

Walter Kölle

Ein Filter in einem Wasserwerk kopiert die Reinigungsprozesse, die in der Natur beim Versickern von Regenwasser in den Untergrund ablaufen. Im Wasserwerk muss das Wasser in der Mehrzahl der Fälle belüftet werden, damit die oxidierbaren Wasserinhaltsstoffe – Ammonium, Eisen(II)-Ionen und Mangan(II)-Ionen – oxidiert werden können. Anschließend wird das Wasser filtriert. Ein Wasserwerksfilter enthält in seiner einfachsten Ausführung Quarzkies mit einer Körnung von durchschnittlich einem Millimeter und einer Mächtigkeit von bis zu 1,5 Metern. Das Filter wird von oben nach unten durchströmt und in periodischen Abständen von unten nach oben zurückgespült, um abgeschiedene Fremdstoffe zu entfernen.

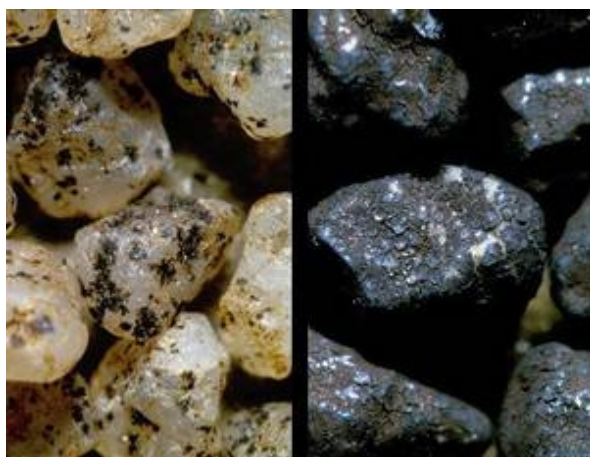


Abbildung 1: Filterkies aus einem Entmanganungsfilter, im Einsatz ca. 0,5 Jahre (links) und 2,8 Jahre (rechts), je 2 x 3 mm

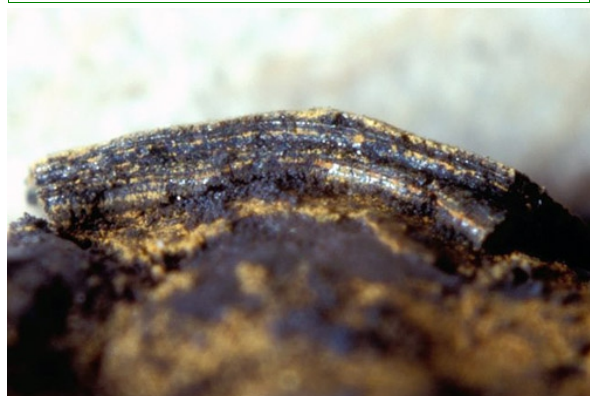


Abbildung 2: Kieskorn aus einer "Vielzweck-Filteranlage", seitlicher Blick auf die Ablagerungen, 1,7 x 2,5 mm

"Zeige mir ein Korn aus deinem Filter, und ich sage dir, wie dein Wasserwerk funktioniert." Dieser Spruch soll auf pointierte Weise verdeutlichen, dass die Beschaffenheit eines Filterkorns interessante Rückschlüsse auf die Vorgänge in einem Wasserwerksfilter zulässt. Bild 1 soll das beweisen.

Das Bild zeigt Kieskörner aus dem Wasserwerk Fuhrberg der Stadtwerke Hannover AG, in dem ein manganhaltiges Grundwasser aufbereitet wird. Auf den Körnern hat sich nach Betriebszeiten von 0,5 bzw. 2,8 Jahren schwarzes Mangandioxid abgelagert. In Wirklichkeit handelt es sich um manganoxidierende Bakterien, die einen "Biofilm" bilden, in den das Mangandioxid eingelagert ist. Dass die Biomasse beim Trocknen schrumpft, erkennt man am rechten Teil des Bildes. Ein Teil des Mangandioxids (ca. 15 Prozent) wird nicht im Biofilm, sondern als Schlamm festgehalten und beim Rückspülen des Filters eliminiert. Überraschend ist der folgende Tatbestand: Jedes manganhaltige Grundwasser enthält auch Eisen(II)-Ionen, meist sogar in wesentlich höherer Konzentration. Auf den Körnern sind aber keinerlei Spuren von Eisenoxiden erkennbar. Das kann nur so erklärt werden, dass dem Entmanganungsfilter eine Anlage vorgeschaltet sein muss, in der zunächst das Eisen(II) eliminiert wird.

Das Rohwasser des hier betrachteten Wasserwerks enthält hohe Konzentrationen von oxidierbaren

Wasserinhaltsstoffen, die nicht in das Trinkwasser gehören: ca. 15 mg/l Eisen(II), 1,1 mg/l Mangan(II) und 0,6 mg/l Ammonium. Ein solches Wasser kann nur mit einer zweistufigen Technik aufbereitet werden: Das gelöste Eisen wird mit Wasserstoffperoxid oxidiert, als

Eisen(III)-Oxidhydrat geflockt und nach Sedimentation als Schlamm entsorgt. Erst danach gelangt das Wasser auf die Filter, in denen Mikroorganismen neben dem Mangan(II) auch das Ammonium oxidieren ("Nitrifikation"). Hinter den Filtern wird das Kohlenstoffdioxid mit Natronlauge soweit neutralisiert, dass sich das Wasser im Zustand der Calcitsättigung (im "Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht") befindet, ein Aufbereitungsschritt, für den der Begriff "Entsäuerung" geprägt worden ist.

Eine ganz andere Situation hat man im Wasserwerk einer niedersächsischen Kreisstadt. Dort enthielt das Rohwasser in den 1990er Jahren nur geringe Konzentrationen an oxidierbaren Komponenten, nämlich 1,8 mg/l Eisen(II), 0,23 mg/l Mangan(II) und 0,08 mg/l Ammonium. Hier konnte man es wagen, alle Aufbereitungsschritte in eine einzige "Vielzweck-Filteranlage" zu packen, nämlich Enteisenung, Entmanganung, Nitrifikation und Entsäuerung. Die zehn Filter enthielten jeweils eine Füllung aus Quarzkies. Für die Entsäuerung hat man "halbgebrannten Dolomit" ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) als körniges Material verwendet, das man dem Quarzkies beigemischt hat. Ein typisches Quarzkorn aus diesem Wasserwerk zeigt Bild 2.



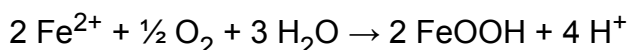
Abbildung 3: Calcitkorn aus einem Grundwasserleiter, in dem eine unterirdische Wasseraufbereitung durchgeführt wird, 2 x 3 mm

Überraschend ist die sandwichartige Struktur der Ablagerungen, bei der sich braune und fast schwarze Schichten abwechseln. Chemisch betrachtet bestehen die Ablagerungen hauptsächlich aus Eisen(III)-Oxidhydrat. Die sandwichartige Struktur entsteht sehr wahrscheinlich durch einen diskontinuierlichen Betrieb der Filter: In regelmäßigen Abständen wird der halbgebrannte Dolomit, der durch die Entsäuerungsreaktion im Filter aufgebraucht wurde, durch frisches Material ersetzt. Dadurch ändert sich der pH-Wert im Filter (wahrscheinlich in einer sägezahnartigen Funktion) und als Folge davon die Erscheinungsform des Eisen(III)-Oxidhydrats. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert,

dass das Eisen(III)-Oxidhydrat auch in der Natur in zahlreichen Varianten vorkommt, die sich im Kristallgefüge, im Wassergehalt und natürlich auch im Aussehen unterscheiden.

Eine Wasseraufbereitung ist auch im Untergrund (im "Grundwasserleiter") möglich. Hierzu wird in einen Brunnen periodisch sauerstoffhaltiges Wasser infiltriert und ein mehrfaches Volumen an aufbereitetem Wasser gefördert. Diese Verfahrensweise ist deshalb möglich, weil Eisen(II), Mangan(II) und Ammonium während der Förderphasen an den bereits abgeschiedenen Oxidhydraten adsorbiert und während der Infiltrationsphasen dort oxidiert werden. Ober- und unterirdische Filteranlagen unterscheiden sich in mehreren Punkten grundsätzlich: Oberirdische Anlagen werden regelmäßig rückgespült, unterirdische dagegen nicht. In oberirdischen Anlagen nehmen die Filterkörner nach jeder Rückspülung andere Positionen ein, in unterirdischen Anlagen bleibt das Korngefüge über Jahrzehnte hinweg konstant.

Die im Untergrund ablaufenden Reaktionen sind kompliziert. Eine wichtige Reaktion ist die unterirdische Enteisenung durch Sauerstoff, die nach der folgenden Reaktionsgleichung abläuft:



Wenn die entstehenden Wasserstoffionen nicht neutralisiert bzw. abgepuffert werden können, bremst der sinkende pH-Wert die Reaktion aus. Wenn der Grundwasserleiter Calcit enthält, ist eine Neutralisation möglich, und die Geschwindigkeit der Eisenoxidation bleibt hoch. Der Calcit reagiert nach der folgenden Gleichung:

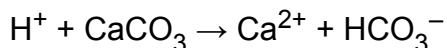


Bild 3 zeigt ein Calcitkorn aus einem Grundwasserleiter, in dem eine unterirdische Enteisung abläuft.

Man erkennt ein Phänomen, das man als "Lochfraß" bezeichnen kann. Lochfraß ist immer – übrigens auch bei der Lochkorrosion metallischer Werkstoffe – darauf zurückzuführen, dass die Folgen des Prozesses auf seine Ursachen zurückwirken und dadurch den Prozess stabilisieren. Solche Rückkoppelungseffekte sind in der Wasserchemie häufiger zu beobachten, vor allem auch dann, wenn Mikroorganismen beteiligt sind.

Im vorliegenden Fall kann auf den braunen Flächen kein Calcit aufgelöst werden, weil das abgeschiedene Eisen(III)-Oxidhydrat dies verhindert, und auf den Lochfraßstellen kann sich kein Eisen(III)-Oxidhydrat ablagern, weil die auf der Calcitoberfläche ablaufende Neutralisierungsreaktion dies verhindert. Ohne Eisen(III)-Ablagerung auf den braunen Flächen würde der Lochfraß aufhören, und ohne Lochfraß würde die Eisen(III)-Ablagerung aufhören oder zumindest stark gedrosselt. Auf diese Weise stabilisieren sich die beiden Bereiche auf dem Korn.

Hinweis: Die Bilder 1 und 2 wurden aus der CD zu folgendem Buch entnommen: Walter Kölle, "Wasseranalysen – richtig beurteilt", 3. Auflage, 2010, Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission. Buch und CD enthalten auch zusätzliche Erläuterungen zur Wasseraufbereitung im Wasserwerk.

Kontakt:	Schlauer Fuchs
 Dr. Walter Kölle Heesternwinkel 7 30657 Hannover E-Mail: walterkoelle@t-online.de	Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete: Was versteht man unter "Lochfraß"?