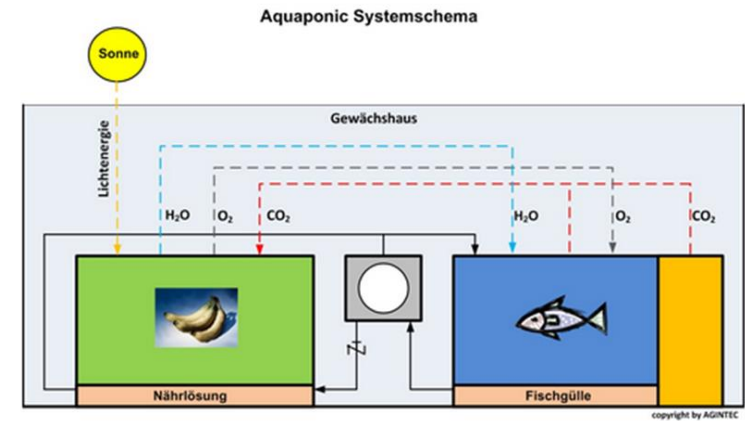
## Probleme

- Teure Filteranlagen
- Frischwasserzufuhr (bis 20% /d)
- Abwasserentsorgung
- Schlamm Entsorgung
- Nicht genutzte Reststoffe: Phosphat, Spurenelemente wie Kalium, Calcium und Magnesium sowie das neu produzierte Nitrat
- Energieverbrauch

Makronährstoffe	Mikronährstoffe
Stickstoff (Ammonium $\text{NH}_4^+$ , Nitrat $\text{NO}_3^-$ )	Chlor (Cl)
Phosphor ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )	Eisen (Fe)
Kalium (K)	Mangan (Mn)
Calcium (Ca)	Zink (Zn)
Magnesium (Mg)	Kupfer (Cu)
Schwefel (S)	Bor (B)
	Molybdän (Mo)



# Teillösung: Aquaponik



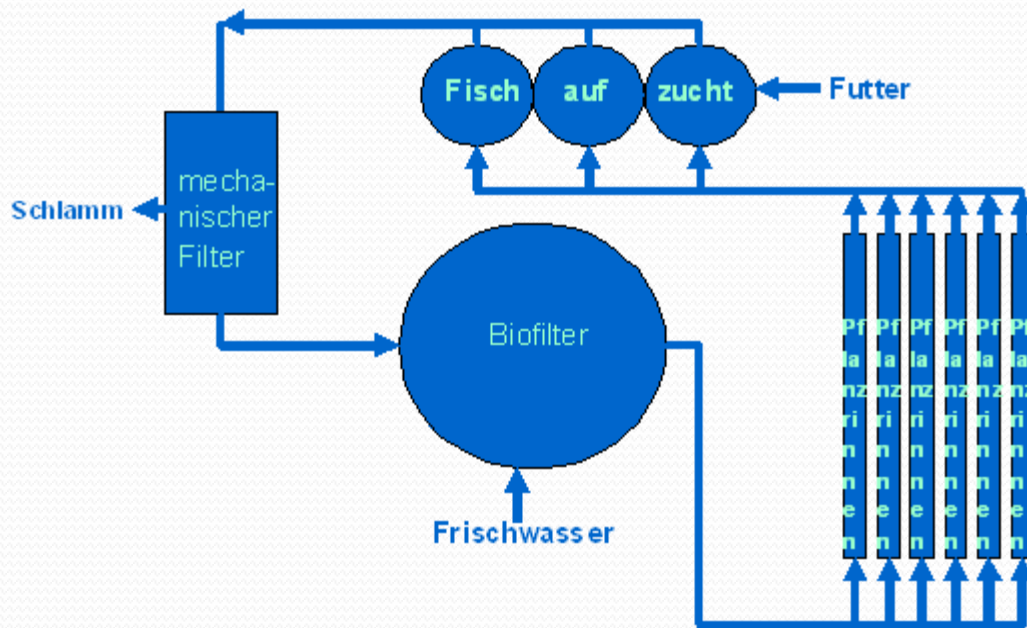
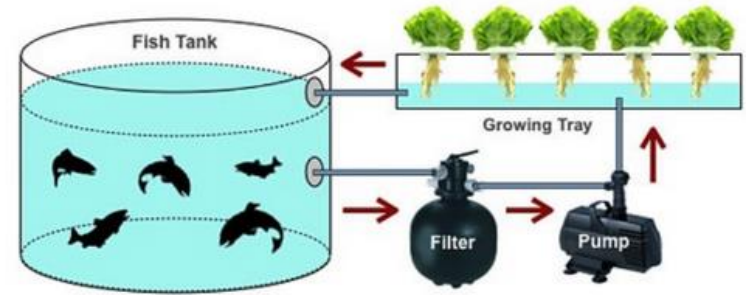
- Aquaponik:  
Aquakultur + Hydrokultur
- geschlossenen Wasser- und Nährstoffkreislauf
- **Entsorgung von Schlamm**
- **Zufuhr von Frischwasser (3-5%/d)**
- **Energie für Temperaturanpassung**

# Was Pflanzen vom Fisch gebrauchen können (Aquaponik)

Makronährstoffe	Mikronährstoffe
Stickstoff (Ammonium $\text{NH}_4^+$ , Nitrat $\text{NO}_3^-$ )	Chlor (Cl)
Phosphor ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )	Eisen (Fe)
Kalium (K)	Mangan (Mn)
Calcium (Ca)	Zink (Zn)
Magnesium (Mg)	Kupfer (Cu)
Schwefel (S)	Bor (B)
	Molybdän (Mo)



# Standard- Aquaponikanlage



- Von den 13 erforderlichen Nährstoffen für die Hydrokultur können 10 direkt über das Fischfutter bereitgestellt werden.
- Calcium, Kalium und Eisen müssen meistens in Form von Dünger zugegeben werden.
- In einem geschlossenen Wasserkreislauf besteht weiterhin das Problem der **pH-Wert Anpassung** (Pflanzen oft  $\text{pH} < 6$ , Fische und Nitrifikation  $\text{pH} > 6$ ).

# Abwasser-/Schlamm- Reinigung

# Woraus besteht Abwasser/Schlamm und wie kann eine Reinigung erfolgen ?

- Biologisch abbaubare Abwasserbestandteile können unterteilt werden in:
- Organische oder kohlenstoffhaltige Substanzen **(C)**
- (Kot: Zucker, Stärke, Zellulose, Proteine, Peptide, Aminosäuren...)
- Stickstoffhaltige Substanzen **(N)**
- (Ammonium, Nitrat, Nitrit)
- und phosphorhaltige Substanzen **(P)**
- (Phosphate)

# Reinigungsprozesse

## Kohlenstoff-Wasserstoff-Ketten

- Koh-Bakterien
- Sauerstoff
- Oxidation



- Gelöste Salze (Pflanzennährstoff)
- Kohlenstoffdioxid
- Wasser

## Stickstoffhaltige Bestandteile

- Nitrifizierende Bakterien
- Sauerstoff
- Nitrifikation/Denitrifikation



- Nitrat (Pflanzennährstoff)
- Wasser
- Atmosphärischer Stickstoff

# Biofilter



- In einem Tropfkörper wird das Wasser schließlich biologisch aufbereitet.
- In dem Zylinder befinden sich Füllkörper (Siporax, 270 m<sup>2</sup>/l)
- Darauf haftet ein Film aus Bakterien:
- NITRIFIKANTEN
- Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrospira: Ammonium/Ammoniak zu Nitrit
- Nitrococcus, Nitrospina, Nitrobacter: Nitrit zu Nitrat
- DENITRIFIKANTEN
- anaerobe Bakterien wandeln das Nitrat zu gasförmigem Stickstoff um



# Nitrifikation

- Die Nitrifikation ist ein Teilprozess des Stickstoffkreislaufs in Ökosystemen. Das durch Destruenten aus abgestorbener Biomasse frei gesetzte Ammoniak bzw. Ammonium wird durch nitrifizierende Bakterien in zwei Schritten zu Nitrat oxidiert. Dazu ist Sauerstoff ( $O_2$ ) aus der Umgebung erforderlich.
- Im ersten Schritt nehmen Nitritbakterien (Nitrosifizierer, z. B. der Gattungen *Nitrosomonas*, *Nitrospira* oder *Nitrosococcus*), aus der Umgebung Ammoniak auf und oxidieren es zu Nitrit-Ionen, die nach außen abgegeben werden.
- Im zweiten Schritt nehmen Nitratbakterien (Nitrifizierer, z. B. der Gattungen *Nitrobacter*, *Nitrospira* oder *Nitrococcus*), welche mit den Nitritbakterien oft vergesellschaftet auftreten, die Nitrit-Ionen auf und oxidieren diese zu Nitrat-Ionen.
- Nach Ausscheidung der Nitrat-Ionen stehen diese den Pflanzen als stickstoffhaltiger Mineralnährstoff zur Verfügung

## Belüftung und Entgasung

Die Fische und die Mikroorganismen im Biofilter verbrauchen  $O_2$  und geben Kohlendioxid ( $CO_2$ ) ab.

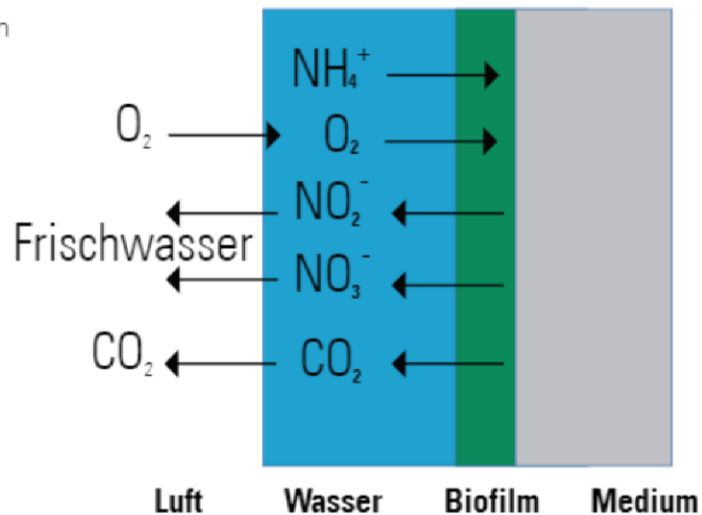
Bei *Clarias* (diese Fischart kann Luftsauerstoff verwerten) und unter Umständen auch *Tilapia* (geringe Haltungsdichte) genügt der Luft-Wasser-Kontakt im Biofilter (Tropfkörper), um das  $CO_2$  los zu werden und  $O_2$  ins Wasser einzubringen. Es kommt auch bei jedem freien Fall des Wassers (z.B. Zulauf zum Haltebecken) zur Entgasung und  $O_2$ -Anreicherung.

Bei anderen Fischarten und höheren Intensitätsstufen (*Tilapia*) ist eine gezielte Belüftung bzw. technischer Sauerstoff ( $O_2$ ) notwendig.



## Biofilter - Biofilm

- Im Biofilm des Biofilters bauen Mikroorganismen  $NH_4^+$  zu Nitrit ( $NO_2^-$ ) und Nitrat ( $NO_3^-$ ) um.
- $NO_2^-$  und  $NO_3^-$  müssen entfernt werden. Fischtoxische Wirkung - **Achtung auf die Fischgesundheit!**
- Entfernung durch Frischwasser oder durch Denitrifikation ( $N_2$  gas aus)

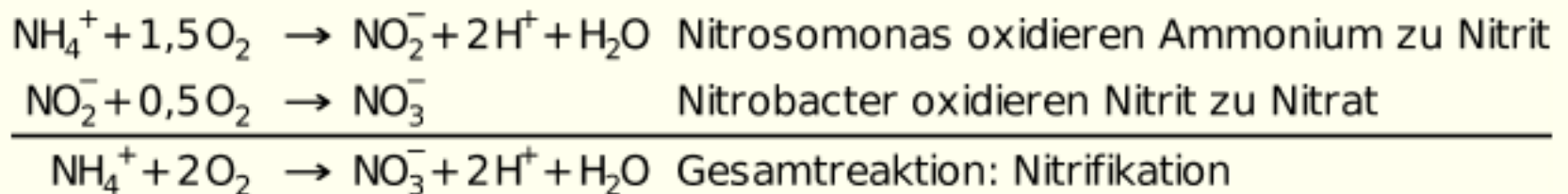


# Nitrifikation von Ammoniak/Ammonium

Nitrifikation verbraucht viel Sauerstoff !!!

- Ammoniak
- $\text{NH}_3 + 1\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$
- $\Sigma \text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

- Ammonium

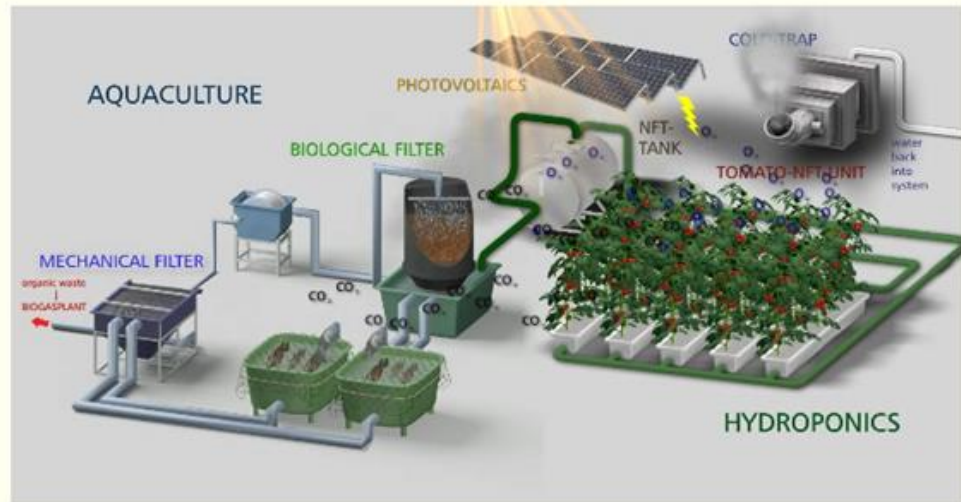
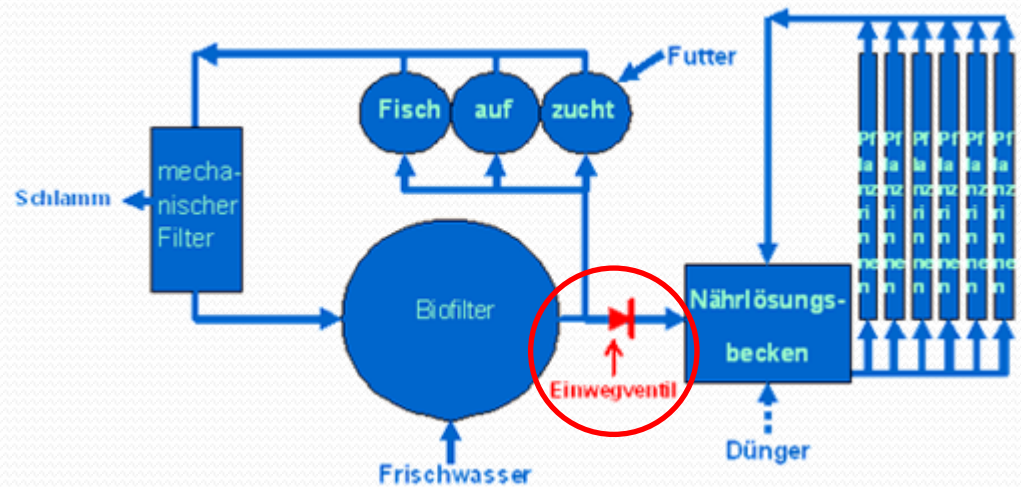


# Denitrifikation

- Unter Denitrifikation versteht man die Umwandlung des im Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) gebundenen Stickstoffs zu molekularem Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Stickoxiden, durch bestimmte heterotrophe und einige autotrophe Bakterien, die als Denitrifikanten bezeichnet werden. Der Vorgang dient den Bakterien zur Energiegewinnung.
- 4 Phasen
  - Nitratreduktase:  $2 \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O}$
  - Nitritreduktase:  $2 \text{NO}_2^- + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$
  - Stickstoffmonoxid-Reduktase:  $2 \text{NO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
  - Distickstoffmonoxid-Reduktase:  $\text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\Sigma \quad 2 \text{NO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

# Neuer Ansatz +Einwegventil +Kältefallen +Photovoltaik

Anlage im Leibniz-Institut  
für Gewässerökologie  
und Binnenfischerei Berlin  
(IGB)  
„Der Tomatenfisch“





# Was fehlt für eine 100% Öko-Lösung ?

- Schlamm Entsorgung
- Abwasserproblematik
- Weitere Frischwasserbedarfsreduzierung
- Wassertemperierung
- Kombination Meerwasserfisch mit unterschiedlichsten Pflanzen
- 100% Entkopplung von Fisch und Pflanze