

Sauberes Wasser durch Sonnenenergie

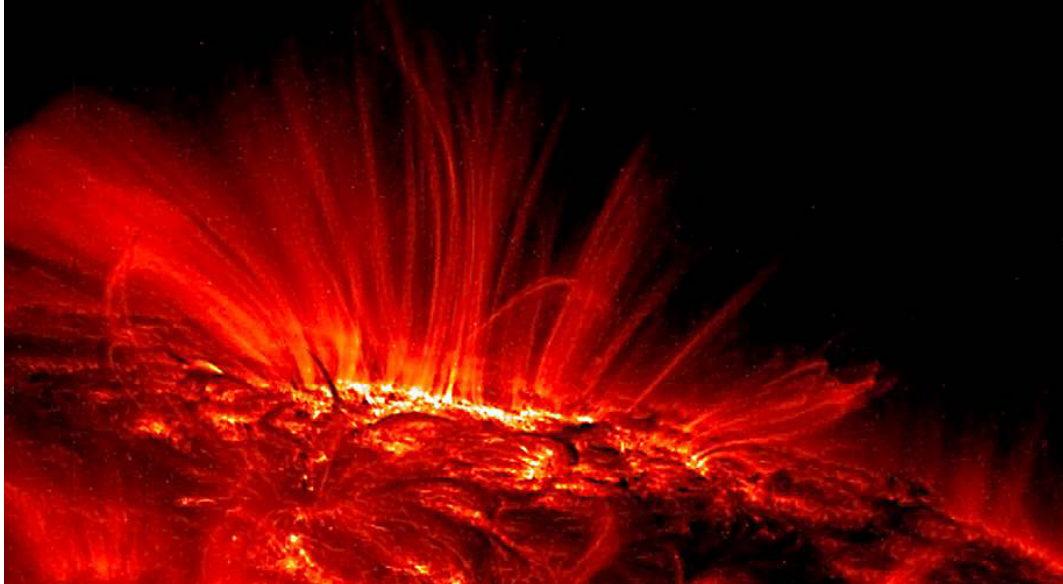


Abb. 1: Materieströme auf der Oberfläche unserer Sonne – sogenannte „Protuberanzen“. Die freiwerdende Energiemenge kann man erahnen, wenn man bedenkt, dass hier Material mehrere hunderttausend Kilometer ins Weltall geschleudert wird. Bild: NASA

Einleitung

Wenn wir in unseren Häusern den Wasserhahn aufdrehen, haben wir jederzeit Zugang zu frischem und sauberem Wasser, das wir ohne Bedenken trinken können. Das ist keine Selbstverständlichkeit und das ist auch nicht überall auf der Welt so. Damit aus dem Wasser, das wir verschmutzen, wieder ein Lebensmittel wird, sind allerdings vielfältige und aufwändige Reinigungsprozesse erforderlich.

Unsere Abwässer kommen in Kläranlagen, in denen sie mechanisch und chemisch behandelt werden, bevor man sie in die Natur zurückleiten kann. Fast immer sind hier Mikroorganismen, z.B. Bakterien, an der Arbeit. Sie leben von den Schadstoffen und bauen sie dabei ab. Aber nicht alles, was an flüssigen Abfällen bei uns oder in der Industrie entsteht, ist für Bakterien verdaulich. Wenn Bakterienkulturen sterben, muss die gesamte Kläranlage vorübergehend stillgelegt werden.

Besondere Problemschadstoffe müssen darum beim Verursacher vorgereinigt werden. Ein relativ neues Verfahren hierzu ist die photokatalytische Reinigung, die ihr in diesem Versuch anhand des Abbaus eines Modellschadstoffes kennen lernen werdet.

Bezug zur Forschung



Abb. 2: Im DLR-Standort Lampoldshausen reinigt diese Anlage unter Einsatz von Sonnenlicht Abwasser von schwer abbaubaren Stoffen. (Foto: DLR)

Seit Millionen von Jahren nutzen Pflanzen die Energie der Sonne für chemische Prozesse. Die meiste Biomasse der Erde beruht so auf der Photosynthese. Auch der Mensch setzt schon seit dem Altertum – z.B. bei Bleichverfahren – die Sonnenenergie für chemische Prozesse ein. In der Industrie spielte Photochemie trotz der kostenlosen und unerschöpflichen Verfügbarkeit der Energiequelle in den letzten 100 Jahren aber nur eine geringe Rolle. Dies wird sich jedoch wahrscheinlich bald ändern.

Unter anderen forscht auch das DLR auf dem Gebiet der Photochemie. Mittelgroße Anlagen zur Reinigung von Abwassern sind seit kurzem im Dauerbetrieb. So wird z.B. Abwasser aus dem Triebwerk-Teststand des DLR in Lampoldshausen photochemisch gereinigt.

Das Experiment

Ihr reinigt Wasser, das mit einem harmlosen Modellschadstoff belastet ist – und zwar nur durch Nutzung der Sonnenenergie.

Zu den chemischen Grundlagen noch Folgendes

Katalysatoren sind Stoffe, die eine chemische Reaktion begünstigen, indem sie die Aktivierungsenergie herabsetzen. Der Katalysator selbst wird dabei nicht verbraucht.

Titandioxid kann als Katalysator eingesetzt werden. Diese Chemikalie ist umweltverträglich, wird als weißes Farbpigment z.B. in Wandfarbe verwendet und ist (als E171) sogar in Lebensmitteln zugelassen. Wahrscheinlich hattet ihr heute Morgen schon Titandioxid im Mund, denn es ist in vielen Zahnpasten enthalten.

Aufgrund seiner Halbleiter-Eigenschaft ist Titandioxid in der Lage, Lichtenergie im UV-Bereich aufzunehmen und sie an Wassermoleküle weiterzugeben. Dabei entstehen hoch reaktive OH-Radikale, die in der Lage sind, auch sehr stabile Schadstoffe (selbst Cyanide) zu zerstören.

Materialien und Hilfsmittel

2 UV-Licht durchlässige Erlenmeyerkolben (1000 ml) z.B. aus Duranglas	<input type="checkbox"/>
2 Laborrührer mit Rührfisch	<input type="checkbox"/>
Tropfpipetten	<input type="checkbox"/>
Aluminiumfolie	<input type="checkbox"/>
pH-Messgerät	<input type="checkbox"/>
Thermometer	<input type="checkbox"/>
Stoppuhr	<input type="checkbox"/>

Chemikalien

Leitungswasser oder destilliertes Wasser	<input type="checkbox"/>
Ameisensäure	<input type="checkbox"/>
Titandioxid	<input type="checkbox"/>

Anmerkung: Wir verwenden im DLR_School_Lab TiO₂ der Firma Evonik, Handelsname: Aerosol® Degussa P-25. Es besteht zu 80% aus der Anatas und 20% aus der Rutil-Modifikation.

Vorbereitung, Aufbau und Durchführung

Step 1: Zutaten

Ihr besorgt die oben genannten Zutaten.

Step 2: Vorbereitung

Verdünn die Säure auf 5%ig.

Wägt 2 mal 80 mg Titandioxid ab.

Umwickelt einen Erlenmeyerkolben dicht mit Alufolie.

Er dient als Vergleichsprobe, da ja kein Sonnenlicht durch die Alufolie dringt.

Füllt 800 ml Wasser in jeden der beiden Erlenmeyerkolben.

Bestimmt den pH-Wert des Leitungswassers.

Step 3: Erlenmeyerkolben rühren



Abb. 3: Experimentaufbau

Beide Erlenmeyerkolben werden auf elektrische Rührgeräte ins Sonnenlicht gestellt und ständig gerührt. Falls ihr nur einen Rührer habt, könnt ihr Experiment und Vergleichsexperiment nacheinander durchführen. Dabei müsst ihr aber die Sonneneinstrahlung beobachten, die vergleichbar sein sollte.

Unter Rühren und gleichzeitigem Messen des pH-Wertes wird durch langsames Eintropfen der verdünnten Säure in beiden Kolben ein Säuregrad von pH 4 eingestellt.

Step 4: Ablauf und Durchführung

Gebt das Titandioxid in beide Erlenmeyerkolben und startet die Stoppuhr.

Von nun an sollen in regelmäßigen Abständen (z.B. alle zwei Minuten) der pH-Wert und die Temperatur in beiden Erlenmeyerkolben gemessen werden. Passt auf, dass ihr keinen Sonnenbrand bekommt. Tragt die Messwerte in eine Tabelle ein. Die Messung ist beendet, wenn der pH-Wert im Erlenmeyerkolben mit Titandioxid nahe 7 ist oder wieder den pH-Wert vor der Säurezugabe erreicht hat. Je nach Sonneneinstrahlung und Temperatur kann dies bis zu 40 Minuten dauern.

Step 5: Auswertung/Ergebnisse

Tragt die Messergebnisse in eine Grafik ein: X-Achse: Zeit, Y-Achse: pH-Wert bzw. Temperatur. Wie unterscheiden sich die Graphen für den Reaktionsansatz und die Kontrollprobe hinsichtlich Temperatur- und pH-Verlauf? Woran kann man die Wirkung der photokatalytischen Reaktion erkennen?

Weiterführende Links

DLR_School_Lab: Solare Wasserreinigung

http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1918/2803_read-4356/

DLR_Portal: Energy Globe Award für ein DLR-Projekt zur solaren Wasserreinigung

http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-80/7422_read-12569/

HINWEIS

Die hier beschriebenen Mitmach-Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Sie können jedoch auch bei ordnungsgemäßer Durchführung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Die hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente sind ausschließlich für den Einsatz im Schulunterricht vorgesehen. Ihre Durchführung sollte in jedem Fall durch eine Lehrkraft betreut werden. Die Richtlinien zur Sicherheit im Schulunterricht sind dabei einzuhalten.

Das DLR kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Durchführbarkeit der hier beschriebenen Experimente geben. Das DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die bei Durchführung der hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente entstehen.

Informationen für Lehrer

Fächer

Chemie

Alter/Schwierigkeitsgrad

Ab ca. 15 Jahre, abhängig vom Wissensstand hinsichtlich Chemie
Bekannt sein sollten: Carbonsäuren, Katalysator, chemische Anregung, Radikale

Dauer des Experiments

0,25 Stunden Aufbau/Vorbereitung
1 Stunde Ablauf/Durchführung/Auswertung

Lernziele

Grundlagen chemischen Arbeitens
Bildung und Überprüfung von Hypothesen
Katalytische Reaktionen

Erweiterungen

Anstelle von organischen Säuren könnt ihr als Modellschadstoff auch Farbstoffe verwenden (Z. B. Lebensmittel-farbstoffe). Ihr müsst dann in regelmäßigen Abständen Proben aus beiden Gefäßen nehmen, beschriften und sofort ins Dunkle stellen. Die Proben können später direkt oder mit Hilfe einer Farbskala verglichen werden.

Kontakt

schoollab-koeln@dlr.de