

Smarte Hydrogele zur Analytdetektion in Gasen

Dr. Julia Körner (IFE) and Prof. Gerald Gerlach (IFE)

Hintergrund:

Bei smarten Hydrogelen handelt es sich um dreidimensionale Polymerstrukturen, welche auf einen externen Stimulus (z.B. Änderung von Temperatur, Ionenkonzentration und pH-Wert) mit einer Änderung ihres Quellgrades reagieren. Durch gezielte chemische Veränderungen kann die Analyt-Sensitivität eingestellt werden, so dass zum Beispiel auch biomedizinische Analyte wie Glukose oder Thrombin selektiv zu einer Volumenänderung führen. Diese Möglichkeit der gezielten Anpassung für verschiedenste Analyte, sowie die nachgewiesene Biokompatibilität und die Vielfalt an Kompositionen, machen smarte Hydrogele zu interessanten Kandidaten für biomedizinische Sensoren [1].

Stand der Technik und Vorarbeiten:

Aktuell werden Hydrogele in der Regel als Sensorelemente in Flüssigkeiten eingesetzt, da ihre Reaktion auf der Aufnahme bzw. Abgabe von Flüssigkeit basiert. Weiterhin wurden Hydrogele bereits für Anwendungen als Feuchtesensoren untersucht [2,3] und es wurde gezeigt, dass sie selbst im ausgetrockneten Zustand für die Detektion von Wassermolekülen funktionieren [4].

In der Medizin stellen flüchtige organische Verbindungen (eng. volatile organic compounds – VOC) eine interessante diagnostische Möglichkeit dar, um den Gesundheitszustand von Patienten nicht-invasiv zu beobachten und Krankheiten in einem frühen Stadium zu erkennen [5]. Eine besondere Herausforderung ist dabei jedoch die selektive Detektion von sehr geringen Konzentrationen des gewünschten Analyten. Dazu werden zur Zeit verschiedenste Ansätze für eine ganze Reihe von Anwendungen (z.B. Früherkennung von Krebs und Parkinson) untersucht [5-7].

Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele:

Auf Grund ihrer genannten Vorteile, stellen smarte Hydrogele ebenfalls einen interessanten Ansatz zur Analytdetektion in Gasen dar, welcher bisher aber kaum betrachtet wurde. Es ist deshalb das Ziel dieses Projektes, diese Möglichkeit wissenschaftlich zu untersuchen und smarte Hydrogele für Anwendungen in der biomedizinischen Gas-Sensorik zu entwickeln. Dazu gehört neben der Untersuchung chemischer Aspekte ebenso die Entwicklung einer geeigneten Detektionsmöglichkeit für den Quellgrad des Hydrogels, so dass am Ende ein komplettes Sensorkonzept für Analyt-Detektion in Gasen steht.

Dazu sind folgende Teilaufgaben zu bearbeiten:

- Bestimmung geeigneter Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit etc.) unter denen smarte Hydrogele an Luft für die Analyt-Detektion funktionsfähig sind. Dabei sollte der betrachtete Parameterraum auch die Bedingungen von Ausatemluft enthalten. Für diese Untersuchung muss ein geeigneter Test-Analyt durch Literaturrecherche bestimmt werden (z.B. [8,9]).
- Entwicklung eines Sensorkonzeptes zur Ermittlung des Quellgrades, in welches sich das smarte Hydrogel als sensorisches Element integrieren lässt. Dieses Konzept muss zum einen die ermittelten Bedingungen für die Funktionsfähigkeit des Hydrogels herstellen (siehe vorherige Teilaufgabe), sowie einen ungehinderten Kontakt mit dem zu detektierenden Analyt sicherstellen.
- Identifikation von biomedizinisch relevanten Analyten und chemische Anpassung des smarten Hydrogels für die selektive Detektion (direkt oder indirekt).
- Untersuchung von Querempfindlichkeiten und ggf. Entwicklung von Möglichkeiten um diese zu vermeiden/verringern.
- Untersuchung und Charakterisierung von Empfindlichkeits- und Detektionsgrenzen

[1] J. Tavakoli et al.: Hydrogel based sensors for biomedical applications: An updated review, *Polymers* 9:364, 2017

[2] J. C. Tellis et al.: Relative humidity sensors based on an environment-sensitive fluorophore in hydrogel films, *Analytical Chemistry* 83(3):928, 2011

- [3] Wang et al.: A relative humidity sensor using a hydrogel-coated long period grating, *Measurement Science and Technology* 18(10):3131, 2007
- [4] K. Matsumoto et al.: Thermo-responsive gels that absorb moisture and ooze water, *Nature Communications* 9:2315, 2018
- [5] A. Krilaviciute et al: Detection of cancer through exhaled breath: A systematic review, *Oncotarget* 6(36):38643, 2015
- [6] H. Schlicke et al.: Cross-linked gold-nanoparticle membrane resonators as microelectromechanical vapor sensors, *ACS Sensors* 2(4):540, 2017
- [7] J. P. Finberg et al.: Sensor array for detection of early stage Parkinson's disease before medication, *ACS Chemical Neuroscience* 9:2548, 2018
- [8] C. Lourenco et al: Breath analysis in disease diagnosis: Methodological considerations and applications, *Metabolites* 4:465, 2014
- [9] V. Saasa et al.: Sensing technologies for detection of acetone in human breath for diabetes diagnosis and monitoring, *Diagnostics* 8(1):12, 2018