

New Approaches and Perspectives in Polymer Physics

298. WE-Heraeus-Seminar

Ziel dieses Seminars war es, ein Forum für intensive Diskussionen über neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Polymerphysik zu bilden. Fast 80 Teilnehmer waren vom 28. bis 30. April 2005 der Einladung der Organisatoren nach Bad Honnef gefolgt.

Die Schwerpunkte des Seminars bildeten die Themenkreise Biopolymere, Polymere und Ladungsträger, Polymerkristallisation sowie moderne Methoden der Computersimulation. Eine Round-Table-Diskussion am Ende des zweiten Seminartages bot Gelegenheit zu grundsätzlichen Fragen nach der Motivation und den Perspektiven der einzelnen Themenkreise. Übereinstimmung bestand in der Tatsache, dass Nichtgleichgewichtsprozessen eine bedeutende Rolle in der Polymerphysik zukommen wird, da die neuen Problemkreise, angeregt sowohl aus dem Bereich biologischer Systeme als auch durch Fragen der Selbstorganisation und Strukturbildungsmechanismen, eine Modellbildung außerhalb der statistischen Physik des Gleichgewichts erfordern.

Ein herausragendes Beispiel für komplexe Strukturbildungsmechanismen fernab vom Gleichgewicht ist die Polymerkristallisation. Neue experimentelle Techniken wie die Rasterkraftmikroskopie (AFM) gestatten direkte Einblicke in die Entstehung und die Morphologie von Polymerkristallen. Hochentwickelte Streumethoden, wie die gleichzeitige Messung der Klein- und Weitwinkelstreuung im Röntgenbereich, deuten auf Ordnungsprozesse hin, welche dem messbaren Kristallisationsprozess vorausgehen. Morphologische Transformationen während der Erwärmung und diverse isotherme Relaxationsphänomene illustrieren eindrucksvoll den Nichtgleichgewichtscharakter der Polymerkristalle. Grundsätzliche Fragen betreffen hierbei vor allem den mehrstufigen Charakter der Polymerkristallisation, also die Frage, ob eine komplexe Struktur in einem einfachen Wachstumsprozess entstehen kann oder ob diverse Zwischenphasen, welche durch irreversible Reorganisationsmechanismen ineinander übergehen, notwendig sind.

Geladene Polymersysteme bilden eine besondere Herausforderung für die statistische Beschreibung, da einerseits langreichweitige Wechselwirkungen eine Rolle spielen, andererseits aufgrund der großen Wechselwirkungsenergie bei kleinen Abständen auch lokale Eigenschaften der Ionen (Ladungszahl pro Ion) dominieren können. Die große Zahl der Ladungsträger sowohl auf dem geladenen Polymer als auch in der Lösung („Gegenionen“) führt zu komplexen Abschirmungseffekten, welche im Zusammenhang mit den statistischen Eigenschaften der Polymersysteme (Konformationsentropie, Lösungsmittelwechselwirkung usw.) betrachtet werden müssen und zu sehr komplexen Phasendiagrammen führen. Eine wesentliche Motivation für das Studium geladener Polymersysteme stellen Biopolymere dar. Insbesondere

sind es die Eigenschaften der DNS, des Trägers der Erbinformation, welche in ihrer natürlichen Umgebung einen Prototyp für geladene Polymerketten bildet. Diese biologischen Systeme geben den Physikern Rätsel auf, welche mit den Methoden der Polymerphysik analysiert werden können. So kann die dichte Packung eines hochgeladenen DNS Moleküls in einem Zellkern (oder Virus) nur durch effektive Kondensations-/Komplexationsmechanismen (multivalente Gegenionen, Nukleosomen usw.) realisiert werden.

Das Problem evolutionärer Strategien bei der Erzeugung von funktionalen Polymeren löste intensive Diskussionen aus. Hier spielen insbesondere Computersimulationen eine herausragende Rolle, da Entwicklung und Test derartiger Strategien zunächst im Computermodell erfolgt, bevor eine entsprechende chemische Strategie für erfolgversprechende Systeme entwickelt werden kann.

Viele dieser Themen wurden durch hervorragende Posterbeiträge vertieft und ergänzt. Die Posterdiskussionen erstreckten sich bis in die späten Abendstunden und wurden in kleinen und größeren Diskussionsrunden im Weinkeller des Hölterhoffstifts fortgesetzt.

JENS-UWE SOMMER, HELMUT SCHIESEL

Energieforschung

300. WE-Heraeus-Seminar

Dem aktuellen Stand der Energieforschung war das „Jubiläumsseminar“ der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung gewidmet, das vom 26. bis 28. Mai 2005 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand. Mit 22 Vorträgen und äußerst lebhaften Diskussionen führte es die 70 Teilnehmer durch das weite Feld dieser für die Zukunft der Industriegesellschaft so bedeutenden Forschungsszene. Die Schwerpunkte lagen auf den Themenfeldern Brennstoffzellen für den Kfz-Antrieb und innovative Treibstoffe, innovative Stromerzeugung, energieeffiziente Bauten, Methanhydrate in Meeressedimenten.

Die PEM-Brennstoffzelle (PEM: polymer electrolyte membran) als Stromerzeuger für künftigen Elektroantrieb im Kfz bedarf trotz beachtlicher Fortschritte noch breit gefächerte, interdisziplinäre Entwicklungsarbeit, insbesondere im Hinblick auf weniger anfällige PE-Membranen, die u. a. für höhere Betriebstemperaturen geeignet sein sollen. Der ideale Treibstoff für die PEM-Brennstoffzelle ist Wasserstoff, eine Lösung des Problems der H₂-Speicherung im Kfz vorausgesetzt. H₂ wird heute kommerziell aus Erdgas gewonnen. Künftig könnte H₂ in ausreichend großen Mengen erzeugt werden, entweder mittels Elektrolyse, sofern die dazu benötigten hohen Mengen an Strom überhaupt und bezahlbar bereitgestellt werden können, oder mittels thermisch- bzw. photo-katalytischer Wasserspaltung, sofern es gelingt, geeignete Katalysatoren zu entwickeln, die eine ergiebige H₂-Erzeugung unter erträglichem Aufwand ermöglichen. Die Alternative der Bereitstellung von Bio-Treibstoffen hängt davon ab,

wie weit ausreichende Mengen an Biomasse aus Rest- und Abfallstoffen und aus Energiepflanzen – letztere in Konkurrenz zur Deckung des Nahrungsbedarfs der Weltbevölkerung – verfügbar gemacht werden können.

Innovative Stromerzeugung: Thermische Solar-Turm-Kraftwerke mit preiswerten Sand-Wärmespeichern versprechen (im Sonnengürtel der Erde) kontinuierliche, bezahlbare Stromerzeugung. Die Photovoltaik bedarf auf den heute verfolgten Schienen noch einige Jahrzehnte kontinuierlicher Entwicklung, um den Strompreis auf ein Niveau unter 10 Cent/kWh zu bringen. Eine dazu wünschenswerte, bezahlbare Stromspeicherung in Batterien mit entsprechend hohen Speicherdichten ist derzeit noch nicht erkennbar. Windkraftanlagen werden auf Dauer nur Bestand haben und bedeutsam sein, wenn es gelingt, zur Verteilung der zeitlich stark fluktuierenden Windleistung ein kapazitätsmäßig ausreichendes Stromnetz und Kraftwerkskapazitäten zur Leistungskompensation verfügbar zu machen.

Ein Vergleich der derzeit verfolgten, technisch sehr unterschiedlichen Wege zu künftig vielleicht möglichen Fusionskraftwerken, kontinuierliche Fusionsplasmen (TOKAMAK und STELLERATOR), gepulste Tröpfchenfusion (mittels LASER oder Strompulsen initiiert) Röntgenstrahlung oder mittels Schwerionenstrahlen, myon-katalytische Fusion (mit Myonen aus Proton- oder Ion-Beschleunigern), zeigt, dass für jede Option noch gravierende technische Probleme gelöst werden müssen, um den jeweiligen Weg überhaupt gangbar zu machen.

Auf fast allen genannten Feldern der Energieforschung erscheint es möglich, mit computergestützter Modellierung und mit Nanostrukturtechnologien, die neue Materialien mit optimierten Eigenschaften ermöglichen, durchbruchartige Verbesserungen zu erzielen.

Der Energiebedarf für Heizung und Kühlung von Innenräumen von Gebäuden auf Bereiche innerhalb gewünschter Komfortgrenzen kann unter Berücksichtigung des mathematisch-physikalisch einfach und eindeutig zu beschreibenden thermischen Verhaltens von Räumen und der örtlich gegebenen klimatischen Verhältnisse vor allem bei Neubauten, aber auch bei der Sanierung von Altbauten unter Nutzung heute verfügbarer Baumaterialien kostengünstig und in architektonisch großer Vielfalt auf einen kleinen Bruchteil des Energiebedarfs heutiger Gebäude gesenkt werden. Der resultierende relativ kleine Bedarf an Wärme lässt sich je nach örtlichen Gegebenheiten gut aus Solarwärme, mittels Wärmepumpen aus Wasser- und Erdwärme und aus verfügbarer Abwärme technischer Anlagen gewinnen.

In den Kontinentalabhängigen aller Meere sind in Tiefen von vielen 100 m in Schichtdicken bis zu mehreren 100 m Methanhydrate bei dort gegebenen tiefen Temperaturen und hohen Drücken in fester Form mit bis zu 160 Liter Methangas pro Liter Hydratsediment gelagert. Die weltweite Menge dieser Methan-einlagerungen wird auf das Doppelte der Kohlenstoffmenge in allen bisher bekannten Lagerstätten von Kohle, Erdöl und Erdgas geschätzt. Abgesehen von natürlichen Risiken großer Methanfreisetzungen bei möglichen

Priv.-Doz. Dr. Jens-Uwe Sommer, CNRS Mulhouse, Frankreich; Dr. Helmut Schiessel, Max-Planck-Institut für Polymerforschung Mainz

Prof. Dr. Klaus Heintz, Physikalisches Institut, Universität Bonn