

Transport von Viren im Grundwasser

Quantitative Ansätze zur Optimierung des Multi-Kompartiment-Konzeptes und für ein modellbasiertes Risikomanagement bei der Uferfiltration in hydraulisch und hydrogeochemisch heterogenen Aquifersystemen

D. Knabe, I. Engelhardt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Berlin

Kurzgefasst

- Multiskaliger Ansatz zur prozess-basierten Quantifizierung und Vorhersage des Transports von Viren im Grundwasser
- Klein- und mesoskalige Säulenversuche zur Bestimmung der Schlüsselprozesse unter kontrollierten Bedingungen
- Feldmonitoring an einer Uferfiltrationsanlage unter natürlichen hochvariablen Bedingungen
- Modellierung mittels moderner hochparalleler Software PFLOTRAN

Organische Schadstoffe, pathogene Mikroorganismen und Viren können über Kläranlagenabläufe, Mischwasserentlastungen sowie Oberflächenabfluss von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberflächengewässer, Uferfiltrat, Grundwasser und damit unser Trinkwasser gelangen. Pathogene Viren können verschiedene Krankheiten im Menschen verursachen, wie etwa Gastroenteritis, Hepatitis, Bindehautentzündung und Erkrankungen der Atemwege, aber auch Hirnhautentzündung und Herzerkrankungen. An einem exemplarischen Standort, dem Wasserwerk Flehe in Düsseldorf, das seit 1870 Uferfiltrat zur Trinkwassergewinnung nutzt, sollen mittels i) multi-skaliger experimenteller Säulenversuche, Abbildung 1, unter Anwendung von PlaqueTests, Durchflusszytometrie und RT-qPCR, ii) kontrollierter event-basierter Feldexperimente, Abbildung 2, und iii) numerischer Analyse die Mobilität von Viren auf dem Grundwasserpfad und das Risiko für infektiöse Trinkwasserverunreinigungen beurteilt werden.

Die experimentellen Untersuchungen widmen sich Prozessen wie der Inaktivierung und Sorption von Viren an geladenen Oberflächen in Abhängigkeit von den geochemischen und hydraulischen Bedingungen und der Aktivität der bakteriellen Gemeinschaften. Dabei steht auch die natürliche Heterogenität des Untergrundes im Fokus. Basierend auf den experimentellen Ergebnissen erlaubt das numerische Modell eine mechanistische Beschreibung des partikel-getragenen Transports der Viren. Dabei wird die moderne auf große Rechencluster ausgelegte Open-Source-Modellierungssoftware

PFLOTRAN verwendet [1]. Ansätze zur Modellierung des Virentransportes existieren, bspw. mit der Kolloid-Filtrationstheorie, welche jedoch nur bei konstanten chemischen Bedingungen anwendbar ist [2]. Möglichkeiten die natürlichen variablen chemischen Randbedingungen mitzuberücksichtigen bieten sich in Kombination mit der DLVO-Theorie (bspw in [3]). Jedoch gestaltet sich der Übergang von der Laborauf die Feldskala bisher als schwierig, weshalb für dieses Projekt ein multi-skaliger Ansatz gewählt wurde um die Schlüsselprozesse für den Virentransport im Grundwasser zu identifizieren damit Vorhersagen mit geringerer Unsicherheit getroffen werden können.



Abbildung 1: Mesoskalige Säulenversuchsanlage.



Abbildung 2: Uferbereich des Wasserwerks Flehe am Rhein mit Beobachtungsbrunnen im Vordergrund.

Analysen der Proben vom Monitoring am Wasserwerk Flehe zeigen, dass der Rhein signifikante Konzentrationen an Pathogen(-indikatoren) enthält,

bspw. bis zu 10000 MPN/100 mL für Coliforme, 100 PFU/100 mL für Coliphagen, und 10^6 copies/100mL Adenoviren. Die Uferfiltrationsstrecke weist jedoch ein großes Rückhaltepotential auf, sodass im unbehandelten Rohwasser am Entnahmebrunnen nur noch maximal 10 MPN/100 mL Coliforme gefunden wurden und aktive Virenpartikel nie. Weiterhin ergab die Modellierung der allgemeinen Grundwasserchemie, dass ein Hotspot biogeochemischer Aktivität in der Nähe der Kolmationsschicht am Übergang zwischen Fluss und Grundwasser existieren muss, Abbildung 3. Weiterhin hat die Modellierung der Daten der Felduntersuchung gezeigt, dass die zeitliche Variabilität der Durchlässigkeit der Kolmationsschicht einen großen Einfluss auf den Transport von Pathogenen(-indikatoren) ausübt. Insbesondere stärkere Hochwässer scheinen die Durchlässigkeit zu erhöhen und den Transport von Pathogenen zu erleichtern.

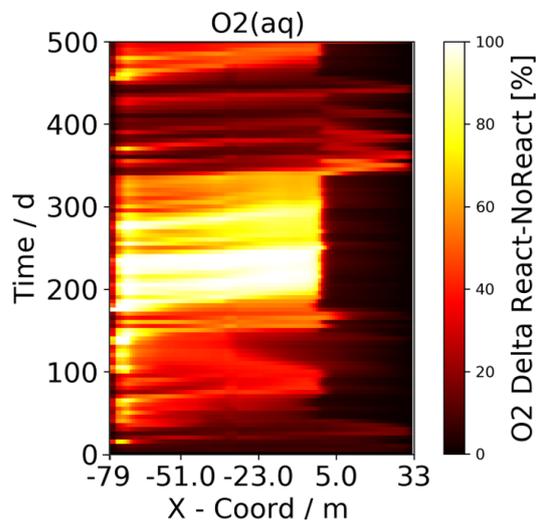


Abbildung 3: Änderung der Sauerstoffkonzentration durch Redoxreaktionen entlang einer 1D-Transekte am Wasserwerk Flehe vom Fluss (links) bis zur Grundwasserseite (rechts) mit Entnahmebrunnen bei $x = 0$. Scharfer Übergang am linken Rand markiert den raschen Verbrauch des Sauerstoffs nach Eintritt in den Aquifer. Temperaturbedingt höhere Reaktionsraten im Sommer (Tag 200-300).

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in einer Tool-Box abstrahiert, die z.B. Betreibern von Wasserwerken ermöglicht, mittels prozess-basierter numerischer Analyse und unter Berücksichtigung standortspezifischer Eigenschaften das Verlagerungsrisiko von Viren auf dem Grundwasserpfad abzuschätzen. Die Ableitung von Critical Control Points dient der Implementierung eines Risikomanagementplans für hygienische Verunreinigungen bei der Uferfiltration.

WWW

<https://www.hydrogeologie.tu-berlin.de/menue/>

forschung/laufende_forschungsprojekte/dbu_transport_von_viren_bei_der_uferfiltration/

Weitere Informationen

- [1] PFLOTRAN Webpage <http://www.pfлотran.org/>
- [2] N. Tufenkji, M. Elimelech *Langmuir* **20**, 10818 (2004). doi:10.1021/1a0486638
- [3] J. Makselon, D. Zhou, I. Engelhardt, D. Jacques, E. Klumpp *Environ. Sci. Technol.* **51**, 2096 (2017). doi:10.1021/acs.est.6b04882

Projektpartner

Universität Wien, Department of Limnology (vormals Helmholtz Zentrum München); Stadtwerke Düsseldorf AG, Abteilung Qualitätsüberwachung Wasser; VisDat Geodatentechnologie GmbH; Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Förderung

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Aktenzeichen 33252/01