

CHEMIE und sauberes Wasser

Einfach ein gutes Match

Die Verfügbarmachung von sauberem Wasser stellt eine der größten, globalen Herausforderungen dar. Für den Mangel an sauberem Wasser ist die Chemie selbst eine der Ursachen und sollte daher auch Lösungen für diese Probleme anbieten und kann dies auch leisten.

Am Institut für Anorganische Chemie (ACI) forschen Wissenschaftler*innen an zahlreichen Innovationen. Eine sehr kleine Auswahl wird in den folgenden Abschnitten anhand von Beispielen angesprochen.

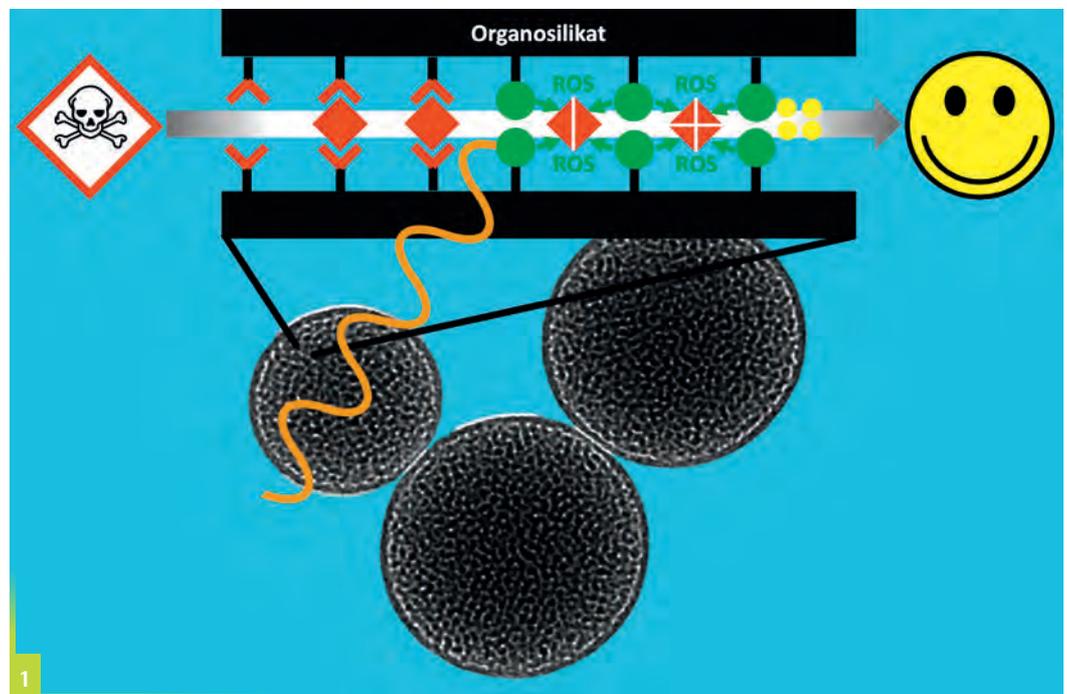


Abbildung 1
In Wasser (blau) gelöste, schädliche Verbindungen (Rauten) werden in Poren an spezifischen Gruppen (rot) der Organosilikatoberflächen (schwarz) gebunden. In einem nachfolgendem Schritt werden reaktive Sauerstoffspezies durch Licht (orange) getriebene Photokatalyse (grün) angegriffen und letztlich zu ungefährlichen Produkten umgesetzt (Smiley). Im unteren Teil des Bildes sind Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) Aufnahmen von mesoporösen Organosilikatnanopartikeln gezeigt.

Quelle: eigene Darstellung

Die reduzierte Verfügbarkeit von Wasser selbst in den gemäßigten Klimazonen ist ein deutliches Anzeichen für den Klimawandel, an dessen Anfang wir stehen. Internationale Organisationen wie die WHO (World Health Organization) oder die UN (United Nations) machen bereits seit vielen Jahren darauf aufmerksam, dass die Zahl von Menschen, die keinen oder sehr stark eingeschränkten Zugang zu sauberem Wasser in Trinkqualität haben, von aktuell bereits zwei Milliarden stark ansteigen wird. Ebenfalls beeinflusst die Verfügbarkeit von Wasser direkt die Fähigkeit, Lebensmittel in ausreichender

Menge in einer (industrialisierten) Landwirtschaft zu erzeugen.

Ausbleibende Niederschläge und Dürren sind jedoch nur ein Faktor, der Druck auf das System ‚Wasserverfügbarkeit‘ ausübt. Je entwickelter eine Gesellschaft ist, desto mehr belastete Abwässer produziert sie direkt und indirekt. Durch den Konsum werden durch jeden Haushalt beträchtliche Mengen Abwässer produziert, deren Aufarbeitung in den momentan betriebenen Kläranlagen nur zum Teil gelingt. Durch eine entsprechende Berichterstattung in den Medien sind der breiten Öffentlichkeit

vor allem zwei Fälle bekannt geworden, die aber nur einen geringen Ausschnitt der gesamten Problematik repräsentieren.

- Pharmaka wie Hormone im Abwasser durch Einnahme von Medikamenten zum Beispiel der Antibabypille, die auf Grund des Verdachts, Einfluss auf die Verteilung von männlichen und weiblichen Individuen zu nehmen, haben zu großen Verunsicherungen bei Bürger*innen geführt. Geklärtes und behandeltes Wasser unterschreitet die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte, die in Abhän-

gigkeit von der Verunreinigung unterschiedlich sind. Restkonzentrationen liegen im Bereich von 100 Nanogramm pro Liter. Zum Vergleich: Lösen Sie 1 x Zuckerkörnchen in 1 x Liter Wasser, erhalten Sie eine in etwa 100fach höhere Konzentration der Zuckermoleküle. Das angegebene Beispiel demonstriert auf eindrucksvolle Weise, dass das Thema ‚sauberes Wasser‘ als wichtige Facette enthält, wie man derart niedrige Konzentrationen durch eine äußerst leistungsstarke chemische Analytik nachweisbar machen kann. Entsprechende Gerätschaften sind mit hohen Investitionskosten verbunden, welche von Gemeinden in Entwicklungs- oder Schwellenländern schwerlich geleistet werden können. Es ist daher davon auszugehen, dass die Qualität von Wasser in vielen Fällen nicht zweifelhaft bekannt ist.

■ Nur noch wenige Kleidungsstücke enthalten ganz ausschließlich Naturfasern. Nicht nur in Funktionskleidung findet man deshalb signifikante Mengen verschiedener synthetischer Polymere, die beim jedem Waschvorgang zu einem geringen Anteil das Abwasser belasten. Für Mikroplastik gibt es zahlreiche weitere Ursachen, die seit wenigen Jahren in das Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt sind. **Aus chemischer Sicht stellt der Abbau von Mikroplastik eine enorme Herausforderung dar.** Letztlich sind die allermeisten, synthetischen Polymere ja mit Absicht so hergestellt worden, dass sie eine hohe Resilienz aufweisen. Als zweites Beispiel können wir an Autoreifen denken, deren Hauptkomponente ein synthetisches Polymer ist, welches zu einem signifikanten Teil

als Abrieb auf Straßen und somit in der Umwelt landet.

90 Prozent der Produkte, nicht nur die genannten Beispiele, werden durch die Wertschöpfungsketten der chemischen Industrie bereitgestellt. Je mehr Schritte diese Wertschöpfungskette für ein Produkt beinhaltet, desto mehr Abfall entsteht. In der Prozessevaluation verwendet man den sogenannten E-Faktor (Environmental beziehungsweise Umweltfaktor), der das Verhältnis der Gesamtmasse des Abfalls geteilt durch die Gesamtmasse des Zielprodukts quantifiziert. Für Pharmazeutika, zum Beispiel die genannten Hormonpräparate, beträgt der E-Faktor bis zu 100. In Staaten mit unzureichenden Umweltauflagen kann nicht ausgeschlossen werden, dass nennenswerte Mengen dieser Abfälle auch die Abwässer belasten. Die Verwendung von organischen Lösungsmitteln stellt einen Hauptbeitrag bei der Erhöhung des E-Faktors dar. Deshalb besteht in der chemischen Industrie ein großes Interesse daran, die Menge an organischen Lösungsmitteln zu reduzieren oder gar ganz zu vermeiden. **Wasser als Medium für beliebige chemische Synthesen stellt die attraktivste Variante eines grünen Wegs dar.** Nach der Verwendung erhält man natürlich wieder ein Abwasser, welches entsprechend gereinigt werden muss.

„Die CHEMIE“ stellt in Anbetracht der diskutierten Argumente unbestreitbar eine Ursache für den Mangel an sauberem Wasser dar. Da sich unsere Gesellschaften nicht in Richtung einer vorindustriellen Zeit entwickeln werden, muss „die CHEMIE“ selbst auch Lösungen für das Problem erarbeiten. Sie wird dieser Verantwortung durch zahlreiche Innovationen an Forschungseinrichtungen und

der Industrie selbst gerecht. Eine sehr kleine Auswahl wird in den folgenden Abschnitten anhand von Beispielen angesprochen, die maßgeblich am Institut für Anorganische Chemie (ACI) der Leibniz-Universität Hannover erforscht und bearbeitet werden.

1. Alleskönner mit maßgeschneiderten Poren.

Jeder von uns kennt einen Filter, zum Beispiel vom Kaffee-Kochen. Durch die Poren können bestimmte Stoffe passieren und andere nicht, die zu groß sind. Am ACI werden Materialien entwickelt, deren Poren um ein Vielfaches kleiner sind als bei herkömmlichen Filtern. Die Durchmesser der Poren sind so klein, dass in ihnen nur wenige Moleküle nebeneinander Platz finden (s. Abb. 1). Bei derart kleinen Poren haben die zuvor erwähnten Größenausschlusseffekte nur eine untergeordnete Bedeutung. Vielmehr kommt es jetzt darauf an, wie Moleküle mit den Oberflächen der Poren wechselwirken. Bleiben in Wasser gelöste Verunreinigungen an den Wänden haften, hat man diese entfernt und das Wasser gereinigt. Man spricht von **Adsorbentien**. Leider ist es nicht ganz so einfach, wobei in diesem Artikel lediglich zwei Herausforderungen angesprochen werden sollen, ‚Selektivität‘ und ‚Regeneration‘.

■ In einem realen Abwasser befindet sich nicht nur eine Verunreinigung. Je genauer wir ein Abwasser betrachten, das heißt bei immer geringer werdenden Konzentrationen, desto mehr Verbindungen können wir wahrnehmen, die parallel zueinander vorhanden sind. Verbindungen höherer Konzentration werden schneller adsorbieren und blockieren damit die Oberfläche der

Poren. Wahrscheinlich ist es aber eine niedrig konzentrierte Spezies, die wir aus dem Abwasser entfernen wollen. **Das Material muss selektiv bezüglich einer ganz bestimmten Verunreinigung sein**, was gelingen kann, wenn die Oberfläche mit dieser Spezies stärker wechselwirkt als mit (allen) anderen. Am ACI werden poröse **Organosilikatmaterialien** entwickelt, deren Wände mit praktisch beliebigen Gruppen ausgerüstet werden können. In

silikat **durch Photokatalyse reaktive Sauerstoffspezies (ROS) erzeugen** kann. Diese Spezies sind so reaktiv, dass sie eine Vielzahl von Kontaminationen zersetzen und somit unschädlich machen können. Das Material reinigt sich auf diese Weise selbst.

2. Seife mit aktiver Reinigungsfunktion

Tenside stellen die wichtigste Komponente in Reinigungsmitteln dar. Sie besitzen eine

wasserlöslichen Schicht versehen werden und letztlich noch schlechter vom Abwasser getrennt werden können. Wäre diese Schicht aber magnetisch, dann wäre eine Abtrennung im Idealfall ohne Einsatz von Energie durch Anwendung eines Magneten möglich. Tenside mit magnetischen Kopfgruppen werden am ACI entwickelt und es gelang zu zeigen, dass man diese durch handelsübliche Permanentmagnete manipulieren kann.

Abbildung 2
Tensidmoleküle bestehen aus einem wasserlöslichen Kopf und einer in Wasser unlöslichen Kette, weshalb sie sich zu Aggregaten (Mizellen; rote Kreise) zusammenschließen. Das hier gezeigte Tensid weist eine spezielle, katalytisch aktive und magnetische Kopfgruppe auf. Unerwünschte Kontaminationen (Rauten) können bevorzugt in das Innere der Mizelle wandern, wo sie durch die speziellen Tenside durch Katalyse (grün) zu besseren Produkten (gelb) umgewandelt werden. Bei ausreichender Reaktion der Tenside in einem äußeren Magnetfeld können diese dann abgetrennt werden.

Quelle: eigene Darstellung

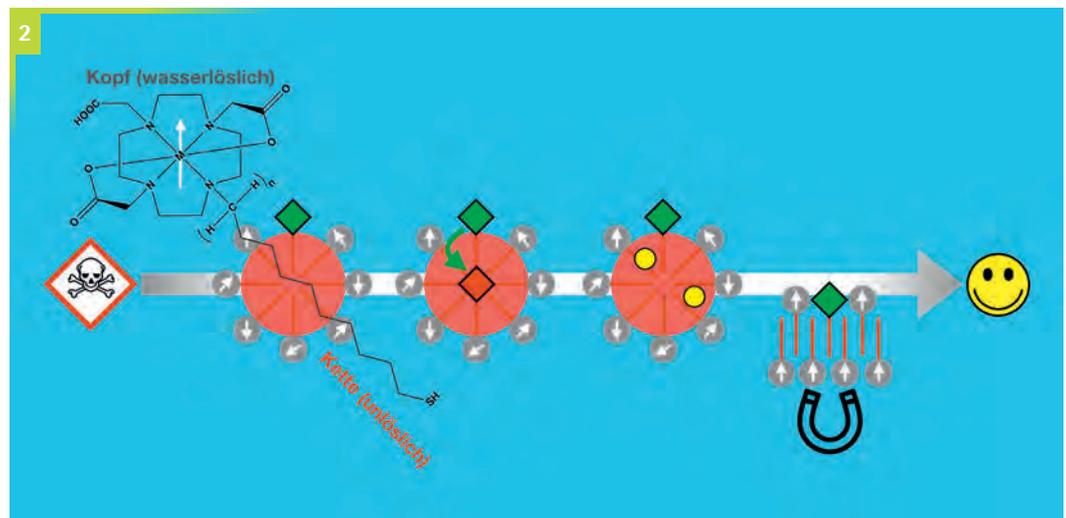


Abb. 1 ist das symbolisch über ein Schlüssel-Schloss Prinzip verdeutlicht.

- Selbst ein selektiver Filter ist irgendwann erschöpft und muss ersetzt werden. Das Filtermaterial wegzuerwerfen und durch ein neues zu ersetzen, ist nur nicht besonders nachhaltig, im schlimmsten Fall entsteht auch ein fester, möglicherweise giftiger Sondermüll. **Effektive Wege für die Regeneration des Filters** müssen etabliert werden, das heißt mit möglichst geringem Energieaufwand und ohne zum Beispiel durch Extraktionsprozesse wieder ein belastetes Abwasser zu erzeugen. Elegant ist es, wenn das poröse Organo-

wasserlösliche Kopfgruppe und eine wasserabweisende Kette (siehe Abb. 2). Auf diese Weise können Tenside in Wasser unlösliche Stoffe im Inneren von Aggregaten, den sogenannten Mizellen einschließen. Diesen Prozess nutzen wir beispielsweise täglich bei der Reinigung von Wäsche. **Tenside, die chemisch aktive Kopfgruppen besitzen**, werden am ACI entwickelt und können im Hinblick auf die ‚Abtrennung‘ und die ‚Umwandlung‘ von Stoffen in Wasser wertvoll sein.

- Auf den ersten Blick erscheint es kontraproduktiv, wenn zum Beispiel Mikroplastik in die Mizellen eingeschlossen würde. Denn dadurch würden sie ja mit ei-

- Bei der erfolgreichen Abtrennung hätte man das Problem zunächst nur verlagert. Zwar wäre das Wasser nun nicht mehr belastet mit Mikroplastik oder anderen Kontaminationen; dafür hätte man nun aber eine Seife, die für sich einen hochproblematischen Sonderabfall darstellen würde. Das möchte man nicht, zumal für die Herstellung dieser speziellen Tenside auch ein großer Aufwand erforderlich ist. Eine besonders reizvolle Vorstellung sind daher Tenside, die die in den Mizellen eingeschlossenen Spezies umwandeln können, bevorzugter Weise sogar in wertvolle Produkte durch einen Prozess, den Chemiker Katalyse nennen. Die am

ACI etablierten **katalytisch aktiven Tenside** können somit nicht nur einen Beitrag zur Abwasserreinigung leisten, sondern eröffnen einen neuen Weg zur Veredlung von Produkten aus Abfall und können so langfristig den Weg der Transformation der chemischen Industrie zu Wasser als primäres Lösungsmittel ebnet.



Prof. Dr. Sebastian Polarz ist Professor am Lehrstuhl für Anorganische Chemie im Bereich Molekül- und Materialchemie. Seine Arbeitsgebiete sind Poröse Materialien, Funktionelle Tenside, Halbleiternanostrukturen, Partikel-basierte Materialien sowie Nanoanalytik. Kontakt: sebastian.polarz@aca.uni-hannover.de

Die Strategien „der CHEMIE“ zur Aufarbeitung von kontaminierten Abwässern geht deutlich über die Aspekte hinaus, die in diesem Artikel angesprochen wurden. An zwei Materialklassen sollte jedoch das Potenzial angedeutet und klargestellt werden, dass sauberes Wasser und CHEMIE kein Widerspruch darstellen, sondern zusammengehören. Sie sind ein gutes Match.



Neue Perspektiven



www.harzwasserwerke.de/karriere

Finden Sie Ihre Berufung beim größten Trinkwasserversorger Niedersachsens. Besuchen Sie uns unter: www.harzwasserwerke.de

Harzwasserwerke
herrlich meißes Wasser

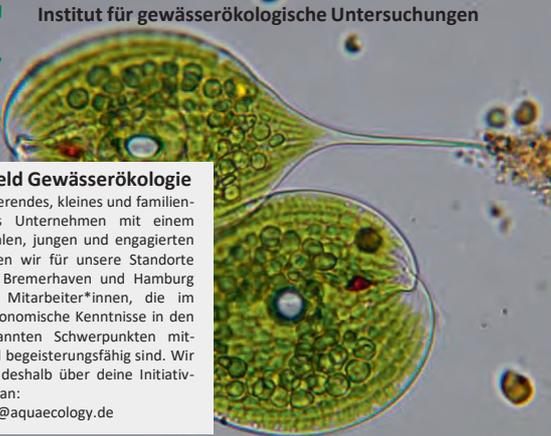
Harzwasserwerke GmbH Bördestraße 23 31135 Hildesheim



Institut für gewässerökologische Untersuchungen

Arbeitsfeld Gewässerökologie

Als expandierendes, kleines und familienfreundliches Unternehmen mit einem internationalen, jungen und engagierten Team suchen wir für unsere Standorte Oldenburg, Bremerhaven und Hamburg regelmäßig Mitarbeiter*innen, die im Idealfall taxonomische Kenntnisse in den unten genannten Schwerpunkten mitbringen und begeisterungsfähig sind. Wir freuen uns deshalb über deine Initiativbewerbung an: bewerbung@aquaeology.de



Unser Dienstleistungsangebot
(für Behörden, Wissenschaft, Wirtschaft, NGO, Planungsbüros etc.)

- Biologische Analytik (Schwerpunkte Plankton, Makrophyten, Phytobenthos)
- Chemisch-physikalische Analytik
- DNA-Analytik (Meta-Barcoding, eDNA, qPCR-Einzelartennachweise)
- Qualifizierte Probenahmen mit moderner Ausrüstung und eigenen Booten
- Bewertung der Gewässerqualität von Seen, Teichen, Fließ- und Küstengewässern
- Beratung und Gutachten zu Gewässereingriffen, Klärwerks- und Industrieleitungen
- Durchführung von Verfahren sowie Monitoring zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Ballastwasserkonvention u.a.
- Wissenschaftliche Datenbearbeitung und -auswertung
- Ökologische Modellierung
- Auftragsforschung, Entwicklung von innovativen Messmethoden
- Biologische/ökologische Softwareentwicklung, Online-Bewertungsportale, Datenbanken
- Lehre und Schulungen
- Ökosystemanalysen
- Ökologische Baubegleitung



AquaEcology GmbH & Co. KG · Steinkamp 19 · 26125 Oldenburg
Tel.: +49-441-55978530 · info@aquaeology.de · www.aquaeology.de



