

Wie rostendes Eisen Wasser von Arsen befreit

18. Oktober 2022 | Isabel Plana

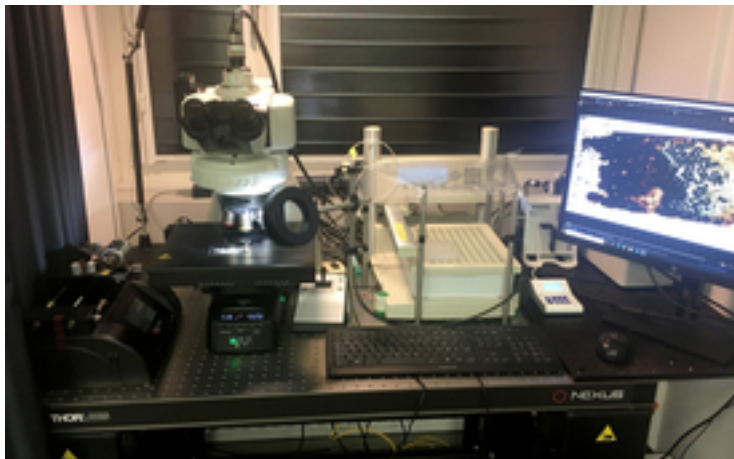
Themen: Schadstoffe | Trinkwasser

In vielen Weltregionen ist das Grundwasser mit Arsen natürlichen Ursprungs belastet. Mithilfe von Eisen lässt sich der gesundheitsschädliche Stoff aus dem Wasser herausfiltern. Was dabei genau passiert, haben Forschende der Eawag in einem neuartigen Versuchsaufbau erstmals sichtbar gemacht.

Wenn metallisches Eisen korrodiert, also rostet, bilden sich Eisenoxide, die Schadstoffe wie Arsen stark binden können. Auf diesem Prinzip basieren einfache und günstige Wasserfilter, mit denen Menschen in den betroffenen Regionen Afrikas und Asiens arsenbelastetes Trinkwasser selber aufbereiten können. Dabei werden Eisenpulver, Eisenspäne oder Eisennägel verwendet, oft in Kombination mit Sand. Zur Effizienz dieser Filtermethoden wurde in den vergangenen Jahren viel geforscht, auch am Wasserforschungsinstitut Eawag – etwa in Bangladesch. «Bisherige Untersuchungen zu diesem Thema haben aber einen Nachteil», sagt Andreas Voegelin, Leiter der Gruppe Molekulare Umweltgeochemie der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser der Eawag. «Die Reaktionen zwischen Eisen und Arsen werden zumeist in Suspensionen untersucht, in denen das Filtermaterial im Wasser schwimmt. Die Ergebnisse zeigen aber nicht, welche Prozesse im Porenraum ablaufen, also in den Hohlräumen zwischen den einzelnen Feststoffpartikeln eines Filters.» Speziell interessierte die Forschenden, wie die Arsenentfernung durch den periodischen Betrieb eines Wasserfilters beeinflusst wird, das heisst, wenn sich Wasserfluss und Wasserstau abwechseln.

Dieser Frage gingen die Forschungsgruppen von Andreas Voegelin, Joaquin Jimenez-Martinez, Stephan Hug und Michael Berg in einem gemeinsamen Experiment nach. Umweltingenieur Jonas Wielinski, der an der Eawag doktriert hat, nahm sich der Aufgaben an und entwickelte einen Versuchsaufbau, der die Verhältnisse in einem Arsenfilter möglichst gut reproduziert und sichtbar macht. «Unser Ziel war es, die geochemischen Vorgänge im Porenraum zwischen Eisenpartikeln und Sandkörnern auf der Skala von Mikrometern zu beobachten und nachzuvollziehen», sagt Wielinski, der

inzwischen als Postdoktorand an der Carnegie Mellon University in den USA forscht.



Das experimentelle Setup bestand, von links nach rechts, aus einer Pumpe, einem Lichtmikroskop, unter dem das Filtermodell platziert wurde, einem Fraktionssammler zur Analyse des gefilterten Wassers und dem Bildschirm, auf dem die Aufnahmen des Mikroskops zu sehen waren.

Filter im Miniaturformat unter dem Mikroskop

Unter einem Lichtmikroskop im Mikrofluidik-Labor von Jimenez-Martinez untersuchte Wielinski einen Arsenfilter im Miniaturformat: einen nur 250 Mikrometer tiefen und 45 Millimeter langen Kanal, der abwechselnd mit Streifen aus Quarzsandkörnern und Streifen aus Eisenkörnern befüllt war. Das Wasser, mit dem das Filtermodell betrieben wurde, versetzten die Forschenden mit Arsen und anderen Elementen in Konzentrationen, wie sie für das Grundwasser in Bangladesch typisch sind. Die an den Filter angeschlossene Pumpe förderte jeweils zwölf Stunden lang Wasser durch das System, gefolgt von einer zwölfstündigen Pause, in der das Wasser im Filter ruhte. Das gefilterte Wasser beprobte Wielinski während des mehrwöchigen Versuchs regelmässig, um die Entfernung von Arsen zu bestimmen. Mit dem Lichtmikroskop nahm er automatisch alle 30 Minuten ein Bild des Filtermodells auf. Im Zeitraffer abgespielt, zeigen diese Bilder detailliert, wie das metallische Eisen korrodiert und wie sich die dabei neu gebildeten Eisenoxide zyklisch verfärben – von Grünschwartz zu Orangerot und Braun, wenn das Wasser fliesst, und umgekehrt, wenn der Wasserfluss ausbleibt. Diese Farbwechsel sind eine Folge der Korrosionsprozesse, in deren Verlauf verschiedene Eisenoxide entstehen und zyklisch umgewandelt werden.

Video: Im Zeitraffer abgespielt, zeigen die Aufnahmen des Lichtmikroskops, wie sich die Eisenkörner im Zuge des Korrosionsprozesses verfärben, je nachdem ob das Wasser fliesst oder sich staut. An den grün markierten Stellen M1?M6 beobachteten die Forschenden die zyklischen Umwandlungen der Eisenoxide, den Partikeltransport und die Entstehung von Gasblasen.

Wechsel zwischen Wasserfluss und Wasserstau begünstigt Filterung

Nach dem Ende des Experiments wurde das Filtermodell mittels Röntgenmikroskopie analysiert, um die Art und Verteilung der Eisenoxide und das daran gebundene Arsen zu bestimmen. Durch Kombination dieser Ergebnisse mit den im Lichtmikroskop beobachteten

Farbwechseln konnten die Forschenden die dynamische Bildung und Umwandlung der Eisenoxide im Filter und deren Effekt auf die Arsenentfernung im Detail nachvollziehen.

«Mit diesem neuen experimentellen Setup konnten wir visuell aufzeigen, wie die Verteilung der Eisen- und Quarzsandkörner und der Wasserfluss durch den Filter den räumlichen und zeitlichen Ablauf der Arsenentfernung beeinflussen», sagt Wielinski. Dabei hatte insbesondere der Wechsel zwischen Wasserfluss und Wasserstau eine positive Wirkung auf die Filterleistung. «Eine Erkenntnis, die bei der weiteren Optimierung derartiger Filter von Nutzen ist», hält er fest und ergänzt: «Das in dieser Studie entwickelte Setup hat ausserdem grosses Potenzial für die Erforschung anderer biogeochemischer Prozesse in porösen Medien wie zum Beispiel Grundwasserleitern oder Böden.»

Titelbild: Die Forschenden konnten mit dem Experiment zeigen, wann und wo Arsen und andere Elemente aus dem Wasser ans Eisen gebunden wurden. (Foto: Eawag)

Originalpublikation

Wielinski, J.; Jimenez-Martinez, J.; Göttlicher, J.; Steininger, R.; Mangold, S.; Hug, S. J.; Berg, M.; Voegelin, A. (2022) Spatiotemporal mineral phase evolution and arsenic retention in microfluidic models of zerovalent iron-based water treatment, *Environmental Science and Technology*, 56(19), 13696-13708, [doi:10.1021/acs.est.2c02189](https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02189), [Institutional Repository](#)

Kontakt



Andreas Voegelin

Tel. +41 58 765 5470

andreas.voegelin@eawag.ch



Joaquin Jimenez-Martinez

Tel. +41 58 765 5475

joaquin.jimenez@eawag.ch



Simone Kral

Responsable de la communication

Tel. +41 58 765 6882

simone.kral@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/wie-rostendes-eisen-wasser-von-arsen-befreit>