

Ionische Flüssigkeiten – Neue tensidartige Materialien für die Dispergierung von Kohlenstoffnanoröhren

Frank M. Stiemke, Thomas J. S. Schubert, Adriana Willm
IoLiTec – Ionic Liquids Technologies GmbH, Heilbronn.

Was sind ionische Flüssigkeiten?

Der Begriff „Ionische Flüssigkeiten“ (ILs) bezeichnet eine neuartige Klasse von Materialien, die vollständig aus Ionen aufgebaut sind und bei ungewöhnlich niedrigen Temperaturen im flüssigen Aggregatzustand vorliegen, per Definition unterhalb der Siedetemperatur von Wasser.

Diese ILs besitzen einzigartige physikalisch-chemische Eigenschaften, z.B. eine inhärente Leitfähigkeit, hohe thermische und elektrochemische Stabilität, geringe Oberflächenspannung, einen vernachlässigbaren Dampfdruck und oft völlige Unbrennbarkeit. Zudem können die ILs aus den meisten Anwendungen recycelt werden.

Die gezielte Auswahl und Kombination typischer organischer Kationen und (an)organischer Anionen (Abb. 1) lässt es zu, eine große Anzahl von flüssigen Materialien herzustellen und die Eigenschaftsprofile dieser „Green“ bzw. „Designer Solvents“ anwendungsbezogen einzustellen.^[1]

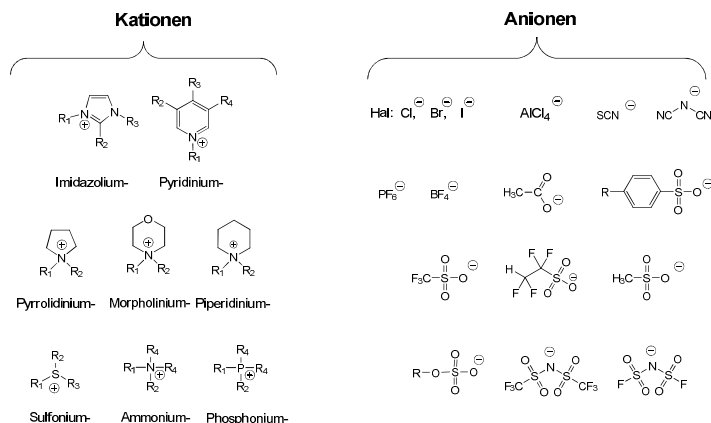


Abb. 1: Typische Kationen und Anionen der ILs.

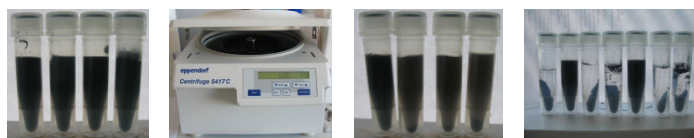


Abb. 2: von links: Vier Proben dispergierter MWCNTs in Wasser; Zentrifuge; Dispersionen nach 20000 rcf, 5 min; Dispersionen ohne oder mit ungeeigneter IL nach 5000 rcf, 1 min

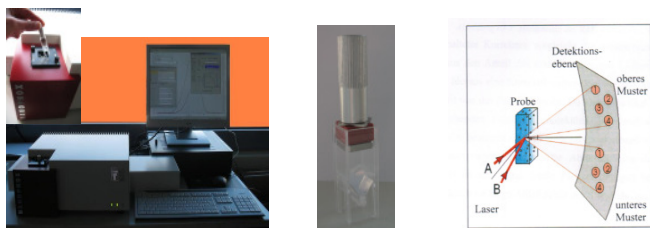


Abb 3: NANOPHOX®, Messküvette; Schema Messanordnung des PCCS-Systems [2]

Stabilitätsmessung mittels PCCS (NANOPHOX)

Mittels der einzigartigen Photon Cross Correlation Spectroscopy (PCCS) gelingt es nach dem Prinzip der dynamischen Lichtstreuung Partikelanalysen im Bereich 1 nm - µm an häufig unverdünnten und sogar trüben Proben durchzuführen (Abb. 3). Dieses wird möglich durch eine 3D-Messanordnung mit zwei gekreuzten Lasern und unabhängigen Detektoren, bei der die Abnahme der Lichtintensität bestimmt und mehrfach gestreutes Licht eliminiert wird.

So können gleichzeitig Informationen über die Partikelgröße und die Stabilität der vorliegenden Dispersion aus den aufgezeichneten Korrelationsfunktionen der Abklingkurven der Lichtintensität erhalten werden.

Abb. 4 zeigt die Abklingkurven der wiederholten Einzelmessungen für (links) lange MWCNT- und (rechts) kurze MWCNT-Röhren. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Kurven nicht entsprechend ihrer Messreihenfolge (s. Farbcode) „gestapelt“ werden - dieses spräche für eine instabile Probe -, sondern um einen Wert statistisch schwanken. Die in Abb. 4 links gezeigten zwei Sätze von Kurven deuten nicht auf eine instabile Dispersion hin, sondern sind die Folge einer Lasernachjustierung während der über 24-stündigen Messzeit. Es handelt sich daher bei diesen dispergierten langen MWCNTs (0.5%wt in Wasser) um eine sehr stabile Dispersion.

Die Stabilitätsanalyse der Dispersion der kurzen MWCNTs (0.5%wt in Wasser) liefert ebenfalls statistisch verteilte Korrelationsfunktionen (Abb. 4 rechts). Auch bei diesen Partikeln wird durch den Zusatz einer geeigneten Ionischen Flüssigkeit als Dispergieradditiv (wenige mol% bezogen auf den Partikelgehalt) eine stabilisierende Wirkung erzielt, so dass auch in diesem Fall eine sehr stabile Dispersion erhalten wird.

Darüber hinaus wird in diesen speziellen Fällen die Leitfähigkeit der Dispersion zum einen durch den Zusatz der CNTs drastisch erhöht, zum anderen verstärkt die verwendete IL die Gesamtleitfähigkeit der Probe zusätzlich. Es werden Leitfähigkeiten von 1,536 mS/cm (T = 26°C; H₂O = 25,25 µS/cm) bestimmt.

Dispergierung von Kohlenstoffnanoröhren

Die besonderen Eigenschaften der ILs können im Bereich der Nanotechnologie z.B. die Synthese von Nanopartikeln, das Größenwachstum, die Agglomeration und die Dispergierbarkeit dieser Partikel beeinflussen. Hinsichtlich einer einfacheren Verarbeitbarkeit und einem sicheren Umgang mit Nanomaterialien, speziell mit bestimmten Kohlenstoffnanoröhren (CNTs), die in den Medien auch oft mit Asbest und dessen gesundheitsschädlicher Wirkung in Verbindung gebracht werden, gewinnt die Dispergierung dieser Nanoröhren eine immer größere Bedeutung.

Als Dispergiermedium wird häufig das umweltfreundliche, nicht-brennbare, preiswerte, polare Wasser verwendet. Zur stabilen Dispergierung von Nanopartikeln werden aber in der Regel weitere Additive benötigt. IOLITEC nanomaterials ist es gelungen, mehrwandige CNTs (MWCNTs) mit gleichem Durchmesser, aber unterschiedlicher Röhrenlänge (5-15 µm bzw. 1-2 µm) unter Verwendung von geeigneten ILs und Ultraschall in Wasser stabil zu dispergieren (Abb. 2). Diese sind nach optischer Kontrolle über mehrere Wochen stabil. Die stabilisierende Wirkung der zugesetzten ILs auf die MWCNTs wird besonders deutlich, wenn die Dispersionen Zentrifugalkräften ausgesetzt werden: Proben ohne oder mit ungeeignetem IL-Zusatz setzen sich bereits bei 5000 rcf, 1 min, ab (Abb. 2, rechts), während stabile Proben erst nach 20000 rcf, 5 min, erste Bodensatzbildung zeigen.

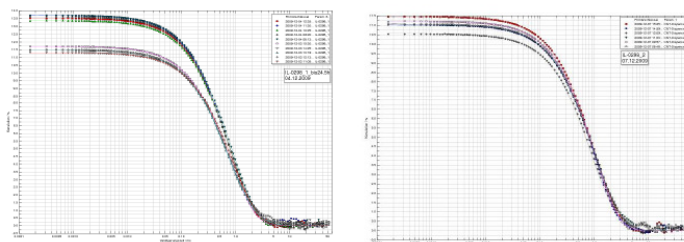


Abb. 4: Korrelationsfunktionen der Abklingkurven der Lichtintensität links: stabile MWCNT-Dispersion in Wasser (l = 5-15 µm); rechts: stabile MWCNT-Dispersion in Wasser (l = 1-2 µm)

Fazit

Die Dispergierung von Nanomaterialien mit Hilfe von ILs liefert stabile, sicher und leicht zu verarbeitende Dispersionen. Dieses Verfahren ist nicht auf CNTs und Wasser beschränkt, sondern auf andere Partikel und Lösemittel übertragbar, ebenso die Stabilitätsanalyse mittels PCCS.

Literatur:

- [1] T. J. S. Schubert, *Nachr. Chem.* **2005**, *53*, 1222.
- [2] Sympatec GmbH; www.sympatec.com.

Kontakt:

IOLITEC - Ionic Liquids Technologies GmbH
Salzstrasse 184
D-74076 Heilbronn

info@nanomaterials.iolitec.de
www.nanomaterials.iolitec.com