

B2: Sensor auf Hydrogel-Basis für die Umweltüberwachung von Schwermetall-Ionen

M. Günther (IFE) in Kooperation mit G. Gerlach (IFE) und B. Voit (IPF)

Motivation:

Durch Freisetzen aus dem Bergbau, durch Metallverarbeitung, Müllverbrennung, Kraftwerke und Straßenverkehr gelangen Schwermetalle in die Umwelt, in Grund- und Trinkwasser und können zu Vergiftungen führen. Eine dauerhafte Belastung mit Schwermetallen kann das Risiko für Entzündungs-, Krebs-, Herz-Kreislauf-, Lungen- und neurologische Erkrankungen erhöhen. Arsen gilt als relevanter krebserregender Stoff und als eines der wichtigsten chemischen Verunreinigungen von Trink- und Grundwasser. Der Konzentrationsbereich von Arsen in natürlichem Wasser reicht von $< 0,5 \mu\text{g/l}$ bis $> 5000 \mu\text{g/l}$. Nach der Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation WHO liegt der Grenzwert für die maximale Arsenbelastung im Bereich von $10 \mu\text{g/l}$.

Bisher eingesetzte Feldanalysemethoden sind häufig für Konzentrationsbereiche unter $50 \mu\text{g/l}$ nicht zuverlässig oder es werden dabei giftige Schwermetalle wie Quecksilber oder Zink eingesetzt. Teure und aufwändige Methoden wie die Atomabsorptionsspektrometrie oder die Atomfluoreszenzspektrometrie, sind dabei zwar zuverlässiger, können aber meist nur im Labor durchgeführt werden. Für den Nachweis der Schwermetalle im Wasser sind preiswerte und robuste chemische Sensoren von großem Interesse, die miniaturisierbar und inlinefähig sind. Schwermetalle können mittels eines Hydrogel-Sensors detektiert werden. Die Absorptionskapazität der Hydrogele ist für die Detektion von Metall-Ionen in biologischen Systemen und für die Umweltüberwachung von Schwermetall-Ionen wichtig. Funktionalisierte Hydrogele werden als chelatierende Werkstoffe (als Sorptionsmittel) in der Trink-, Grund-, Abwasser- und Galvanotechnik weit verwendet.

Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten:

In den eigenen Vorarbeiten konnte gezeigt werden, dass sich Hydrogele sehr gut für Anwendungen in piezoresistiven chemischen Sensoren eignen. Es wurde demonstriert, dass die elektrische Ausgangsspannung der aufgebauten Sensoren direkt dem Quellverhalten der Hydrogele entspricht. Fotovernetzbare polykationische Blockcopolymere von *N*-Isopropylacrylamid (NIPAAm) und von Poly-2-Vinylpyridin (P2VP)- bzw. von Poly-4-Vinylpyridin (P4VP) haben sich für die Detektion von Schwermetall-Ionen in wässrigen Lösungen als geeignet erwiesen [1]. Diese Hydrogele enthalten Pyridinringe bzw. Aminogruppen in Polymerketten. Die Metall-Kationen bilden Komplexe mit den N-Atomen, die ein Paar von ungeteilten Elektronen haben und fähig sind, die Koordinationszahl des Metalls zu erfüllen. Aufgrund ihrer koordinativen Bindung zu Stickstoffatomen in verschiedenen Ketten können die Metall-Ionen in diesem Fall als Vernetzer dienen und zu einer Gelschrumpfung führen, die mittels des Sensorsignals beobachtet werden kann.

Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele:

Im Rahmen des Projektes sollen Hydrogele mit einer höheren Sensitivität hinsichtlich des Arsens entwickelt werden. Die Reversibilität der Gelvolumenänderung kann durch die Verwendung einer speziellen Spüllösung während einer Regenerierungsphase erreicht werden. In piezoresistiven chemischen Sensoren wird das Quellverhalten des Hydrogels mittels einer elektrischen Ausgangsspannung überwacht. Ziel ist es dabei, einen chemischen Sensor für den Arsennachweis in wässrigen Lösungen zu entwickeln. Dazu sind folgende Fragestellungen zu lösen:

- Herstellung eines Hydrogels mit eingebetteten Magnetit-Nanopartikeln (Eisen(II,III)-oxid Fe_3O_4 , noch präziser $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{Fe}^{\text{III}})_2\text{O}_4$),
- Anwendung geeigneter Aufbau- und Verbindungstechniken zum direkten und robusten Sensoranschluss an Flüssigkeitsprobenvolumina,
- Ermittlung einer Nachweisgrenze des Arsens und Erstellung von Kalibrierungskurven,
- geeignete Gestaltung von Mess- und Kalibriervorgängen, um das Optimum zwischen Ansprechzeit und Sensitivität des Gels zu erreichen.

[1] M. Guenther, G. Gerlach: Hydrogels for chemical sensors. In: Hydrogel Sensors and Actuators – Engineering and Technology. Eds.: G. Gerlach, K.-F. Arndt. Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors, vol. 6. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, 2009, S. 165-195.