

Technische Chemie 2004

Ionische Flüssigkeiten und die Nanotechnologie sind in der Technischen Chemie auf dem

Vormarsch. Impulse für die homogene Katalyse geben Übergangsmetallkomplexe und

Organokatalysatoren; die Biokatalyse steht im Zeichen der Weißen Biotechnologie.

Die Verfahrenstechnik profitiert von einer immer besseren Modellierung komplexer Prozesse.

Spezialmembranen und mikrostrukturierte Apparate erschließen weitere Anwendungsfelder.

Neue Materialien

Ionische Flüssigkeiten

◆ Ionische Flüssigkeiten (Ionic Liquids, ILs) etablieren sich in der Technischen Chemie als „Designer-Lösemittel“ mit maßgeschneidertem Eigenschaftsprofil (Abbildung 1).¹⁾ Als Alternative zu klassischen Lösemitteln, insbesondere bei katalytischen Umsetzungen und elektrochemischen Anwendungen, mehren sich die industriellen Einsatzmöglichkeiten.

ILs sind Salze, deren Kristallisation aufgrund der niedrigen Symmetrie ihrer ionischen Bestandteile gehindert ist. Unter 100 °C sind ILs daher flüssig. Über die Kombination der Kationen (typischerweise Imidazolium, Pyridinium, Pyrrolidinium, quartäres Ammonium oder Tetraalkylphosphonium) mit organischen oder anorganischen Anionen lassen sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften der resultierenden Salze über weite Bereiche variieren.

Da ILs in einem weiten Temperaturbereich flüssig und nichtflüchtig sind, können sie bei technischen Prozessen vorteilhaft eingesetzt werden und so z. B. bei katalytischen Umsetzungen erheblich zur Verringerung des Lösemittel- und Katalysatorverbrauchs beitragen. Der Katalysator kann meist mitsamt der Flüssig-

phasigut vom Produkt separiert werden (zweiphasige Reaktionsführung oder Produktabtrennung durch Destillation).²⁾ In Abwesenheit (oder bei einem allenfalls kontrollierten kleinen Anteil) von Wasser können in ILs sehr polare Reaktionen durchgeführt werden, die auf einfache Weise und bei moderaten Temperaturen zu kristallinen (auch metallischen) Nanopartikeln (Ir⁰ und Ru⁰, Durchmesser 2,0 bis 2,5 nm) führen. Durch den hohen Organisationsgrad dieser „supramolekularen“ Lösemittel lassen sich selbstordnende, hoch organisierte Hybrid-Nanostrukturen erhalten.³⁾

Ein weiteres großes Anwendungsgebiet für ILs ist ihr Einsatz als Elektrolytlösung z. B. in Lithiumbatterien, Brennstoffzellen, Solarzellen und in Kondensatoren.

Weitere technische Verwendungen zeichnen sich ab: ILs benetzen viele Metall-, Polymer- sowie anorganische Oberflächen und eignen sich wegen ihrer hohen thermischen Stabilität gut als Schmiermittel in Hochtemperatur- und/oder Niederdruck-Anwendungen. ILs lassen sich als selektive Zusatzstoffe in thermischen Trennverfahren, z. B. der Extraktivdestillation, verwenden.⁴⁾

Die BASF verfolgt die technische Verwendung von ILs konsequent: Der Basil-Prozess (Biphasic Acid Scavenging using Ionic Liquids) ist bereits etabliert (Einsatz von Methyl-

imidazol, Bildung einer IL durch Reaktion mit der abzufangenden Säure).⁵⁾ In einer anderen Umsetzung⁵⁾ ist es durch den Einsatz von ILs möglich, Phosgen zu vermeiden und stattdessen Chlorwasserstoff zu verwenden; zudem wird eine Selektivität von 98 % erreicht. ILs können Azeotrope brechen – eine weitere Eigenschaft mit Relevanz für mögliche Anwendungen. In diesen Kontext sind auch Ausgründungen und Start-ups aus der Hochschule wie die 1999 gegründete Firma Solvent Innovation in Köln einzuordnen, die ILs produziert und vermarktet.

Die Frage, ob ILs Risiken für Mensch und Umwelt bergen, wird an Brisanz gewinnen, je mehr diese Stoffklasse in technischen Prozessen eingesetzt wird.⁶⁾

Nanopartikel

◆ Die Zahl nanopartikulärer Systeme unterschiedlicher Zusammensetzung, Struktur und Morphologie wächst weiter, doch gibt es noch wenig Endanwendungen. Einsatzgebiete eröffnen sich bislang vor allem in der Medizin und in der Technik, ja sogar in Consumer-Produkten. Neben den stoffspezifischen Eigenschaften spielen hierbei die Oberflächeneigenschaften weiterhin die entscheidende Rolle, um die Partikel im Anwendungsprodukt nanodispers zu halten.

Medizinische Anwendungen

Magnetische Nanopartikel, ummantelt mit kovalent an die silanmodifizierte Hülle gebundenem Histidin, eröffnen nach radioaktiver Markierung mit ^{188}Re therapeutische Möglichkeiten im Magnetic Drug Targeting. In der Behandlung von Lungenerkrankungen ist Drug Targeting mit biologisch abbaubaren Nanopartikeln eine Option. Nanopartikeläres Polypropylcyanacrylat, hergestellt über Emulsionspolymerisation, verringert die Zelladhäsion von Mikroorganismen wie *Candida albicans*. Mit Antikörpern beschichtete Nanopartikel aus Gelatine und deren Einsatz im Drug Targeting werden ebenfalls beschrieben.⁷⁾

Auch die Biodiagnostik greift auf die Nanotechnologie zurück. So erhöhen modifizierte Goldnanopartikel die Sensitivität von DNA-Sensoren entscheidend.⁸⁾ Nanoelektroden könnten in Nanobiosensoren eingesetzt werden.⁹⁾ Elektronenstrahl-lithographisch gelang die Erzeugung von Nanoelektroden mit Elektrodenabständen von 20 bis 100 nm, mit denen Goldkolloide detektiert werden können.

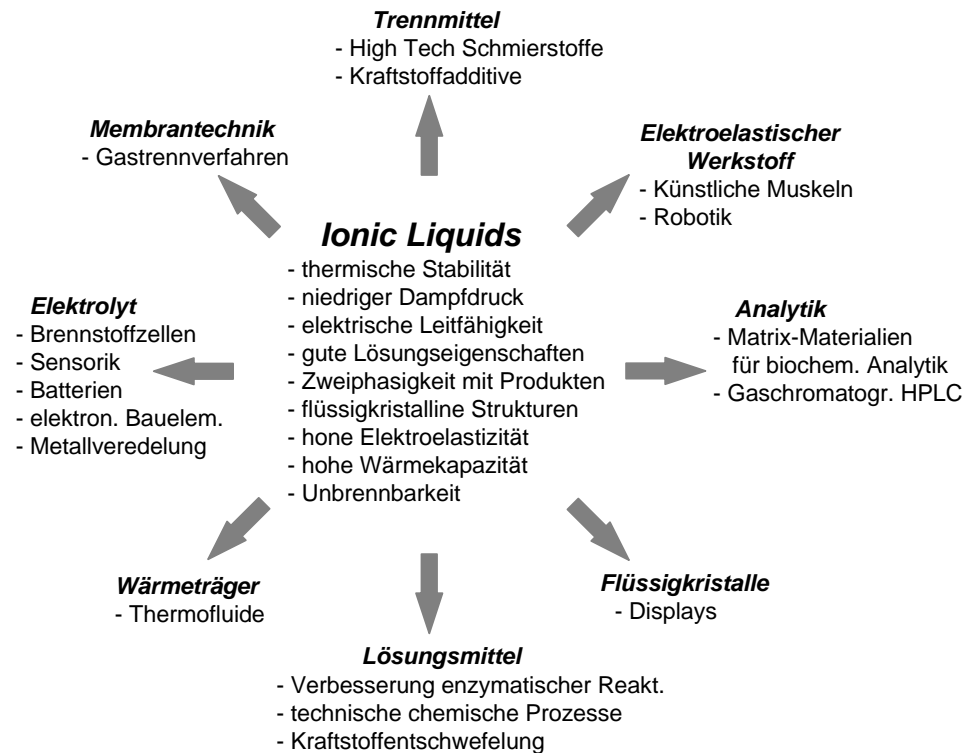
Anorganische Partikel

◆ Bei Nanopartikeln hat die Oberflächenmodifizierung bezüglich Spezifität und Selektivität eine ungleich größere Bedeutung als bei Bulkmaterial. Ein neues Beispiel für die Verwendung von Nanopartikeln zur temporären Ausrüstung von Oberflächen ist die Verwendung in Glasreinigern (schnelleres Trocknen, verringerte Wiederanschmutzung).¹⁰⁾

Hybridmaterialien

◆ Empfindliche Zähne lassen sich unter Verschluss der Dentinkanäle mit Nanoapatit-Dispersionen behandeln, die dem biologischen Material nachempfunden sind.¹¹⁾

Mit Nanoferriten gefüllte Systeme verhelfen Klebstoffen zur beschleunigten schonenden Aushärtung durch Induktion von Wärme mit Mikrowellenstrahlung.¹²⁾



Katalyse

◆ „Es gibt kein anderes technisches Prinzip, das die ökonomische und ökologische Wertschöpfung so sehr miteinander verbindet wie die Katalyse.“¹³⁾

Homogenkatalyse

◆ Nach den grundsätzlichen Arbeiten in den 1990er Jahren werden Metallkomplexe mit neuartigen Kohlenstoffliganden (Carbenen) auch technisch interessant.¹⁴⁾ Als erste Firma hat die Degussa Übergangsmetallcarben-Komplexe (speziell Palladiumcarben-Komplexe) als Katalysatoren eingesetzt und damit Telomerprodukte im Pilotmaßstab (>1 t) produziert.

Ein im Multikilogramm-Maßstab produzierter chiraler Bisphospholan-Ligand (catASium M) diente zur enantioselektiven Hydrierung von Itaconsäure.¹⁵⁾

Neben den klassischen Organometallkatalysatoren ist in der Homogenkatalyse ein Trend zu kleinen organischen Molekülen, z. B. (S)-Prolin, als metallfreie Organokatalysato-

ren zu verzeichnen. Je eine Sonderausgabe der *Advanced Synthesis & Catalysis*¹⁶⁾ und der *Accounts of Chemical Research*¹⁷⁾ war diesem Thema gewidmet [siehe dazu auch Trendbericht „Organische Chemie“, diese *Nachrichten*, S. 251]

Als Reaktionsmedium in der homogenen Katalyse spielen die eingangs erwähnten ionischen Flüssigkeiten eine immer bedeutendere Rolle.^{18,19)} Zwei- und mehrphasige Reaktionssysteme ermöglichen eine einfache „Immobilisierung“ des homogen gelösten Katalysators in einer Phase.^{20–22)}

Mit der Ethylen-Tetramerisierung wurde eine neue Route zur Produktion von 1-Okten mit sehr hohen Selektivitäten etabliert.²³⁾

Heterogenkatalyse

◆ Heterogenkatalytische Verfahren am Anfang der Wertschöpfungskette sind oft schon weitgehend optimiert. Die Suche nach weiteren Optimierungen, z. B. durch hochparallelelierte Screening-Methoden²⁴⁾ und durch ein vertieftes Verständnis der katalytischen Prozesse, ist aufwendig.²⁵⁾ Eine wachsende Rolle kommt

Abb. 1. Eigenschaftsprofil und Anwendungen von Ionischen Flüssigkeiten.