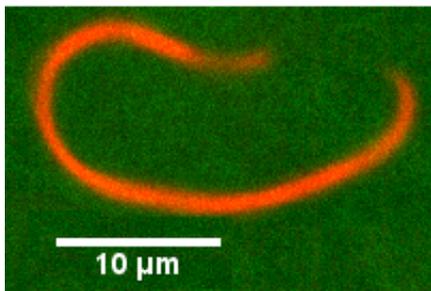


Die wahre Gestalt der Röhre

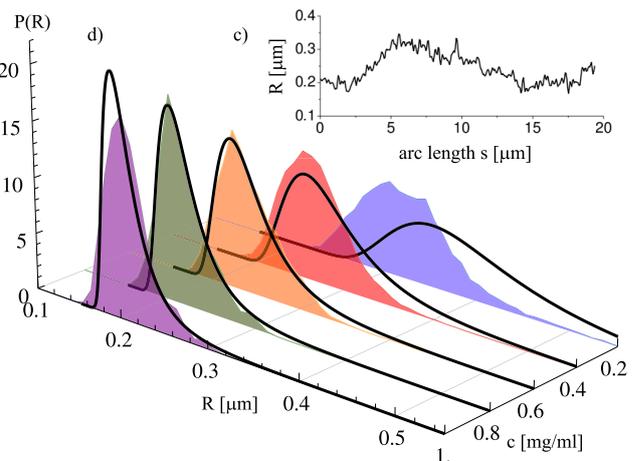
Das derzeitige physikalische Verständnis von Polymermaterialien wie z.B. Plastik, Haarshampoo oder Wackelpudding beruht auf dem sogenannten Röhrenkonzept, das besagt, dass jedes einzelne Polymer einer Polymerschmelze oder Polymerlösung von seinen Nachbarn in einen röhrenförmigen Käfig eingesperrt wird, dem es nur durch sehr langsame schlängelnde Bewegungen entkommen kann. Bislang haben Theoretiker diese



Visualisierung der röhrenförmigen Einsperrung eines einzelnen fluoreszierenden Aktinfilaments in einer Aktin-lösung [1].

Röhren gerne als effektive Zylinder idealisiert, aber eine neue Arbeit in PRL [1] weist nun ausgeprägte Heterogenitäten in der Röhrendicke nach und erklärt diese mithilfe einer systematischen mikroskopischen Theorie. Das ist ein wichtiger Schritt zur Lösung einer modernen Variante des legendären gordischen Knotens. Auf der Nanoskala sehen Polymermaterialien nämlich aus wie enorme Portionen verheddeter Spaghetti, und die Polymerforschung versucht, ihre oft spektakulären Materialeigenschaften ausgehend von diesem molekularen Irrgarten vorherzusagen. Ähnlich Alexander dem Großen, der bekanntlich dem unentwirrbaren gordischen Knoten mit dem Schwert zu Leibe rückte, schlugen die beiden theoretischen Physiker S. F. Edwards und P.-G. de Gennes in den späten 1960er Jahren mithilfe des Röhrenkonzepts einen Weg vor, dieses molekulare Durcheinander mit einem Streich aufzulösen. Trotz beachtlicher Fortschritte, die auf diesem Weg erzielt werden konnten, blieb die Röhre selbst eine abstrakte hypothetische Vorstellung und konnte außerhalb von Computersimulationen nie richtig dingfest gemacht werden [2]. Einen Durchbruch brachten mikroskopische Beobachtungen von Biopolymeren wie

Mikrotubuli und Aktin, aus denen sich in der Natur durch Selbstorganisation Netzwerke bilden, die wiederum tierischen und menschlichen Zellen ihre bemerkenswerten mechanischen Eigenschaften verleihen. Durch Ausnutzung der im Vergleich zu synthetischen Polymeren sehr viel steiferen Struktur dieser Moleküle gelang J. Käs, H. Strey, and E. Sackmann eine direkte mikroskopische Visualisierung der Röhre [3]. Für deren mittlere Dicke entwickelte D. Morse, ausgehend von der tatsächlichen Topologie der Verhedderungen, eine systematische mikroskopische Theorie [4]. Aufbauend auf diesen Errungenschaften und auf einigen neueren Beiträgen [5,6] konnten nun zwei deutsche Arbeitsgruppen aus Leipzig und Jülich den ersten systematischen Vergleich einer erweiterten selbstkonsistenten Theorie der in Wahrheit ziemlich inhomogenen Röhre mit umfänglichen und präzisen Daten vorlegen (siehe Abbildungen) [1]. "Die



Die asymmetrische Form der Häufigkeitsverteilung $P(R)$ (farbige Flächen) der lokalen Röhrendicke R (kleines Bild) wird durch eine systematische Theorie (Linien) erklärt [1].

Röhre, die bisher lediglich eine abstrakte Vorstellung war, ist nun endlich in ihrer tatsächlichen räumlichen Struktur mathematisch und experimentell greifbar“, kommentiert der erste Autor, Jens Glaser, “und eine Reihe interessanter Fragestellungen, z.B. hinsichtlich der Krümmungsverteilung der Röhre und deren Konsequenzen für die Fließeigenschaften von Polymeren, können nun neu angegangen werden.“ Die solide Übereinstimmung von Theorie und Messungen über einen weiten Parameterbereich zeigt, dass das Röhrenkonzept nun auf festeren Füßen steht, und der Weg für quantitativere molekulare Zugänge offen steht.

- [1] Glaser *et al.*, Tube Width Fluctuations in F-Actin Solutions, Phys. Rev. Lett. in press
- [2] Everaers *et al.*, Rheology and microscopic topology of entangled polymeric liquids. Science 303 (2004) 823.
- [3] J. Käs, H. Strey, E. Sackmann, Direct imaging of reptation for semiflexible actin filaments, Nature 368 (1994) 226.
- [4] D. Morse. Tube diameter in tightly entangled solutions of semiflexible polymers. Phys. Rev. E 63 (2001) 031502
- [5] H. Hirsch, E. Frey, Quantitative tube model for semiflexible polymer solutions, Euro. Phys. J. E 24 (2007) 35
- [6] Wang *et al.*, Confining Potential when a Biopolymer Filament Reptates, Phys. Rev. Lett. 104 (2010), 118301