

Von zweidimensionalen Netzwerken zu schaltbaren Mikrokapseln

Prof. Dr. H. Rehage
Universität Dortmund
Lehrstuhl für Physikalische Chemie II

Tenside bilden an flüssigen Grenzflächen oftmals supermolekulare Filmstrukturen aus. Neben den zweidimensional analogen Zuständen zur gasartigen, flüssigen oder festen Phase können auch zusammenhängende, netzwerkartige Systeme aufgebaut werden. Man erhält auf diese Weise strukturierte Grenzflächen, die sich durch komplexe rheologische Eigenschaften auszeichnen. Besondere Merkmale dieser Phasen sind hohe Viskositäten, elastische Effekte und langsame Relaxationsprozesse. Die Fließeigenschaften dieser Systeme erinnern oftmals an Gele, und die kohärenten Strukturen führen zu einer besseren Stabilisierung der fluiden Grenzflächen. Unsere Forschungsarbeiten beschäftigten sich mit den rheologischen Gesetzmäßigkeiten dieser Systeme sowie mit der theoretischen Erklärung und der mikroskopischen Analyse der zweidimensional vernetzten Strukturen.

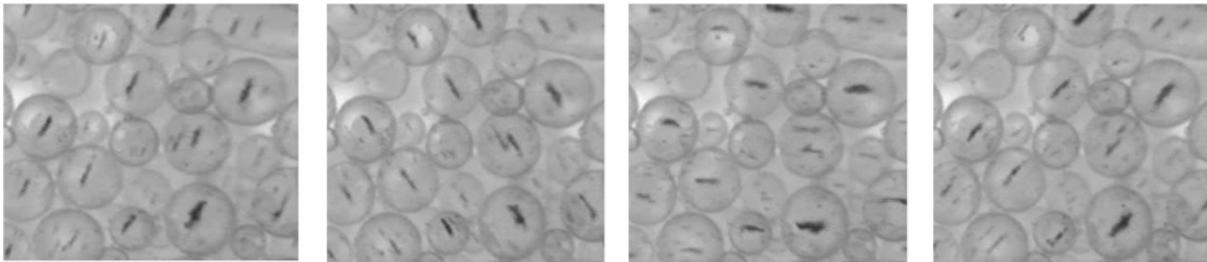
Es gibt verschiedene Arten der Synthese zweidimensionaler Modellnetzwerke. Durch die Photopolymerisation amphiphiler Dimethacrylsäureester, die Polykondensation von Organosiloxanen oder die elektrostatische Wechselwirkung zwischen Fettsäuren und multivalenten Gegenionen wie Al^{3+} oder Ce^{4+} lassen sich definierte Filme herstellen, die kautschuk-elastische, glasartige oder zeitabhängige viskoelastische Phänomene aufweisen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, temporäre Netzwerke aufzubauen, die durch Wasserstoff-Brücken-Bindungen stabilisiert werden. Derartige Verhaltensweisen beobachtet man z. B. bei Monoschichten aus Span 65, einem zuckerartigen Tensid, das neben drei Alkylketten auch polare Zentren mit zahlreichen freien Hydroxylgruppen enthält.

All diese unterschiedlichen Netzwerke können an der Wasseroberfläche oder an der Grenzschicht zweier Flüssigkeiten hergestellt werden. Mithilfe von speziellen Rheometern wurden die mechanischen Eigenschaften dieser Systeme systematisch untersucht. Durch derartige Messungen lassen sich der zweidimensionale Sol-Gel-Übergang, die Kinetik der Filmbildung und das Relaxationszeitspektrum der vernetzten Filme bestimmen. In Ergänzung zu den physikalischen Eigenschaften konnte der molekulare Aufbau der Netzwerke durch die „Brewsterwinkel-Mikroskopie“ direkt beobachtet werden. Bei zahlreichen Netzwerken treten fraktale Muster auf, die auf diffusionskontrollierte Reaktionen hinweisen.

Die Synthese derartiger Filme kann auch an gekrümmten Grenzflächen durchgeführt werden, und Öltröpfchen lassen sich auf diese Weise in definierte Mikrokapseln überführen. Diese künstlichen Objekte dienen als einfache Referenzsysteme zur Untersuchung der mechanischen Eigenschaften biologischer Zellen. Mithilfe einer modifizierten Spinning-Drop-Apparatur wurde die Dehnelastizität der ultradünnen Membranen vermessen. Durch den Vergleich mit dem zweidimensionalen Schermodul erhält man Informationen zur Querkontraktionszahl, die sowohl positive als auch negative Zahlenwerte annehmen kann.

Diese Messdaten lassen sich theoretisch durch das Knittern der ultradünnen Membranen beim Einwirken von mechanischen Kräften erklären. In optischen Rheometern (*Rheoscop*) wurden die strömungsinduzierten Deformationen derartiger Mikrokapseln untersucht. Im Bereich hoher Deformationen trat ein Knittereffekt der Membranen auf, der im Einklang mit modernen theoretischen Modellrechnungen steht. Es wurden auch sinusförmige Fluktuationen der Mikrokapseln im Strömungsfeld beobachtet, die durch geringe Abweichungen von der idealen Kugelgestalt verursacht wurden.

Mikrokapseln lassen sich auch in elektrischen oder magnetischen Feldern leicht deformieren, und sie zeigen dann reversible Form- und Größenänderungen. Mikro- und Nanokapseln, die mit Ferrofluiden gefüllt sind, zeigen besonders rasche Reaktionen auf magnetische Felder. Wir beobachteten die Deformation und Rotation der magnetischen Mikrokapseln. Die kontrollierte Steuerung derartiger Systeme bietet zahlreiche neue Perspektiven, und sie führt zur Entwicklung aktiv reagierender Kapseln, die sich wie kleine, künstliche Muskeln verhalten.



Mikrokapseln, die magnetische Nanopartikel enthalten, bilden in ihrem Inneren durch die Wirkung des magnetischen Feldes stäbchenförmige Aggregate. Diese stäbchenartigen Strukturen (Rührer) folgen der Rotation eines äußeren Magnetfelds.

Prof. Dr. Heinz Rehage

Universität Dortmund
Lehrstuhl für Physikalische Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund

Tel: 0231 – 755-3910
Fax 0231 – 755-5367

E-Mail: heinz.rehage@uni-dortmund.de



- 1974 – 1982 Studium der Chemie an der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld und an der Universität Göttingen, Promotion an der Universität Bayreuth
- 1983 – 1984 Forschungsaufenthalt am Collège de France, Paris
- 1989 Habilitation an der Universität Bayreuth
- 1991 Stiftungsprofessur an der Universität Duisburg-Essen
- Seit 1994 C4-Professur an der Universität Dortmund
- Arbeitsgebiete
 - Ultradünne Membranen
 - Grenzflächenchemie mit Tensiden und Polymeren
 - Mikrokapseln, Gele, Schäume, Emulsionen
- Preise
 - Dozentenstipendium des Fonds der Chemischen Industrie
 - Raphael-Eduard-Liesegang-Preis der Kolloidgesellschaft e.V.
 - Innovationspreis des Ministeriums für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen
- Funktionen und Mitgliedschaften
 - Berufung als Nachwuchswissenschaftler in den Werner-von-Siemens-Ring (1989 – 1992)
 - Sprecher zweier DFG-Graduiertenkollegien (1994 – 2004)
 - Berufenes Mitglied verschiedener Fachausschüsse und Kommissionen (Dechema, GVC, IUPAC)
 - Geschäftsführer der Kolloidgesellschaft e.V.
- Editorial Board
 - Wissenschaftlicher Beirat der Zeitschrift „*Tenside, Surfactants, Detergents*“
 - Editorial Board der Zeitschrift „*Rheologica Acta*“ (1990 – 1993)
 - Editorial Board der Zeitschrift „*Journal of Colloid and Polymer Science*“