

A7: Komplexe bisensitive Hydrogelsysteme

B. Voit (TUD, IPF), S. Zschoche (IPF) in Kooperation mit A. Richter (IHM) und G. Gerlach (IFE)

Motivation:

Die Kopplung stimuli-sensitiver Eigenschaften und funktionaler Komponenten in einer Hydrogelmatrix geeigneter Dimensionen stellt eine Grundvoraussetzung für Mikrofluidsysteme dar. Die Kombination kann bereits in segmentierten polymeren Bausteinen der Hydrogele oder durch Kombination verschiedener Polymernetzwerke erfolgen. Von der Durchdringung auf molekularem Niveau bei interpenetrierenden Netzwerken (IPN), semi-IPN und Netzwerken mit spezifischen Seitenketten bis hin zur physikalischen Mischung von sensitiven Beads sind hier Lösungen geeignet. Ein wichtiger Aspekt aller Hydrogelsysteme stellt deren Morphologie dar, welche sich mit der Netzwerkbildung einstellt, und die wesentlich die Beweglichkeit von Molekülen in der Matrix bestimmt und damit die Dynamik der Zustandsänderungen der Hydrogelmatrix selbst nach entsprechender Stimulierung. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik (IHM; Richter (B5)) sollen am IPF die Grundlagen für Hydrogelsysteme geschaffen werden, die sich für steuerbare mikrofluidische Prozessoren mit hoher Leistungsfähigkeit eignen.



Abbildung: Varianten der bi-sensitiven Hydrogelmatrix

Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten:

Stimuli-responsive Hydrogele werden vielfältig für Anwendungen in Aktorik und Sensorik diskutiert, wobei die thermodynamische und kinetische Beschreibung des Quellvorganges [1] grundlegend für deren Einsatz in der Mikrosystemtechnik ist. In eigenen Vorarbeiten (Promotionsarbeit Andreas Krause) des GRK wurde eine Methode zur Bestimmung von netzwerkspezifischen Diffusionskoeffizienten für die stimuli-induzierten Quellvorgänge etabliert. Bei den Netzwerksynthesen lag der Schwerpunkt bei einer Kombination von pH- und temperatursensitiven Netzwerken in Form eines IPN. Hierbei wurde ein optimales Verhältnis der beiden sensitiven Komponenten hinsichtlich einer voneinander unabhängigen aber deutlichen Quellungsänderung als Antwort auf beide Stimuli eingestellt. Die Netzwerkmorphologie beeinflusst die Diffusionskoeffizienten für vergleichbare Quellvorgänge signifikant, so beschleunigt das inhärente Acrylamid-co-Acrylsäure-Netzwerk bei pH 9 die Quellung eines N-Isopropylacrylamid-Netzwerkes beim Temperaturübergang von 50 °C nach 25 °C um den Faktor 5 [2]. Außerdem zeigen IPN eine verbesserte mechanische Stabilität im Vergleich zu den jeweiligen Einzelnetzwerken aufgrund der gegebenen Durchdringung der Netzketten auf molekularer Ebene.

Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele:

Auch für die 2. Projektphase bleibt das generelle Ziel stimuli-sensitiver Hydrogelmatrizes zu schaffen, die nach Eigenschaften, Form und innerer Struktur geeignet sind für mikrofluidische Systeme. Dazu dient eine weitere Variation der Art der Polymersegmente entsprechend neuer erforderlicher Sensitivitäten. Struktureinheitliche Polymersegmente können auch als Makromonomere in Netzwerk integriert werden. Neben der etablierten Response, ausgelöst durch eine Veränderung der Löslichkeit der Netzkomponenten, soll eine Response über die Änderung der Netzwerkstruktur etabliert werden. Dies soll erreicht werden durch reversible Vernetzungsstellen. Dieses Konzept kann sowohl für chemische als auch physikalische Vernetzungsstellen genutzt werden. Solche reversiblen Reaktionen können beispielweise über Redoxreaktionen oder photochemisch ausgelöst werden. Photochemische ausgelöste Strukturänderungen ermöglichen zudem ein direktes Schalten ohne chemische Veränderungen in der inneren wässrigen Phase des Gels. Die Auswirkung der Strukturänderung auf Diffusionskoeffizienten und mechanischen Kennwerten kann direkt zur Änderung der Netzknotenanzahl/Netzbogenlänge korreliert werden. Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen Netzwerkparametern, Eigenschaften der Netzketten und den Eigenschaften der Hydrogele wie Diffusionskinetik, mechanische Module und Dehnbarkeit noch nicht vollständig verstanden.

Literatur:

[1] Arndt, K.-F.; Krahl, F.; Richter, S.; Steiner, G.; In *Hydrogel Sensors and Actuators* Ed.:Springer-Verlag Berlin Heidelberg **2009** 69-136

[2] Krause, A.T.; Zschoche, S.; Rohn, M.; Hempel, C.; Richter, A.; Appelhans, D.; Voit, B.; *Soft Matter* **2016** online available, DOI: 10.1039/c6sm00720a