Polymere für Energieanwendungen

Neue polymere Materialien für Energiespeicher und -wandler können die Energiewende voranbringen

Es ist das erklärte Ziel, dass Deutschland in den nächsten 20 Jahren treibhausgasneutral werden soll. Dies erfordert einen Innovationsschub für die Entwicklung hocheffizienter, skalierbarer, kostengünstiger und nachhaltig produzierbarer Energietechnologien. Polymere Materialien können wesentlich zu einer erfolgreichen Entwicklung beitragen.

Martin D. Hager, Helmholtz Institut für Polymere in Energieanwendungen (Hipole)

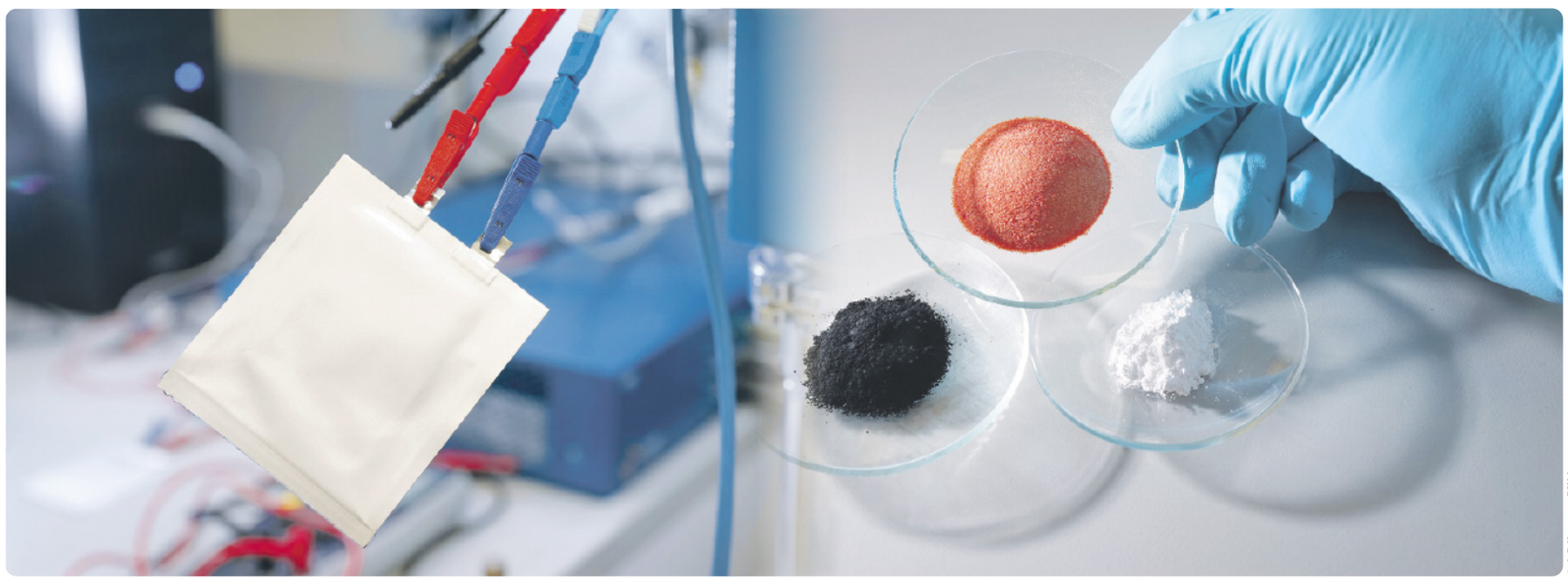
© HZB_M. Setzpfand

Yan Lu, Helmholtz Institut für Polymere in Energieanwendungen (Hipole)

© HZB_M. Setzpfand

Ulrich S. Schubert, Helmholtz Institut für Polymere in Energieanwendungen (Hipole)

© HZB_M. Setzpfand



© J. P. Kasper – FSU Jena

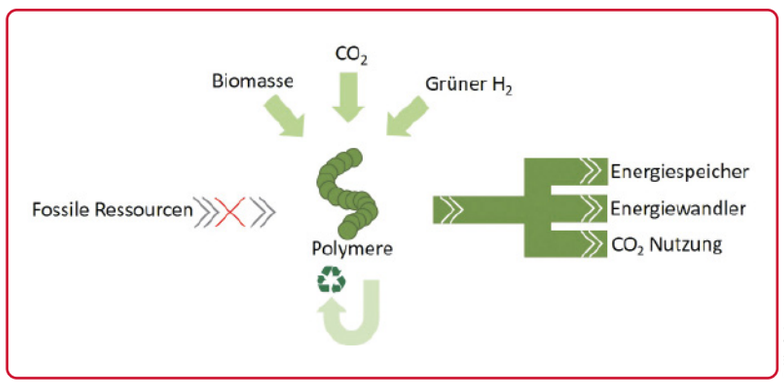
Links: Polymerbatterie-Pouchzelle. Rechts: Bestandteile einer polymerbasierten Batterie (Redoxpolymer, Kohlenstoffadditiv und Binder).

Zu den Vorteilen von Polymerwerkstoffen gehört, dass sie maßgeschneiderte Eigenschaften und Möglichkeiten zur gezielten Funktionalisierung aufweisen. Weiterhin sind vielfältige Verarbeitungstechniken nutzbar, um diese Materialien in die gewünschte Anwendungsform zu bringen. In Energiespeicher- und -wandlertechnologien können Polymere eine Vielzahl an möglichen Funktionen übernehmen – von passiven Materialien/Hilfsstoffen bis hin zu den aktiven Materialien.

Polymere in Batterieanwendungen

Polymere werden bereits heute für viele Anwendungen in Batterien genutzt. In Lithium-Polymer-Akkus werden sie im Elektrolyten verwendet und Batterieelektroden werden häufig mit polymeren Bindemitteln hergestellt. Neben diesen etablierten Anwendungen rücken Polymere auch vermehrt als Aktivmaterial in den Fokus. Hierbei werden redoxaktive Polymere als Elektrodenmaterial verwendet. Polymerbasierte Batterien können auf diese Weise grundsätzlich ohne Nutzung von kritischen Metallen/Metallionen wie z.B. Kobalt, Nickel oder Vanadium hergestellt werden.

Es gibt hier zwei unterschiedliche Anwendungsszenarien. Polymere Aktivmaterialien in festen Elektroden für Dünnschichtbatterien, welche prinzipiell druckbar sind, sowie Polymere, die im Elektrolyten für Redox-Flow-Batterien (RFB) gelöst sind. Eine Besonderheit weisen Polymere basierend auf dem stabilen Radikal 2,2,6,6-Tetramethylpiperidinyloxyl (TEMPO) auf – Dünnschichtbatterien mit diesen Aktivmaterialien können innerhalb weniger Minuten bzw. sogar Sekunden vollständig geladen werden. Allerdings haben polymerbasierte Dünnschichtbatterien niedrigere volumetrische und gravimetrische Energiedichten im Vergleich zu herkömmlichen Lithiumionenbatterien, können aber grundsätzlich auch flexibel sein. In RFBs können die Redoxpolymere Vanadium als Aktivmaterial ersetzen, und aufgrund ihrer Größe können einfache Größenaussschlussmembranen zur Trennung der Elektroden genutzt werden.



© Hipole Jena

Polymere für Energieanwendungen basierend auf Biomasse, CO_2 und grünem Wasserstoff

Polymere in der Photovoltaik (PV)

Die Einsatzmöglichkeiten für Polymere in Photovoltaik (PV)-Anwendungen sind vielfältig. Bei organischen Solarzellen konnte durch stetige Weiterentwicklung der konjugierten Donorpolymere und der Nutzung von Nicht-Fullerenakzeptoren nun die 20%-Effizienzmarke erreicht werden. Somit stellen diese Solarzellen interessante Systeme dar – insbesondere im Hinblick auf flexible Solarzellen. Eine andere aufkommende PV-Technologie sind die Perovskit-Solarzellen. Hier können Polymere als Additive in den Tinten für die Herstellung der Aktivschicht genutzt werden. Auf diese Weise sollen die Effizienzen und die Stabilität verbessert werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei verschiedenen PV-Technologien ist die Einkapselung der Solarzellen bzw. Module. Hier können verschiedene Polymerfolien genutzt werden, welche die Aktivmaterialien vor Sauerstoff und Wasser schützen und zusätzlich auch eine mechanische Stabilität gewährleisten können.

Polymere für die Wasserstoffökonomie

Im zukünftigen Energieversorgungsszenario Deutschlands kommt grünem Wasserstoff eine sehr große Bedeutung zu, welche auch in der Nationalen Wasserstoffstrategie dokumentiert ist. Wasserstoff wird künftig ein wichtiger Energieträger sein und auch als Rohstoff für chemische Reaktionen zur Verfügung stehen. Die heute installierten Elektrolyseleistungen liegen noch unter 200 MW, sollen aber bis 2030 auf mind. 10 GW erhöht werden (laut dem Wasserstoff-Kompass sind bereits Projekte von etwas über 13 GW angekündigt). Eine etablierte Technologie ist bspw. die alkalische Elektrolyse (AEL). Heute kommt allerdings vermehrt der Polymerelektrolytmembran (PEM)-Elektrolyse eine wachsende Bedeutung zu, da diese Technologie eine sehr kurze Kaltstartzeit aufweist sowie höhere Lastgradienten und Reinheiten des erzeugten Wasserstoffs ermöglicht. Besonders der Anionenaustauschmembran (AEM)-Elektrolyse kommt hier eine wachsende Bedeutung zu. Der zentrale Bestandteil ist eine Polymermembran, welche beide Halbzellen der Elektrolysezelle trennt. Hierbei stehen aktuell insbesondere Membranen im Fokus welche keine poly- oder perfluorierten Verbindungen enthalten.

> *Wasserstoff wird künftig ein wichtiger Energieträger sein und auch als Rohstoff für chemische Reaktionen zur Verfügung stehen.*

Rohstoffbasis für die Polymere

Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Nutzung von Polymeren für Energietechnologien ist mittel- bis langfristig die Nutzung von fossilen Ressourcen obsolet. Diese Materialien können auch aus Biomasse gewonnen werden. Hierbei ist allerdings wichtig, dass die notwendigen Rohstoffe nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln stehen und deren Erzeugung auch nachhaltig ist (Verwendung von möglichst wenig Düngemitteln, kurze Transportwege, geringe Landnutzung etc.). Zudem können die organischen Verbindungen prinzipiell auch aus grünem Wasserstoff und CO_2 hergestellt werden. Auch wird zukünftig dem Recycling der genutzten Polymere eine hohe Bedeutung zukommen, um auf diese Weise die Rohstoffkreisläufe schließen zu können. Dies ist aber aufgrund der komplexen Materialmischungen, wie sie in Energietechnologien oftmals genutzt werden, noch eine sehr große Herausforderung.

Fazit

Makromoleküle wurden vor über 100 Jahren durch Hermann Staudinger beschrieben (Chemie-Nobelpreis 1953). Aufgrund ihrer vielfältig einstellbaren Eigenschaften und der geringen Kosten zur Herstellung der etablierten Standardpolymere sind Polymere bzw. Kunststoffe zu einer aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken Werkstoffgruppe geworden. Allerdings sind mit dem Aufstieg der Polymere auch gravierende Nachteile verbunden (Nutzung fossiler Ressourcen und damit einhergehend Treibhausgasemissionen, Umweltverschmutzung bspw. durch Mikroplastik etc.). Die nächsten Generationen an Polymeren müssen diese Nachteile adressieren und können zusätzlich neue Anwendungsfelder erschließen und so auch einen sehr großen Beitrag zur Erreichung der Klima- und Umweltziele leisten.

Martin D. Hager, Yan Lu und Ulrich S. Schubert, Helmholtz Institut für Polymere in Energieanwendungen (Hipole), Jena

- martin.hager@helmholtz-berlin.de
- yan.lu@helmholtz-berlin.de
- ulrich.schubert@helmholtz-berlin.de
- www.hipole-jena.de

Helmholtz Institut für Polymere in Energieanwendungen (Hipole)

Hipole Jena ist ein Institut des Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie (HZB) auf dem Campus und in Kooperation mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena bzw. dem Mitte 2023 gegründeten Center for Energy and Environmental Chemistry Jena (CEEC Jena). Am Institut werden hocheffiziente, skalierbare, kostengünstige und nachhaltig produzierte Technologien auf Basis von Polymeren zur Energiespeicherung und Energieumwandlung erforscht. Die Forschung von Hipole Jena konzentriert sich auf fünf Forschungsbereiche: Polymer-Redox-Flow-Batterien, Polymerbasierte Dünnschichtbatterien, Photovoltaik, Funktionale selbstheilende Materialien und nachhaltige Chemie. Die Forschung – von den Grundlagen bis zur angewandten Forschung – wird auch ermöglicht durch den Einsatz von Hochdurchsatzmethoden, Theorie und Modellierung sowie von künstlicher Intelligenz.

Advertorial

100 Tage vor der K 2025: Der Terminkalender ist voll

Am 30. Juni beginnt der finale Countdown zur K 2025. Genau 100 Tage später öffnet die wichtigste Kunststoffmesse der Welt ihre Tore. Über 200.000 Besucherinnen und Besucher aus rund 160 Ländern werden erwartet.

© Plastics Europe, Ulrik Eichentopf

Bettina Dempewolf, Leiterin Geschäftsbereich Kommunikation, Plastics Europe Deutschland

Sonderschau zur Zukunft von Kunststoffen

Ein Highlight der Messe: die Sonderschau „Plastics Shape the Future“, die Plastics Europe Deutschland bereits zum sechsten Mal für die Messe Düsseldorf kuratiert. In den letzten K Jahren hat sich gezeigt: die Sonderschau ist wie ein Seismograf für die Ausrichtung der Branche. Wo steht sie und wo will sie hin?

Sieben Tage geballte Innovation, Diskussion und Begegnung

An sieben Thementagen geht es bei der Sonderschau um Innovationen, Transformation, Technologien und Trends. Science Slams, Start-up Pitches, Expert Talks und geführte Messe-Touren machen greifbar, wie Kreislaufwirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit in die Praxis kommen. Zudem setzen Formate wie „Women in Plastics“ und der „Career Sunday“ neue Impulse, wo der Wandel über Technologie hinausgeht.

Geheimtipp: Der “Circular Thursday”

Wer wissen will, wie Kreislaufwirtschaft in der Anwendung funktioniert, sollte sich den „Circular Thursday“ dick im Kalender anstreichen. Am Donnerstag, den 9. Oktober, treffen hier Forschung und Industrie aufeinander: Es geht um die Kreislaufführung von Verpackungen, Textilien, Elektrik und Elektronik und den Bausektor, um Rezyklateinsatzquoten und darum, wie sich mechanisches und chemisches Recycling optimal ergänzen. Wir betrachten unterschiedliche Blickwinkel auf und Erfahrungen mit aktuellen Regulierungsvorhaben wie der Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR), der End of Life Vehicle Regulation (ELV) und der Waste Electrical and Electronic Equipment Regulation (WEEE). Die Experten aus den unterschiedlichen Anwendungsindustrien diskutieren aktuelle Herausforderungen und geben Einblick in ihre Erfahrungen sowie einen Ausblick in die Zukunft: Was können Industrie, Politik und Behörden aus den Erfahrungen lernen? Was sind die Vor- und Nachteile von Closed Loop? Wie hoch sollten Rezyklateinsatzquoten sein? Haben wir genug Müll, um die vorgegebenen Einsatzquoten zu erfüllen?

Save the Date

Ob Branchenprofi oder Newcomer, Start-up oder Weltmarktführer, die K 2025 hat für alle etwas im Gepäck. Wer vom 8. bis 15. Oktober in Düsseldorf dabei sein will, sollte sich die Thementage jetzt schon vormerken. Tageskarten gibt es bereits ab 60 EUR.

- Plastics Europe Deutschland
- www.plasticseurope.org/de

Datum	Thementag	Highlights
8.10.	Kick-Off Wednesday	Eröffnung, Branchenausblick, Wettbewerbsfähigkeit, Zahlen & Fakten
9.10.	Circular Thursday	Verpackungen, Textilien, Elektronik, Bau – mechanisches & chemisches Recycling
10.10.	Climate Friday	CO_2-Bilanzen, LCA, Additive, Monetarisierung nachhaltiger Produkte, Zirkuläre Geschäftsmodelle, Wettbewerbsfähigkeit
11.10.	Smart Saturday	KI im Einsatz entlang der Wertschöpfungskette: Materialentwicklung, Prozessoptimierung, Recycling, Sensorik, Digitaler Produktpass, EU Data Act
12.10.	Career Sunday	Recruiting, Diversity, Science & Poetry Slam, Women in Plastics
13.10.	Innovation Monday	Start-up Pitches (Newcomer & Big Fish), Networking, Innovation Panel
14.10.	Visionary Tuesday	Circular Tech (Bioplastik, CCU, Recycling), Zukunftsausblick 2050, Mikroplastik

PLASTICS EUROPE
Enabling a sustainable future