

Dr. Pascal Beese-Vasbender

»Warum Eisen fressende Bakterien unser Energieproblem lösen könnten«

Der vorliegende Beitrag wurde beim Deutschen Studienpreis 2015 mit einem 2. Preis in der Sektion Natur- und Technikwissenschaften ausgezeichnet. Er beruht auf der 2014 an der Ruhr-Universität Bochum eingereichten Dissertation »From Microbially Induced Corrosion to Bioelectrical Energy Conversion« von Dr. Pascal Beese-Vasbender.

Warum Eisen fressende Bakterien unser Energieproblem lösen könnten

Dr. Pascal Beese-Vasbender

Die Zersetzung von Eisen durch Bakterien ist ein großes Problem, viel größer, als man auf Anhieb glauben mag. Besonders Öl- und Gaspipelines im Meer werden durch Bakterien angegriffen, mit schweren Folgen für die Umwelt und Wirtschaft. Wie genau die Bakterien das Eisen auflösen, ist bisher noch nicht eindeutig aufgeklärt, allerdings zeigen neue Erkenntnisse der aktuellen Doktorarbeit einen Weg auf, wie der durch die Eisen fressenden Bakterien verursachte Schaden in Zukunft minimiert werden kann. Doch so groß der Schaden auch ist, den die Bakterien anrichten, so spektakulär sind die neuen Möglichkeiten, die die besonderen Fähigkeiten dieser Mikroorganismen uns auf anderen Ebenen eröffnen. Denn vielleicht kann ein kleines Bakterium schon bald helfen, unser Energieproblem zu lösen.

Jeder Mensch kennt Rost auf Eisenoberflächen, der durch die Reaktion des Luftsauerstoffs mit dem Eisen entsteht und die Lebensdauer des Materials stark vermindert. Da Rost also sauerstoffabhängig ist, ließe sich das Rosten prinzipiell durch den Ausschluss von Luftsauerstoff verhindern. Allerdings zeigen sich gerade in sauerstofffreien Böden und Meeressedimenten gravierende Schadensfälle an Pipelinesystemen der Öl- und Gasindustrie, mit verheerenden ökonomischen wie auch ökologischen Folgen. Da Sauerstoff hier keine Rolle spielt, suchte man nach anderen Verursachern und fand sie schnell im Reich der Bakterien. In ähnlicher Weise wie der Luftsauerstoff greifen die Bakterien das Eisen an und nutzen die im Eisen enthaltene Energie als Nahrungsquelle. Der grundlegende Mechanismus, mit dem die Bakterien das Eisen aufzehren, ist allerdings nicht vollständig aufgeklärt. Von besonderem Interesse bei der Erforschung dieses als Biokorrosion bezeichneten Rostvorganges sind hierbei Schwefelwasserstoff produzierende Bakterien und Methan produzierende Archaeen, welche überall in den typisch schwarz gefärbten und nach faulen Eiern riechenden Sedimenten vom Wattenmeer bis hin zum eigenen Gartenteich vorkommen. Unter diesen Bakterien gibt es Vertreter, die spezialisiert darauf sind, Eisen als alleinige Energiequelle zu nutzen. Dabei haben diese spezialisierten Bakterien einen direkten Einfluss auf elektrochemische Prozesse an der Eisenoberfläche und beschleunigen somit den Rostvorgang, wodurch bei einer Pipeline binnen weniger Jahre eine Leckage entstehen kann. Jedoch ist dieser spezialisierte Mechanismus der Eisen fressenden Bakterien nicht darauf beschränkt, alleinig Energie von Eisenoberflächen aufzunehmen. Bemerkenswerterweise lassen sich die Eisen fressenden Bakterien auch

auf anderen leitfähigen Materialien vermehren, wenn man diese unter Strom setzt, wie beispielsweise Graphit. Mit Hilfe dieses Materials konnten erstmalig präzise elektrochemische Analysen angestellt werden, die zeigten, dass die direkte Aufnahme von Elektronen den Bakterien als Energiequelle dient. Schafft man es in Zukunft, diese direkten Eintrittsstellen der Elektronen in den Energiekreislauf der Bakterien zu hemmen, könnten gezielt Strategien zur Vermeidung von Biokorrosion entwickelt werden. Somit könnten auf Basis dieser neuen Erkenntnisse in Zukunft Leckagen an Pipelines verhindert werden.

Die nützlichen Fähigkeiten der „Eisenfresser“

Doch die Eisen fressenden Bakterien haben nicht nur schlechte Eigenschaften.

Die direkte Aufnahme von Elektronen durch die Bakterien ist auch von großem Interesse für Verfahren der Energieumwandlung, bei denen die Bakterien als sogenannte Biokatalysatoren die elektrische Energie in speicherbare Energie wie Methangas umwandeln. Der große Vorteil von Biokatalysatoren ist die hohe Selektivität und Effizienz der chemischen Umsätze, die von konventionellen Katalysatoren oft nicht erreicht wird. Zudem können sich Bakterien schnell reproduzieren und gewährleisten somit, dass der Biokatalysator immer in ausreichenden Mengen vorhanden ist, was bei rein chemischen Katalysatoren nicht zutrifft. Eine besondere Bedeutung haben hier die Methan produzierenden Archaeen, die mit Hilfe der elektrischen Energie aus klimaschädlichem Kohlendioxid selektiv und hocheffizient Methan produzieren. Der große Vorteil gegenüber standardmäßig verwendeten Kupferkatalysatoren der chemischen Industrie liegt in den wesentlich geringeren Stromspannungen, die von den spezialisierten Bakterien benötigt werden, um Kohlendioxid in Methan umzuwandeln. Außerdem werden von den Methan produzierenden Archaeen keine weiteren gasförmigen Nebenprodukte erzeugt, wodurch eine aufwendige Aufreinigung des erzeugten Biogases entfällt. Durch ein entsprechendes Verfahren im großtechnischen Maßstab könnte somit ein Überschuss an Strom aus erneuerbarer Energie genutzt werden, um die Methanproduktion der Bakterien „anzufeuern“. Das Methan ließe sich dann ohne weitgreifende Infrastrukturmaßnahmen schon heute im bestehenden Erdgasnetz der Bundesrepublik Deutschland speichern und bei neu entstehendem Energiebedarf in Blockheizkraftwerken wieder nutzen. Die Methan produzierenden Bakterien könnten somit also helfen, überschüssigen Strom in speicherbares Methan umzuwandeln, mit dem dann Zeiten der Stromknappheit überbrückt werden können. Diese Bakterien liefern damit die Lösung für das große Problem der schwankenden Strommengen, das bei der Nutzung erneuerbarer Energien entsteht. Bemerkenswert ist, dass der an anderer Stelle eher zerstörerische Mechanismus der Eisen fressenden Bakterien hier gezielt zur Energieumwandlung genutzt werden kann. Dies ist ein beeindruckendes Beispiel für die Vielschichtigkeit der bakteriellen Aktivität.