

Wettbewerbsfaktor

Die Rolle elektrochemischer Speicher (Batterien) im Energiesystem der Zukunft



Aktueller Stand

Effiziente Energiespeicher sind für den flächendeckenden Einsatz erneuerbarer Energien und die Durchsetzung der Elektromobilität in Deutschland und Europa unverzichtbar. Batterien sind derzeit die einzigen elektrochemischen Energiespeicher, die eine kontinuierliche, stabile und wirtschaftliche Energieversorgung gewährleisten. Die Forschung auf diesem Gebiet birgt ein enormes, noch unausgeschöpftes Potenzial für die Umsetzung der Energie- und Mobilitätswende und den Wirtschaftsstandort Deutschland.

Ein zentrales Ziel der Batterieforschung adressiert den Ausbau der Elektromobilität, um die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor zu reduzieren. Dazu werden kostengünstige und sichere Energiespeichertechnologien benötigt. Der Aufbau nationaler Entwicklungs- und Produktionskompetenzen ist für die Schaffung heimischer Wertschöpfung und resilienter Wirtschaftsstrukturen unerlässlich. Auch über die Elektromobilität hinaus hat die Entwicklung von Batterietechnologien ein hohes Innovations- und Wertschöpfungspotenzial in zahlreichen bestehenden Elektronikanwendungen, aber auch in neuen Anwendungen wie der elektrischen Luftfahrt. Mobile und stationäre Energiespeicher sind bereits heute integraler Bestandteil

unserer technologischen Infrastruktur und erfordern maßgeschneiderte Lösungen. Die Fähigkeit, Batterien optimal an spezifische Anforderungen anzupassen, verschafft der Fraunhofer-Gesellschaft und Unternehmen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil in einer dynamischen Wertschöpfungskette. Ohne nachhaltige, innovative und performante Energiespeicher wird es viele zukünftige Produkte und Anwendungen nicht geben und auch das Gelingen der Energiewende hängt davon ab, ob wir die aus volatilen Quellen wie Wind und Solar gewonnenen Energie zuverlässig und effizient speichern können. Diesen Vorteil für den Technologiestandort Deutschland zu erzielen und langfristig zu erhalten, muss Ziel der hier ansässigen Batterieforschung und -entwicklung sein.

Die Dominanz asiatischer Unternehmen, welche u.a. aus der massiven staatlichen Förderung von Forschung und Entwicklung in dieser Weltregion resultiert, stellt eine Herausforderung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas und die sichere und nachhaltige Verfügbarkeit dieser Schlüsseltechnologie für die Mobilitäts- und Energiewende dar.

Unsere forschungspolitischen Empfehlungen

» Unsere Empfehlungen im Fokus

- **Langfristige Investitionen in Forschung und Entwicklung** bis zur Serienreife für technologisch und wettbewerblich besonders vielversprechende Zukunftstechnologien wie Festkörper- und Natrium-Ionen- sowie weiterentwickelte Lithium-Ionen-Batterien. Vorbereitung der Kommerzialisierung von nachhaltigen und ressourceneffizienten Technologien der nächsten und übernächsten Generation von Batterien durch kontinuierliche Grundlagenforschung.
- **Infrastruktur aufbauen und vernetzen:** Unterstützung der europäischen Industrie beim Aufbau innovativer Fertigungslinien zur wettbewerbsfähigen Massenproduktion von Batteriematerialien, -zellen und -systemen. Hierfür müssen Angebote nach dem Modell der industrienahen Forschungsproduktionsanlagen zur Synthese von innovativen Batteriematerialien »Powder-Up« am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Ulm oder der Fraunhofer Forschungsfertigung Batterie zelle FFB in Münster zur Entwicklung einer modernen und skalierbaren Batterie zellproduktion auf- bzw. ausgebaut werden. Zusätzlich muss die Kreislauffähigkeit von Batterien erhöht und die zugehörige Prozessentwicklung für ein ganzheitliches Recycling gefördert werden.
- **Gesamtheitliche Förder- und Regulierungsstrategie** im Sinne einer resilienten, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Wertschöpfungskette, insbesondere für neue Batterietechnologien mit hohem wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Potenzial, die sich an der Schwelle zur Kommerzialisierung befinden. Schaffung begünstigender Rahmenbedingungen durch eine integrierte »Market Pull« (z.B. Kaufanreize oder regulative Begünstigung) und »Technology Push« (z.B. F&E-Förderung, Förderung von Produktionsinfrastruktur, Rohstoffstrategie) Politik.

- **Umsetzung einer langfristigen Dachstrategie:** Adressierung aller Schritte der Batteriewertschöpfungskette in bestehenden und zukünftigen Strategien und Maßnahmen. Dies kann auf Grundlage einer systematischen Identifikation industrie- und resilienzrelevanter Lücken in der deutschen und europäischen F&E- und Industrielandschaft erfolgen, welche alle notwendigen Wertschöpfungsschritte und Akteursgruppen mitbetrachtet.

» Im Fokus: Zukunftstechnologien

In Deutschland, einem Vorreiter in der Energiewende, muss der Forschung an innovativen Batterietechnologien eine entscheidende Rolle zukommen. Für die Entwicklung neuer und effizienterer Energiespeicherlösungen sollte gezielt **eine übergreifende Strategie für die Erforschung von Zukunftstechnologien**, wie z.B. Festkörper- und Natriumionen- sowie verbesserten Lithium-Ionen-Batterien entwickelt werden, um die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in der internationalen Batteriewirtschaft zu stärken. Dies bedeutet, dass nicht nur die Zellchemie und -materialien, sondern auch Zell- und Systemfertigung in den Fokus rücken müssen. Eine **umfassende Analyse, die alle Aspekte von der Rohstoffbeschaffung über die Produktion bis hin zur Nutzung und dem Recycling berücksichtigt**, ist notwendig, um nachhaltige und effiziente Lösungen zu entwickeln. Um innovative Konzepte zu erarbeiten, ist es außerdem wichtig, **interdisziplinäre Ansätze zu fördern**. Dazu müssen Programme initiiert und langfristig nachverfolgt werden, die Forschende in Chemie, Materialwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Softwareentwicklung branchenübergreifend zusammenbringen. Nur durch eine integrierte Perspektive kann Deutschland sicherstellen, dass es an vorderster Front der technologischen Entwicklungen bleibt und einen entscheidenden Beitrag zur globalen Energiewende leistet.

» Im Fokus: Lithium-Ionen-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien machen mit Abstand den größten Anteil aller Batterien aus und werden auch bis weit in die Zukunft eine dominierende Rolle spielen. Die Entwicklung leistungsfähigerer, nachhaltiger und ressourcenschonender Lithium-Ionen-Batterien sowie innovativer Produktionsmethoden ist entscheidend zur Verbesserung der Performance und die Kosten elektrochemischer Speichersysteme. Diese Fortschritte sind unerlässlich, um den wachsenden Anforderungen der Elektromobilität, erneuerbaren Energien und anderer Anwendungen gerecht zu werden. Als mobile und stationäre Energiespeicher sind sie unverzichtbar für medizinische Geräte, Smartphones, Laptops, Unterhaltungselektronik, Logistikroboter und viele weitere gegenwärtige und zukünftige Anwendungen.

Hierfür muss die **Forschung an innovativen Materialien gestärkt** werden. Hochleistungsfähige Batterien benötigen Materialien, die nicht nur eine hohe Energie- und Leistungsdichte bieten, sondern dabei auch die Sicherheit der Zellen gewährleisten. Die interdisziplinäre Entwicklung dieser Materialien bis in die Anwendung erfordert **Maßnahmen zur engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie** für einen effektiven Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis. Darüber hinaus sind der Aufbau und die **Etablierung industrienaheer Forschungsanlagen** unerlässlich – sowohl für die Materialsynthese und Batteriezellfertigung als auch für den Systemaufbau in der Batteriepackfertigung sowie das Recycling. Um der Dominanz asiatischer Akteure in der Batterietechnologie und den dazugehörigen Lieferketten zu begegnen, ist es notwendig, dass Deutschland und Europa konstant innovative Verfahren in der Batteriefertigung sowie entlang der gesamten vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette in solchen Forschungsanlagen testen und optimieren, bevor diese in großem Maßstab zum Einsatz kommen. Nur durch diesen Ansatz können die erforderlichen Kompetenzen und Technologien für eine großvolumige Batteriezellproduktion und eine Kreislaufwirtschaft für alle Anwendungen aufgebaut werden, auch als **Absicherung, um geopolitische Abhängigkeiten zu verringern**.

» Im Fokus: Nachhaltigkeit und Recycling

Die Nachhaltigkeit von Batterien spielt angesichts der steigenden Nachfrage nach erneuerbaren Energiequellen und Elektromobilität eine zentrale Rolle in der aktuellen Diskussion über umweltfreundliche Energielösungen. Ein besonderer Schwerpunkt muss auf der **Entwicklung von technologischen Innovationen in der Zellfertigung insbesondere zur Reduzierung des Energieverbrauchs** sowie der Kreislaufführung des Produktionsausschusses liegen. Nach der Nutzung der Batterien wird die effiziente Rückgewinnung und Wiederverwendung einzelner Zellen, zahlreicher Komponenten und Materialien immer wichtiger. Dies beginnt mit der Analyse der Batteriesysteme, um einzelne Module oder Zellen in einem Second Life weiterzuverwenden. Die **Entwicklung eines umfassenden Demontage-Portfolios**, das alle notwendigen Schritte und Technologien umfasst, um Batterien am Ende ihrer Lebensdauer umweltgerecht zu zerlegen, ist hierfür erforderlich. Ein weiterer entscheidender Baustein für die nachhaltige Nutzung von Batterien ist die **ganzheitliche Entwicklung fortschrittlicher chemischer Recyclingmethoden**, um wertvolle Materialien wie Lithium, Kobalt und Nickel aus gebrauchten Batterien zurückzugewinnen und sie in neuen Produktionszyklen wiederzuverwenden. Das Recycling reduziert für Deutschland nicht nur die Abhängigkeit von primären Rohstoffen, sondern minimiert auch die Umweltauswirkungen, die mit der Rohstoffgewinnung verbunden sind.



Im Fokus: Digitalisierung

Die Digitalisierung spielt außerdem eine entscheidende Rolle in der Produktion und Nutzung von Batterien und hat das Potenzial, die gesamte Wertschöpfungskette erheblich zu transformieren.

Durch die **Förderung moderner Digitalisierungstechnologien** wie Internet of Things (IoT), Machine Learning (ML), Künstliche Intelligenz (KI) und Big Data können Herstellungsprozesse optimiert, Ressourcen effizienter genutzt und die Qualität der Produkte verbessert werden. In der Produktion sollten Initiativen gefördert werden, die den **Einsatz von Echtzeit-Datenanalysen in Produktionsprozessen ermöglichen**, um Schwachstellen zu identifizieren und Prozesse schnell anzupassen. Im Bereich der Nutzung sollten digitale Lösungen gefördert werden, die **Leistung von Batterien in Echtzeit zu überwachen** und maßgeschneiderte Wartungsstrategien zu entwickeln. Dies fördert nicht nur die Lebensdauer der Batterien, sondern trägt auch zur Effizienzsteigerung in Anwendungen wie Elektromobilität und erneuerbaren Energiesystemen bei.

Schnittstellen

	Innovative Gesundheitsforschung	Circular Economy	Zukunftsfähige Wasserversorgung	Energiesystem der Zukunft	Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft	Digitaler Industriestandort	Cybersicherheit	Quantentechnologien	Verteidigungsforschung in der Zeitenwende	Luft- und Raumfahrt	ZukunftsMissionBau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar
● Hauptbezug											
○ Nebenbezug											
Innovative Gesundheitsforschung	●					○					
Circular Economy		●	○	○	○	○				○	○
Zukunftsfähige Wasserversorgung		○	●			○					
Energiesystem der Zukunft		○		●	○	○				○	○
Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft		○		○	●	○				○	
Digitaler Industriestandort	○	○	○	○	○	●	○	○	○		○
Cybersicherheit						○	●	○			
Quantentechnologien						○	○	●			
Verteidigungsforschung in der Zeitenwende						○			●	○	
Luft- und Raumfahrt		○		○	○				○	●	
ZukunftsMissionBau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar		○		○		○					●

Über die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, Vertragsforschung.

Kontakt

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Im Auftrag des Vorstands
Hansastraße 27 c, 80686 München
<https://www.fraunhofer.de>

Ansprechperson

Dr. Simon Kapitza
Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, Abteilung Wissenschaftspolitik
Telefon: +49 30 688 3759-1607
E-Mail: pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2024

Verzeichnis der Mitwirkenden

Dr.-Ing. Katharina Ahlbrecht

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Dr. Simon Kapitza

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Jenny Lehmann

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Kai-Christian Möller

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Christoph Neef

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Prof. Dr. Jens Tübke

Fraunhofer-Allianz Batterien, Fraunhofer-Einrichtung
Forschungsfertigung Batteriezelle FFB