Fraunhofer Moonshot Innovation Brief

Batteriezellproduktion in einem souveränen Ökosystem: Partnerschaften entlang der Wertschöpfungskette

Schlüsseltechnologien: Klimaneutrale Mobilität, klimaneutrale Energieversorgung

Executive Summary

Batterien sind eine **Schlüsseltechnologie** für die Transformationen des 21. Jahrhunderts. Sie bilden bereits heute das Herz zahlreicher Produkte des täglichen Lebens in sogenannten 3C-Anwendungen (Consumer, Communication, Computer). Zukünftig werden weitere Anwendungsgebiete an Bedeutung gewinnen, u.a. in der Medizintechnik (z. B. Assistenzroboter in der Pflege), im Bereich der Verteidigung und im Zivilschutz (z. B. Drohnen für Überwachung/Verteidigung) oder in der Raumfahrt (z. B. Satelliten, Raumstationen). Leistungsfähige Batterien sind unverzichtbar für die E-Mobilität und tragen als stationäre Speicher wesentlich zum Ausbau erneuerbarer Energien und damit zur Mobilitäts- und Energiewende in Deutschland bei. Sie werden zukünftig allgegenwärtig in mobilen und stationären Anwendungen (z. B. V2G, Netzstabilisierung) sein und daher Teil künftiger kritischer Infrastrukturen. In der kommenden Dekade ist mit einem **kontinuierlichen und signifikanten Anstieg der Nachfrage** zu rechnen. Gleichzeitig wird es eine **Diversifizierung von Batterietechnologien** geben. Die Produktion von Batterien und das Recycling der Materialien bieten strategisch verlässliche und stabile Bezugsquellen und ein enormes wirtschaftliches Potenzial in dem Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft. Damit ist die Batteriezellproduktion in Deutschland und Europa direkt und indirekt mit einem erheblichen **Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial** verbunden.

Heute stammt allerdings ein Großteil der benötigten Batterien aus Asien (insbesondere China). Für die Technologiesouveränität Deutschlands und Europas und um Material-, Komponenten- und Anlagenlieferanten ebenso wie Zell-, Systemhersteller und Recycler nachhaltig am Markt zu etablieren, sind maßgeschneiderte Batterien tiefgehend zu verstehen, zügig zu entwickeln und kosteneffizient sowie resilient zu produzieren.

Institute und Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft bilden im engen Schulterschluss mit Universitäten ein Ökosystem mit einer durchgängigen Forschungs- und Entwicklungspipeline. Wichtige Bestandteile dieses Ökosystems sind u.a. die über ForBatt modernisierten und erweiterten Pilotlinien in Deutschland, u. a. gebündelt an der TU München mit TUM.Battery / TUMint.Energy Research, an der TU Braunschweig mit der Battery LabFactory Braunschweig (BLB), in Ulm am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) sowie in Dresden/Freiberg mit dem Fraunhofer BatteryCampus. Diese werden ergänzt durch Infrastrukturen, die eine weitere Industrialisierung der Forschungsergebnisse ermöglichen. Hierzu steht mit der Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batteriezelle FFB (Münster) eine herausragende Infrastruktur zur Skalierung von Produktionsprozessen zur Verfügung. Das Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS (Braunschweig) und das Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV (Augsburg) bieten alle Voraussetzungen für die anwendungsorientierte Forschung bis zur Skalierung von Feststoffbatterien. Dieses Ökosystem ermöglicht die Entwicklung und Testung neuer Batteriezelltypen/-chemien sowie die Entwicklung und Erprobung neuer Anlagen und Prozesse bis hin zu Recycling- und Re-Syntheseprozessen. In den genannten Infrastrukturen bestehen für Unternehmen – insbesondere aus dem Maschinen- und Anlagenbau (Mittelstand) – hervorragende Möglichkeiten, Anlagen zu testen, zu demonstrieren und auch mit Anlagen anderer Hersteller zu vernetzen.

Dies hat in den letzten Jahren zu einer Vielzahl an Kooperationen innerhalb des Batterie-Ökosystems geführt. Dieses Know-how und die getätigten Investitionen gilt es nun mit einer erfolgreichen industriellen Umsetzung wirksam zu machen. Im Ökosystem werden Fachkräfte ausgebildet, welche die dringend benötigten Kompetenzen durch intensive wissenschaftliche Arbeit und praxisnahe Ausbildung erworben haben. Fraunhofer stellt ein wichtiges Bindeglied zwischen universitärer Forschung, Ausbildung für und mit der Industrie und die skalierbare Anwendung der Batterietechnologien für eine wettbewerbsfähige Industrie dar. Daraus ergibt sich: Nur durch die Bündelung von Kräften und den Aufbau strategischer Partnerschaften mit kritischer Masse – die sich in ihren Kompetenzen und Infrastrukturen optimal ergänzen und gemeinsam skalierbare Lösungen für und mit der Industrie entwickeln – lässt sich in den kommenden Jahren ein wettbewerbsfähiges Industrie-Ökosystem aus Deutschland und Europa heraus erfolgsversprechend gestalten.

Erläuterung

Um Technologiesouveränität zu erlangen und die genannten Potenziale zu heben, sind gezielte, ambitionierte und technologieorientierte Forschungsimpulse erforderlich. Im Mittelpunkt stehen dabei **Anwendungsbereiche**, in denen Batterien maßgeblich den Produkterfolg bestimmen:

- **Automotive Performance:** Batteriezellen mit hoher Energiedichte und Schnellladefähigkeit bei hoher Zyklenstabilität
- **Automotive Kosten:** Batteriezellen mit ausreichender Energiedichte, Schnellladefähigkeit sowie hoher Zyklenstabilität
- **Zivilschutz/Verteidigung Drohnen:** Höchste gravimetrische Energiedichte bei vergleichsweise geringer Zyklenstabilität
- **Luft-/Raumfahrt:** Hohe gravimetrische Energiedichte bei hoher Zyklenstabilität (Erdorbit) bzw. hoher kalendarischer Stabilität (Tiefenraum-Missionen) bei höchster Zuverlässigkeit und Beständigkeit gegenüber Temperatureinflüssen sowie Strahlung
- **Stationäre Speicher:** Niedrigere Energiedichte bei maximaler Zyklenstabilität und minimalen Kosten

Diese Ziele adressieren die Pläne der EU und Deutschlands zur Kompetenzsicherung im Bereich kritischer Technologien und tragen dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Batterie- und Anwenderindustrien zu stärken. Mögliche **Förderinitiativen** sollten die folgenden miteinander verzahnten Technologien umfassen:

- **Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batteriezellen** zur Erhöhung der Energiedichte (z. B. NMC811, NCA), zur Erhöhung der Sicherheit (LFMP) sowie zur Vermeidung kritischer Rohstoffe (z. B. kobaltfreie Kathoden mit LNMO), insbesondere aber durch kostengünstigere alternative Batteriechemien wie Natrium-basierte Batterien
- **Prototypische Produktion von Feststoffbatterien** (Sulfid-, Oxid-, Polymer-basiert)
- **Etablierung durchgängiger Produktionsumgebungen** sowohl für Li- und Na-Ionen Batterien mit Flüssigelektrolyten (u. a. Fraunhofer FFB) als auch Feststoffbatterien (u. a. Fraunhofer ZESS), welche die Skalierbarkeit und Umsetzbarkeit in der industriellen Praxis nachweisen und einen schnellen Transfer in die Industrie ermöglichen. Dazu gehört der Ausbau der Fähigkeiten zu einer Pilotproduktion im MWh-Maßstab.
- Mit Fokus auf Li- und Na-Ionen Batterien sollte der Fokus auf die (Weiter-)Entwicklung alternativer, innovativer und nachhaltiger **Prozesstechnologien und deren Überführung in die industrielle Anwendung** gelegt werden (notwendige Basis für den Vorsprung der deutschen Industrie im Maschinen- und Anlagenbau). Darüber hinaus sollte die bestehende Produktionsinfrastruktur auch für großskalige Produktion von Na-Ionen-Batterien befähigt werden.

Mit Fokus auf Feststoffbatterien sind hohe volumetrische oder hohe gravimetrischer Energiedichte vorrangig zu verfolgen. Das übergeordnete Ziel besteht darin, prototypische Produktionslinien für vielversprechende Feststoffbatteriedesigns (Festelektrolyte, Anodenkonzept) zu entwickeln und aufzubauen, die eine Produktion von bis zu 1 MWh ermöglichen und die Skalierbarkeit der Produktion von Komponenten und Zellen demonstrieren. Dabei sollten geeignete Produktionslinien für mindestens zwei Festkörperzelldesigns mit einer Kapazität von bis zu 50 Ah adressiert werden, die eine hohe spezifische Energie und Energiedichte, mitunter unterschiedlich stark ausgeprägt, Schnellladefähigkeit und gegenüber Flüssigelektrolytbasierten Zellen deutlich verbesserte Sicherheit versprechen. Bei der Zellentwicklung und -produktion sollte die Kreislaufführung der Materialien gleich mitkonzipiert werden, um möglichen Vorbehalte diesbezüglich auszuschließen.

Darüber hinaus sollten Förderanreize und Projekte, bei denen der Staat als Ankerkunde auftritt, das Ökosystem so stärken, dass Forschung und Entwicklung zur Produktion von Batteriezellen in kleineren Stückzahlen ermöglicht wird und sich damit auch Zellentypen rentabel fertigen lassen, die sonst zunächst unwirtschaftlich wären. Das ermöglicht den Markteinstieg auch über kleinere (aber absolut gesehen große)

Spezialmärkte (bspw. wenn der Batteriebedarf für den EU Sicherheits-/Verteidigungsmarkt zu 100 Prozent durch ein europäisches Ökosystem gedeckt werden soll).

Entsprechend gilt: Die Fokussierung auf Anwendungen und Auswahl geeigneter Technologien muss Hand in Hand mit den Souveränitätszielen und gemeinsam mit der Industrie entlang einer spezifischen deutschen/europäischen Industrialisierungsroadmap (inkl. Geschäftsmodelle, Lieferbeziehungen, Vermarktungspartnerschaften etc.) erfolgen. Diese muss dabei die herausfordernde Wettbewerbssituation, insbesondere mit China, um die Wertschöpfung im Bereich Batterie aktiv berücksichtigen.

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. Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovationssystem ein.

Knapp 32 000 Mitarbeitende an 75 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,1 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung. Im Vergleich zu anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen bildet die Grundfinanzierung durch Bund und Länder lediglich das Fundament des jährlichen Forschungshaushalts. Sie ist die Basis für wegweisende Vorlaufforschung, die in den kommenden Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft bedeutend wird. Das entscheidende Alleinstellungsmerkmal ist der hohe Anteil an Wirtschaftserträgen, der Garant ist für die enge Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Industrie und die stetige Marktorientierung der Fraunhofer-Forschung: 2024 beliefen sich die Wirtschaftserträge auf 867 Mio. € des laufenden Haushalts. Ergänzt wird das Forschungsportfolio durch im Wettbewerb eingeworbene öffentliche Projektmittel, wobei eine ausgewogene Balance zwischen öffentlichen und wirtschaftlichen Erträgen angestrebt wird.

Kontakt

Herausgeber
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Hansastraße 27 c, 80686 München
https://www.fraunhofer.de

Ansprechpersonen
Prof. Dr. Constantin Häfner
Vorstand für Forschung und Transfer
Constantin.haefner@zv.fraunhofer.de

Prof. Dr. Christoph Herrmann
Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Produktion
Christoph.herrmann@ist.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2025