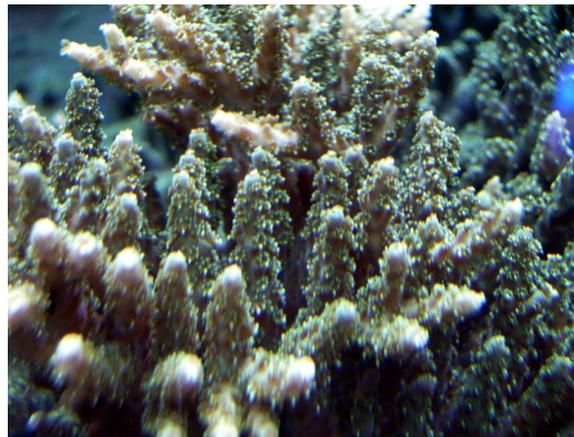
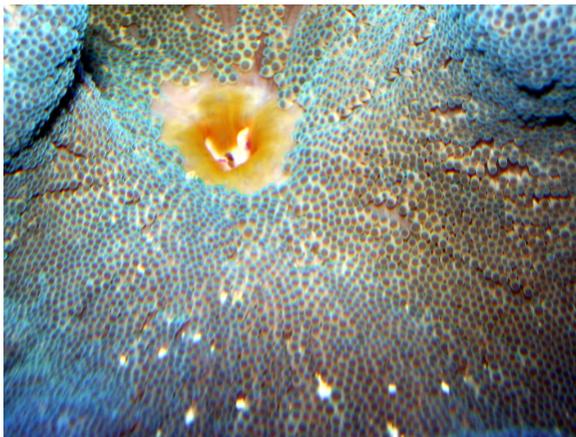
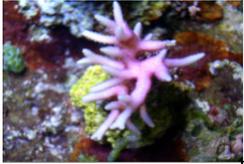


Bakterien- und Nährstoffsysteme im Riffaquarium

Ein Vortrag von Jörg Kokott

zum 3. Beckumer Meerwassertreffen, Juli 2006





Inhaltsübersicht

Herkunft und Funktion von Bakterien im Riffaquarium

Siedlungs-/Filtersubstrate für Bakterien

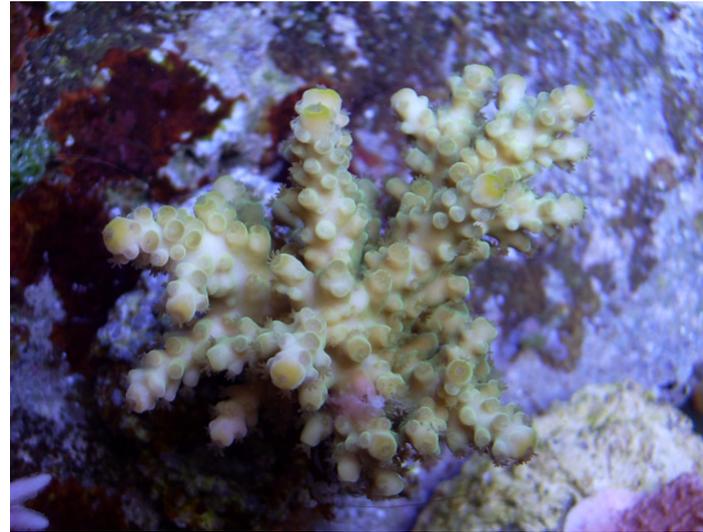
Förderung der Bakterienvermehrung durch
Nährstofflösungen

Entfernung von Bakterien aus dem Aquariensystem

Ausbalancierung und Stabilisierung eines etablierten
Bakterien- Nährstoffsystems



Bakterien im Riffaquarium



Anfänge: Erzeugung nährstoffarmen Aquarienwassers zur
Haltung farbiger kleinpolygoniger Steinkorallen (SPS)

Beispiele: Zeovit-System, Wodkamethode, Miracle Mud



Bakterien im Riffaquarium

Die wichtigsten Bakteriengruppen im Aquarium

Nitrifizierer: Umbau Ammonium, Nitrit, Nitrat
(*Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrobacter*)

Denitrifizierer: Nitratabbau zu molekularem Stickstoff
(*Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*, *Pseudomonas stutzeri*)

„Fäulnisbakterien“: Abbau von organischem Mulm
(z.B. *Bacillus subtilis*)

Krankheitserreger (Fische), White/Black Band Disease
(z.B. *Vibrio* sp.)



Bakterien im Riffaquarium

Woher kommen die Bakterien ins Aquarium?

Lebende Steine

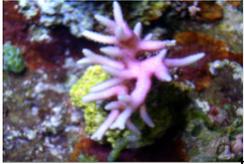


Lebender Sand



Bakterienkulturen





Bakterien im Riffaquarium

Lebende Steine (Live rock)





Bakterien im Riffaquarium

Lebender Sand (Live Sand)





Bakterien im Riffaquarium

Bakterienkulturen



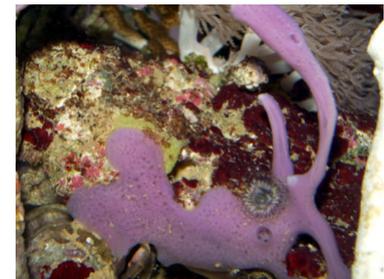
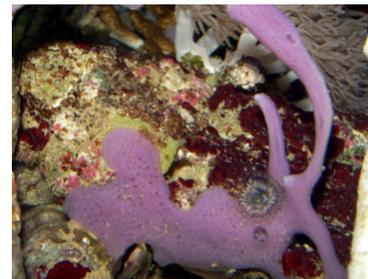
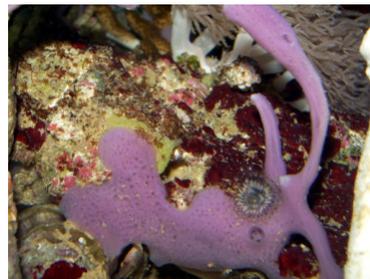


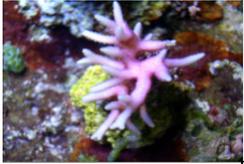
Bakterien im Riffaquarium

Ziel der Einfahrphase: Einbringen von möglichst vielen verschiedenen Bakterienstämmen

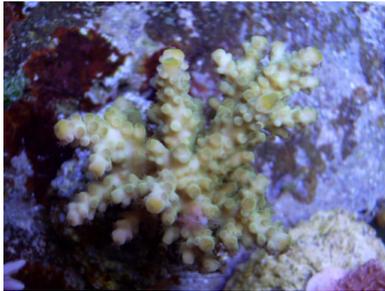
Dadurch: Verkürzung der Einfahrphase möglich

Vorteil Lebende Steine und Leb. Sand: Bakterien werden direkt auf geeignetem Siedlungssubstrat ins Becken eingebracht





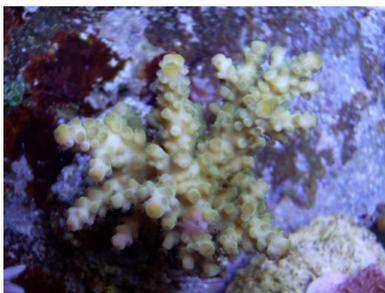
Siedlungs-/Filtersubstrate



Potentiell wird jede Oberfläche von Bakterien besiedelt (Biofilme)



Hochporöse Strukturen bieten die Möglichkeit des Nährstoffaustausches zwischen Innen und Außen



Auf glatten Oberflächen wachsen Biofilme, die leicht durch Wasserströmung entfernt werden



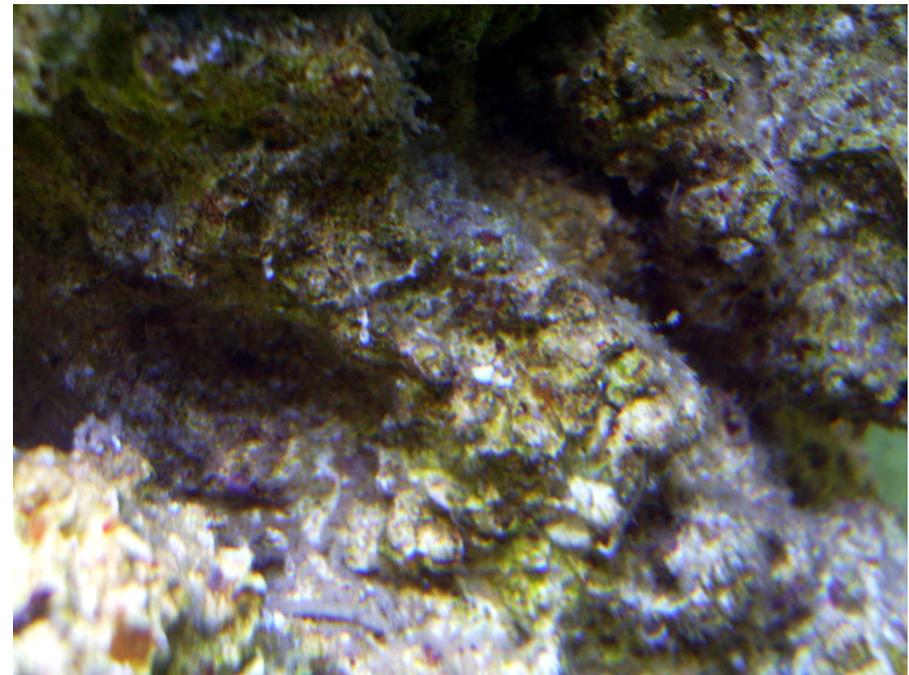


Siedlungs-/Filtersubstrate

Riffkeramik: künstliches Substrat

Riffkeramik: gebrannte (1300°C) Steinmehle unterschiedlicher
Zusammensetzung

Kein Lebendes Material: muss eingefahren werden!





Siedlungs-/Filtersubstrate

Wie funktionieren Zeolithe als Substrate?

Zeolithe sind Aluminiumsilikate: Selektive Bindung geladener Teilchen (Ionenaustauscher)





Siedlungs-/Filtersubstrate

Wie funktionieren Zeolithe als Substrate?

Selektivität/Adsorptionsreihe



Molekularsieb der Zeolithe

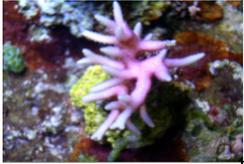
Porendurchmesser klein: $4 \text{ \AA} = 0,4 \text{ nm} = 0,0000004 \text{ mm}$

Porendurchmesser groß: $1 \text{ }\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$

Größe eines Ammoniumions = $0,98 \text{ \AA}$

Durchschnittsgrößen Bakterien: $1\text{-}10 \text{ }\mu\text{m}$





Siedlungs-/Filtersubstrate

Wie funktionieren Zeolithe als Substrate?

Ammoniumadsorption erfolgt v.a. in den kleinen und großen Poren innerhalb des Molekularsiebes

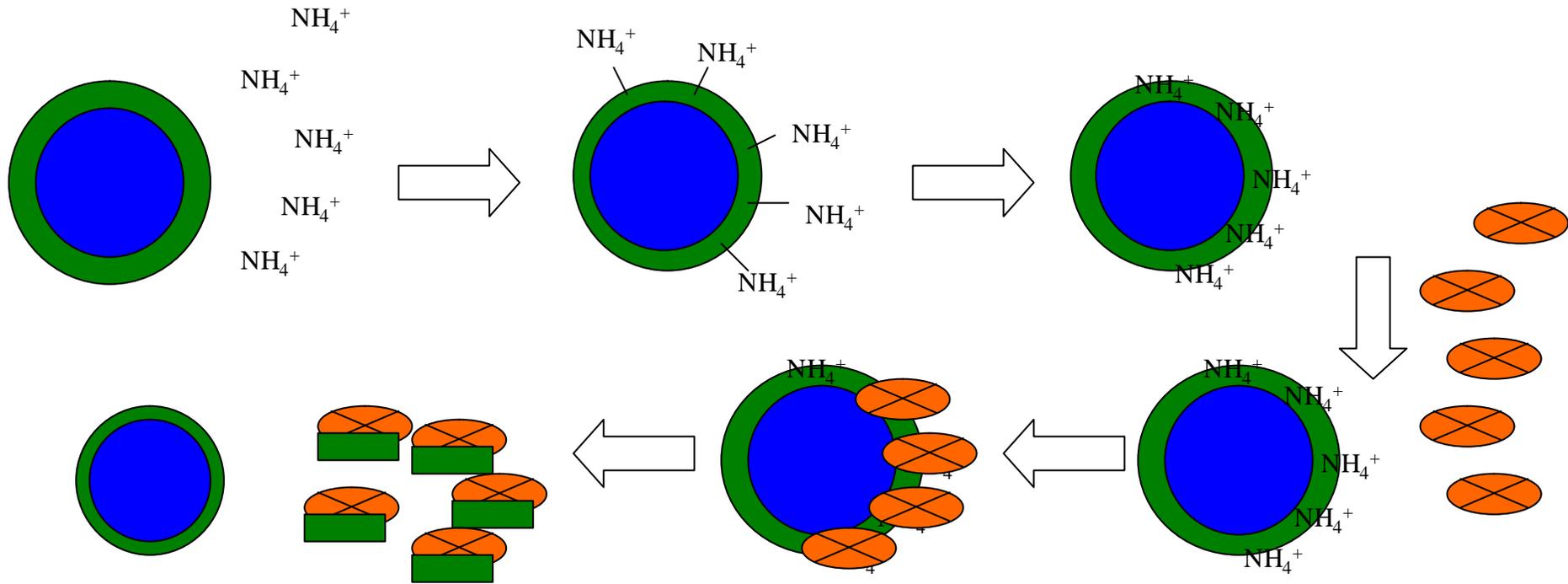
1. Einbringen des frischen Zeoliths ins Aquarium
 2. Beladung des Materials mit Ammonium
 3. Ansiedlung von Bakterien auf der Zeolithoberfläche
 4. Ständiger Abrieb durch Strömung, dadurch Erneuerung der Zeolithoberfläche zur Wiederansiedlung von Bakterien
-





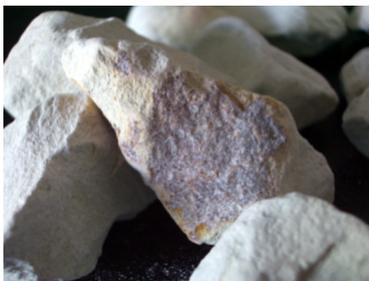
Siedlungs-/Filtersubstrate

Ammoniumbindung



Abrieb mit Biofilm

Bakterienansiedlung





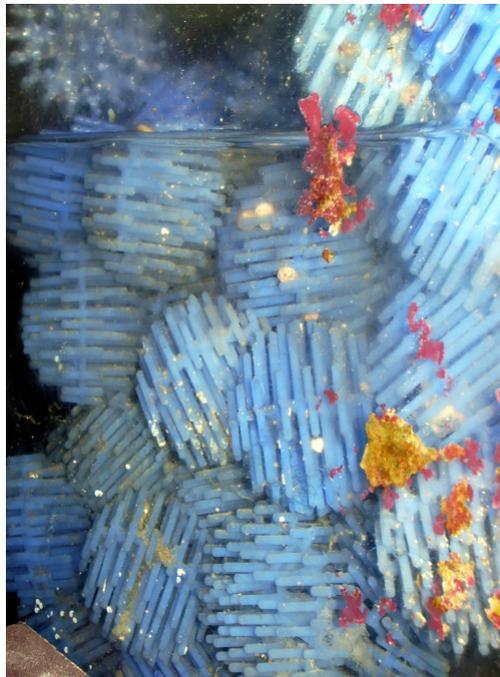
Siedlungs-/Filtersubstrate

Biobälle: das ausrangierte Filtersubstrat



Frühe Meerwasseraquaristik: Siedlungssubstrat für

Nitrifizierer: Ammonium ~~↗~~ Nitrit ~~↗~~ Nitrat

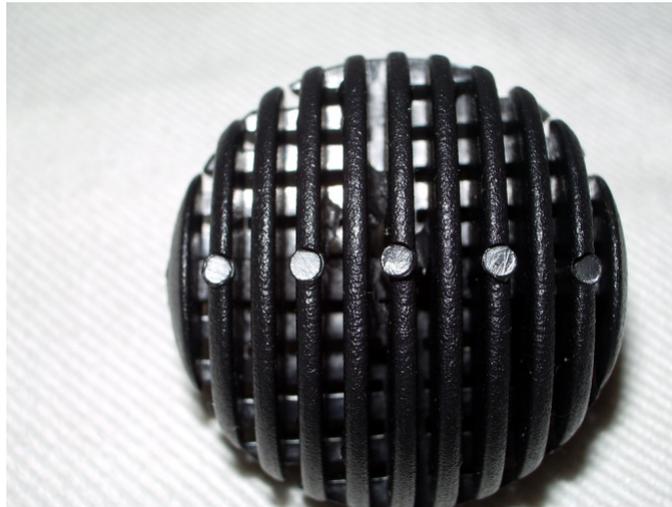




Siedlungs-/Filtersubstrate

Biobälle: das ausrangierte Filtersubstrat

Auf glatter Oberfläche siedeln im Wasser vorhandene Bakterien



1. Beimpfung mit Bakterienkulturen
2. Förderung der Vermehrung durch Nährstofflösungen
3. Gute Durchströmung und ständige Neubeimpfung mit Kultur





Bakterienvermehrung

Müssen Bakterien ernährt werden?



Zooxanthellate
Cespitularia sp.



Azooxanthellate
Tubastrea faulkneri

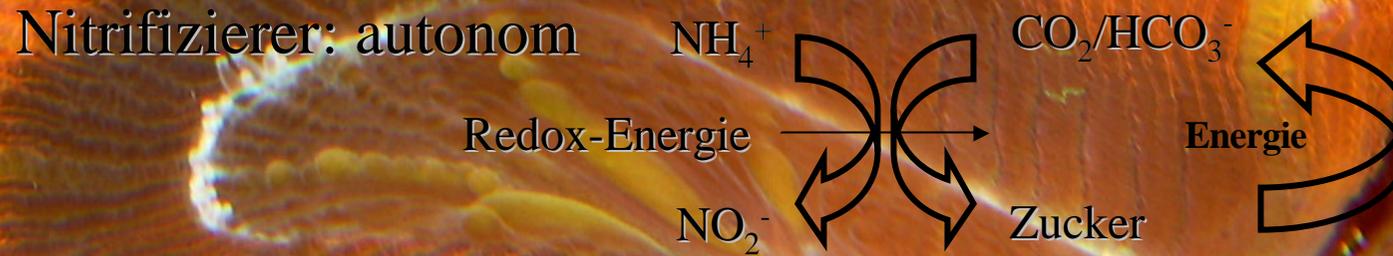


Zooxanthellate
Heteractis magnifica

Ähnlich wie bei Korallen müssen manche Bakterien ernährt werden, andere nicht („Selbstversorger“)



Bakterienvermehrung



Viele Denitrifizierer brauchen Zucker/Alkohole um Nitrat abzubauen (Ausnahme: Schwefelbakterien, Schwefelnitratfilter)

Nitratabbau unter anoxischen Bedingungen:

Liefert den Sauerstoff zur Verbrennung von Zucker/Alk.





Bakterienvermehrung

Wie ernährt man Bakterien?

Bakterien ernährt man durch die Zugabe von organischen Kohlenstoffquellen wie z.B. Zucker, Alkohole oder Carbonsäuren

Zucker: Glucose, Lactose, Saccharose, Stärke

Alkohole: Methanol, Ethanol

Carbonsäuren: Acetat, Propionat





Bakterienvermehrung

Wie ernährt man Bakterien?

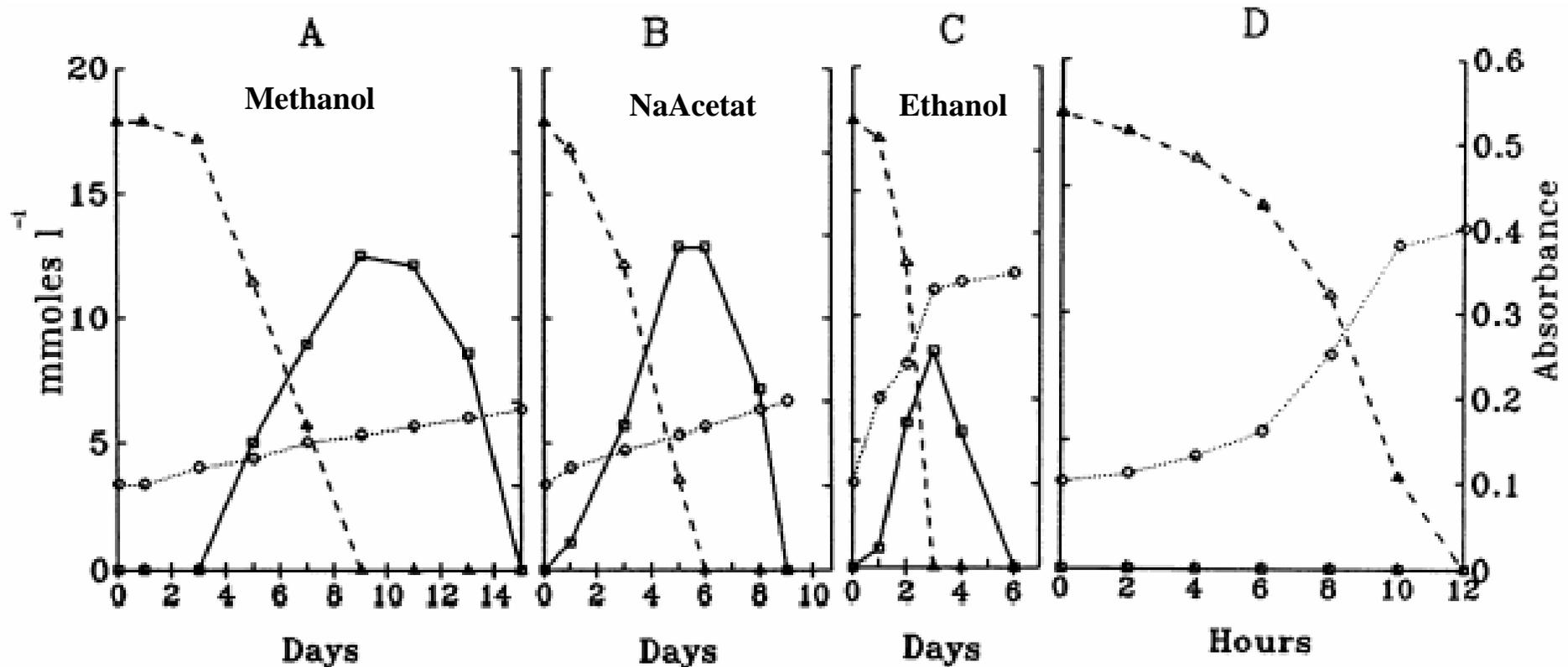


FIG. 1. Growth of *Paracoccus denitrificans* and denitrification of nitrates in static cultures grown in minimal media supplemented with methanol (A), sodium acetate (B), and ethanol (C) and in a control culture grown in nutrient broth containing nitrates (D). Symbols: O, growth curve; □, nitrite concentrations in cultures (in millimoles per liter); Δ, nitrate concentrations in cultures (in millimoles per liter).

[BLASZCZYK, M. 1993. Appl. Environ. Microbiol.;59(11): 3951-3953]



Bakterienvermehrung

Was ist der Vorteil der Wodka-Dosierung?

Leichte Verfügbarkeit: kann jeder kaufen

Bekannter Kohlenstoffgehalt bei 40 vol.-% Alk.

Ethanol ist weniger giftig als Methanol

Die Kohlenstoffquelle wird nicht von Korallen als Nahrung genutzt

Ethanol ist weniger giftig als Methanol



Bakterienvermehrung

Welche anderen Möglichkeiten gibt es?

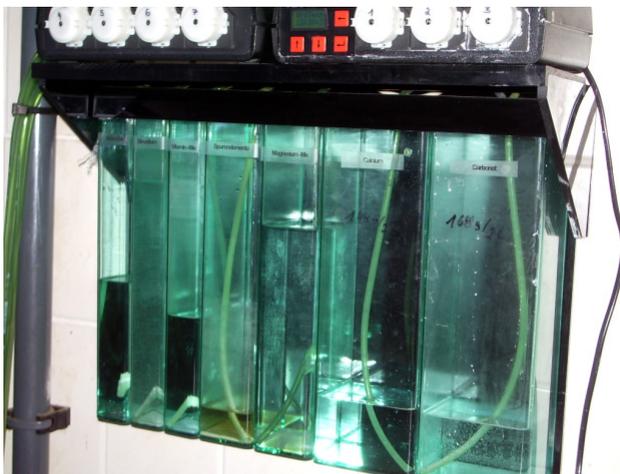


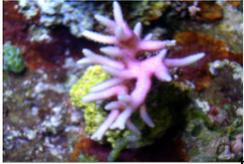
Dosierung organischer Nährlösungen

Vorteil: Enthalten weitere für das Bakteriumwachstum wichtige Stoffe

Nachteil 1: Zusammensetzung und Kohlenstoffgehalt unbekannt

Nachteil 2: Teilweise sehr teuer bei Daueranwendung





Bakterienvermehrung

Nährlösungen für Korallen und Bakterien

Die meisten Bakteriennährlösungen enthalten Stoffe, die auch von Korallen als Nahrung genutzt werden

z.B. Acetat, Glucose

Im Gegensatz zur Wodka-Dosierung stehen Korallen und Bakterien oft konkurrierend den gebotenen Nährstoffen gegenüber



Bakterienvermehrung

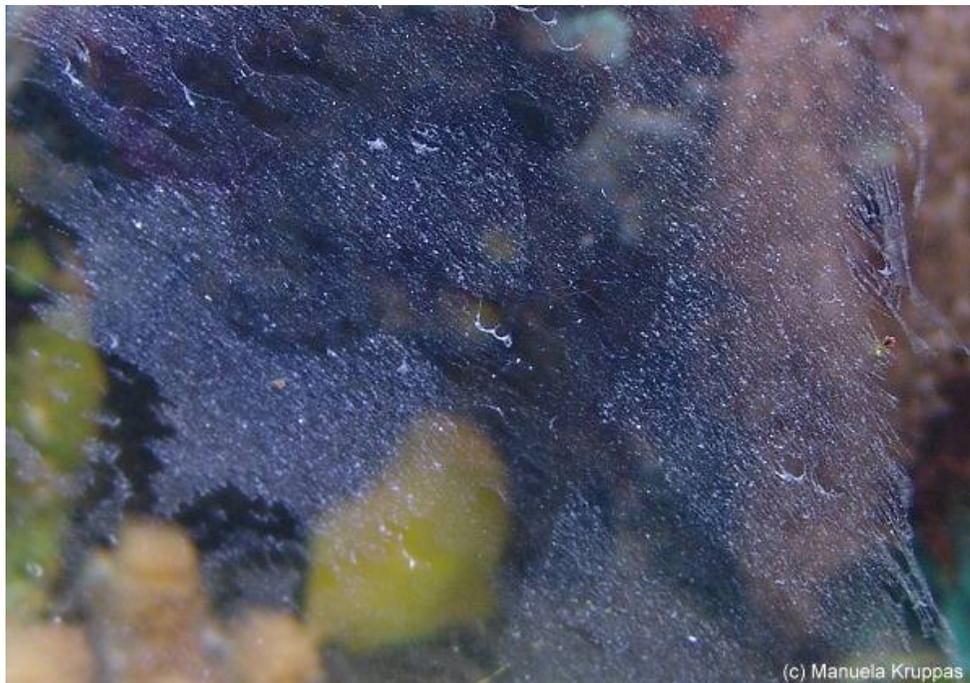


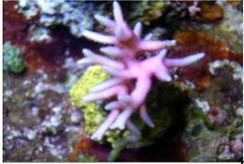


Entfernung von Bakterien

Die Förderung der Bakterienvermehrung geht einher mit einer
Umwandlung von Nitrat und Phosphat in Bakterienbiomasse

Teilweise so starke Vermehrung, dass sichtbare Biofilme und
Bakterienmatten entstehen





Entfernung von Bakterien



Teilweise so starke Vermehrung, dass sichtbare Biofilme und Bakterienmatten entstehen



Ins Wasser ausgespülte Bakterien (Bakterioplankton) effektiv abschäumbar!



UV Sterilisation und Ozonisation zusätzliche Möglichkeiten der Bakterienentfernung

Problem: Teilweise ist UV zu effektiv!



Stabilisierung

Entstehung und Entfernung der Bakterienbiomasse muss für jedes Aquarium individuell eingestellt werden.

Abhängigkeiten: Fischbesatz, Fütterungen, Korallenwachstum, Technik, etc.

Veränderungen im Technikbereich können das System gravierend stören



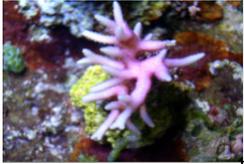


Stabilisierung

Wie startet man?

1. Nährstoffgehalte überprüfen (Nitrat, Phosphat, ggf. Ammonium)
2. Aquarium technisch ggf. umrüsten: Abschäumer, O₃/UV
3. Siedlungssubstrat überprüfen
4. Bakterienkulturen dosieren
5. Nährlösungen um mind. 1/5 (besser 1/10) der empfohlenen Dosis als Startdosis nehmen und langsam aufbauen





Stabilisierung

Wie stabilisiert man das Bakterien/Nährstoffsystem?

Nährstoffgehalte kontrollieren!

Beobachtungen der Korallen: Gewebefarbe (dunkel/hell/weiß)

Adsorbat des Abschäumers (vermehrte Schaumbildung, dunkel)

Evtl. Bildung von Bakterienbiofilmen



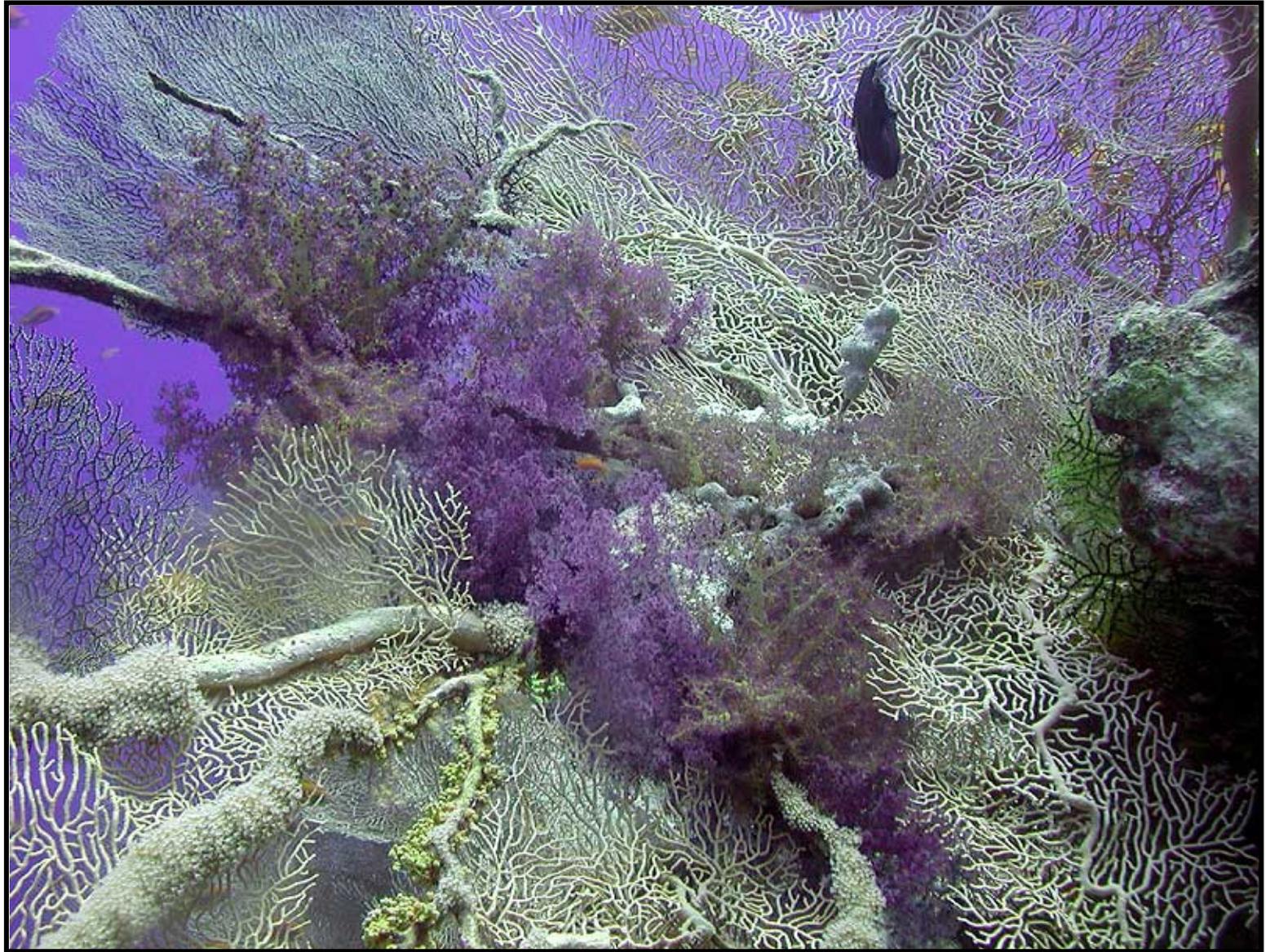


Foto: Michael Mrutzek