

Biofilm auf Dusch-Schlauch-Innenfläche

Die letzten Meter auf dem Weg zum Wasserhahn

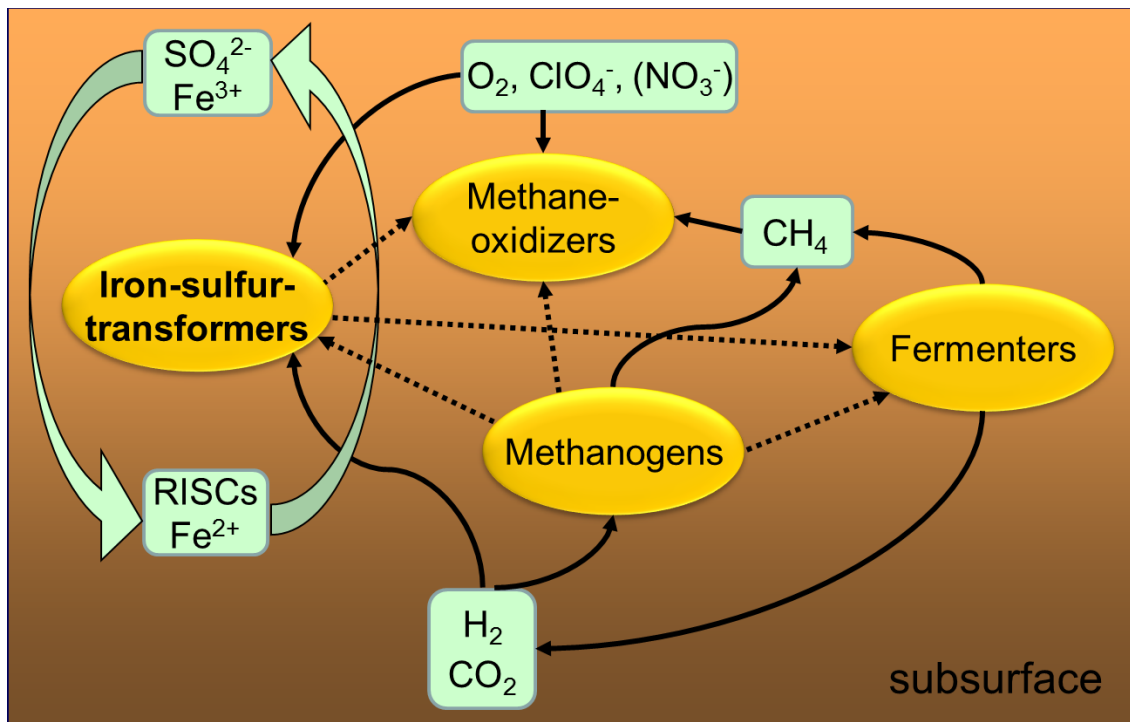
Trinkwasser wird aus Grund- und Oberflächenwasser gewonnen, dann mit teilweise sehr hohem Aufwand im Wasserwerk gereinigt und im Trinkwassernetz verteilt. Um sowohl eine Verkeimung als auch die Anwendung von Desinfektionsmitteln wie Chlor zu vermeiden, baut die Strategie für „biologisch stabiles Trinkwasser“ auf die möglichst weitgehende Entfernung aller Stoffe, von denen Mikroorganismen sich ernähren können und dadurch ihr Wachstum zu unterdrücken. So lässt sich ungechlortes Wasser über ein kilometerlanges Leitungsnetz verteilen.

Die hygienische Qualität dieses Wassers liegt in der Verantwortung der Wasserversorger und wird systematisch und intensiv überwacht. Dann kommt es in die Trinkwasser-Installationen von Privat-Häusern sowie öffentlich und gewerblich genutzte Gebäuden, z.B. in Hotels, Kliniken, Kasernen, Rathäusern, Schulen und auch Universitäten. Auf diesen letzten Metern bis zum Wasserhahn kann die Qualität drastisch abnehmen. Eine der häufigsten Ursachen ist der Einsatz ungeeigneter Materialien, die ihrerseits Nährstoffe abgeben. Weil Trinkwasser nicht steril ist (und auch nicht sein muss), finden ausgehungerte und ansonsten völlig harmlose Wasserbakterien plötzlich Nahrung – zum Beispiel auf Gummidichtungen, Dusch-Schläuchen oder anderen Komponenten der Trinkwasserinstallation. Diese können Monomere, Weichmacher, Antioxidantien oder andere niedermolekulare biologisch verwertbare Substanzen abgeben, die sich dann an der Oberfläche anreichern. Dort bilden sich umgehend Biofilme, die an sich immer noch harmlos sind, bis sich unter Umständen auch Krankheitserreger einnisten können. Sie sind im Biofilm gegen Desinfektionsmittel geschützt; einige von ihnen können sich auch im Biofilm noch vermehren und das vorbeifließende Wasser verunreinigen. Das Vorkommen hygienisch relevanter Mikroorganismen wird mit klassischen mikrobiologischen Methoden geprüft, nämlich dadurch, ob sie sich unter den Bedingungen züchten lassen, die für ihren Nachweis entwickelt wurden. Mit diesen Methoden findet man aber nur vermehrungsfähige Bakterien; bei Abwesenheit von Wachstum geht man auch von der Abwesenheit der Organismen aus. Wenn sie aber durch Stress, z.B. durch Desinfektionsmittel oder durch Kupfer-Ionen geschädigt sind, können sie in

einen vorübergehend unkultivierbaren Zustand wechseln. Dann verschwinden sie vom Radar der Überwachung. Sie können sich aber erholen und sowohl die Wachstumsfähigkeit als auch die Infektiosität wiedergewinnen. Solche Organismen können mit Methoden der Molekularbiologie nachgewiesen werden. Wie diese Übergänge funktionieren, welche Gene dabei auf- und abreguliert werden und welche Strategien zur Bekämpfung der „ungesehenen Pathogenen“ in Frage kommen, wird derzeit in einem von Prof. Fleming koordinierten BMBF-Verbundprojekt „Biofilm Management“ untersucht. Dem Konsortium gehören außer der UDE die Universitäten Bonn, Berlin und Hamburg-Harburg sowie das IWW Zentrum Wasser in Mülheim an, unterstützt von 16 Industriepartnern.

Dwidjosiswojo, Z., Richards, J., Moritz, M.M., Dopp, E., Flemming, H.-C., Wingender, J. (2011): Influence of copper ions on the viability and cytotoxicity of *Pseudomonas aeruginosa* under conditions relevant to drinking water. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 214, 485-492

Flemming, H.-C., Bendinger, B., Exner, M., Kistemann, T., Schaule, G., Szewzyk, U., Wingender, J. (2013): The last meters before the tap: where drinking water quality is at risk. In: van der Kooij, D., van der Wielen, P. (eds.): *Microbial growth in drinking water distribution systems and tap water installations*. IWA Publishing, chapter 8



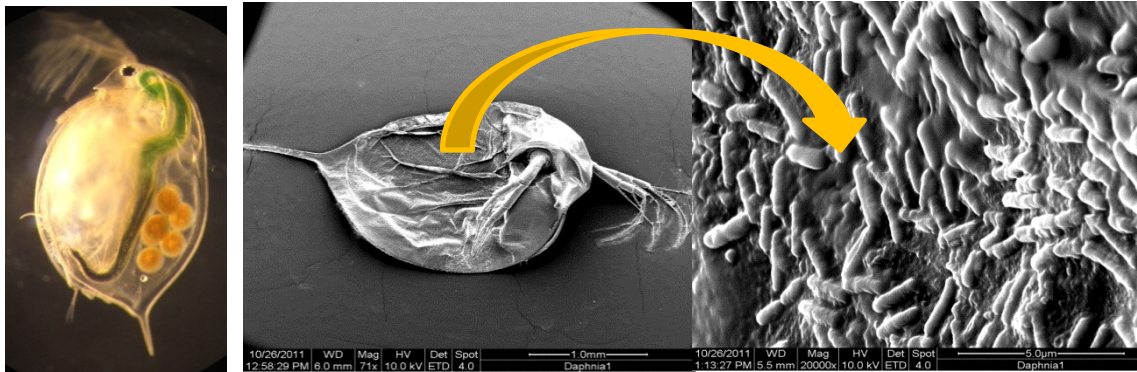
Mögliche mikrobielle Stoffwechselkreisläufe im Mars-Untergrund; links: Eisen-Schwefel-Bakterien

Wie könnte Leben auf dem Mars aussehen?

Die Oberfläche des roten Planeten ist lebensfeindlich. Zwar gibt es Anzeichen dafür, dass sie einst zu großen Teilen von Wasser bedeckt war, aber das ist verschwunden. Wasser ist aber für das Leben, das wir kennen, unerlässlich. Und es gibt gute Chancen, dass auf dem Mars noch etwas davon übrig ist, aber nur im Untergrund – in Form im Wasser von Permafrost-Boden, in Feuchtigkeit oder gar Grundwasser, falls es noch existiert. Und dann könnte es auch Leben geben, unabhängig von der Energie der Sonne, von der die Energie der Photosynthese stammt. Für das Leben im Untergrund gibt es viele Beispiele auf der Erde. Im Rahmen der Helmholtz Alliance „Planetary Life and Evolution“ befassen sich die Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Hans-Curt Flemming und Prof. Dr. Wolfgang Sand vom Biofilm Centre sowie Dr. Petra Rettberg vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum Köln mit der Frage, wie das Leben auf dem Mars aussehen könnte. Marsmännchen (oder Marspersonen) kommen nicht in Frage, aber Bakterien. Denkbar ist, dass abiotisch vorhandener Wasserstoff und Eisen als Elektronendonatoren fungieren und dass damit CO₂ zu organischem Kohlenstoff in Form von Biomasse umgewandelt wird. Auf der Erde tun das Methan-bildende Bakterien sowie Eisen-Schwefel-Bakterien. Sie können Biomasse aufbauen und Stoffwechselprodukte bilden, die dann von heterotrophen Bakterien verwertet werden können. Auf diese Weise wäre ein Lebenszyklus denkbar. Die Frage ist nun: geht das auch mit den Mineralien, die auf dem Mars bisher nachgewiesen wurden? Anja Bauermeister hat in ihrer Dissertation eine nachgewiesen, dass der Organismus *Acidithiobacillus ferrooxidans* als Primärproduzent in der Lage ist, unter Mars-Bedingungen und nur mit einer Mars-analogen Mineralmischung („Regolith“) zu überleben und unter bestimmten Bedingungen sogar stoffwechselaktiv zu sein. *A. ferrooxidans* gehört zu den Organismen, die auf der linken Seite im obigen Lebens-Schema vorkommen. Sie hat dabei nicht nur konventionelle Kulturmethode benutzt, sondern auch mit

molekularbiologischen Methoden zeigen können, dass ein solches Modell für ein Leben auf dem Mars realistisch sein könnte. Frau Bauermeister ist für diese exzellente Arbeit mit einem „summa cum laude“ ausgezeichnet worden.

Bauermeister, A. (2013): Characterization of stress tolerance and metabolic capabilities of acidophilic iron-sulfur transforming bacteria and their relevance to Mars. Dissertation Fak. Chemie, Universität Duisburg-Essen



Daphnia magna (auch „Wasserfloh“ genannt) – rechts: Besiedlung durch Bakterien

Plankton als Lebensraum für hygienisch relevante Mikroorganismen

Plankton besteht aus Kleinstlebewesen im Wasser, deren Schwimmrichtung vom Wasser vorgegeben wird. Man unterscheidet Phytoplankton (hauptsächlich Algen und Cyanobakterien) und Zooplankton, z.B. Kleinkrebse wie *Daphnia magna*, die im obigen Bild dargestellt ist. Die Vergrößerung zeigt, dass die Oberfläche massiv von Bakterien besiedelt ist, die dort Biofilme bilden. Ein Beispiel: bei starkem Plankton-Wachstum in den Sommermonaten kann das Zooplankton im Baldeneysee die gewaltige Gesamtoberfläche von über 3.000 km² erreichen – eine riesige Besiedlungsfläche, die sich den Wasserbakterien anbietet. Auf den Planktonorganismen – sowohl Phyto- als auch Zooplankton - ist die Bakteriendichte um 4-6 Größenordnungen höher als in der freien Wasserphase; ein Schluck Plankton enthält also sehr viel mehr Bakterien als ein Schluck Wasser. Auf den Plankton-Oberflächen können sich nicht nur harmlose Wasserbakterien, sondern auch Fäkalbakterien und Krankheitserreger ansiedeln. Im Projekt wurden Pathogene wie *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, *Aeromonas* sowie Fäkal-Indikatoren wie *Escherichia coli*, coliforme Bakterien und intestinale Enterokokken auf Plankton und im Wasser gefunden. Damit gewinnt das Plankton eine erhebliche hygienische Relevanz. Dies wurde in der Dissertation von Miriam Tewes in einem DFG-Projekt unter Anleitung von Prof. Hans-Curt Flemming und Dr. Jost Wingender vom Biofilm Centre sowie von Prof. Bernd Sures (Hydrobiologie der UDE) untersucht. Es zeigte sich anhand der Daten, die mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) gewonnen wurde auch, dass ein großer Anteil der hygienisch relevanten Mikroorganismen in einen Zustand übergeht, in dem zwar wahrscheinlich noch ribosomale Aktivität und damit Proteinproduktion stattfindet, aber nur ein kleiner Anteil dieser Organismen noch kultivierbar ist. Solche Zellen können vorübergehend unkultivierbar sein. Sie lassen sie sich dann nicht mehr mit den Standard-Verfahren zu ihrem Nachweis finden, aber sie müssen keineswegs tot sein und es ist damit zu rechnen, dass sie wieder in den wachstumsfähigen und auch infektiösen Zustand zurückkehren können. Bei der Gewinnung von Trinkwasser aus Oberflächenwasser kann das Plankton durch Filtration gut abgetrennt werden, aber beim Baden kann die mögliche orale Aufnahme durchaus eine Rolle spielen.

Tewes, M. (2013): Association of hygienically relevant microorganisms with freshwater plankton. Dissertation Fakultät Chemie, Universität Duisburg-Essen