

Additiv gefertigte Batterien

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind aufgrund ihrer hohen Energiespeicherdichte aus nahezu sämtlichen Bereichen des Lebens nicht mehr wegzudenken. Insbesondere für viele Arten tragbarer Geräte sowie im Bereich der Elektromobilität sind sie unentbehrlich. Zunehmend erobern sie aber auch weitere Anwendungsgebiete wie immer größere land-, luft- und seegestützte Plattformen. Allerdings weisen sie auch Nachteile auf: Ihre Energiedichte lässt sich nur schwer weiter steigern, ihr flüssiger Elektrolyt bringt Gefahren einer Leckage oder einer Entzündung der Batterie mit sich und ihre Zellformen sind auf die typischen Zylinder- oder Quaderformen beschränkt. Deshalb erhofft man sich vom Einsatz additiver Fertigungsverfahren für die Batterieherstellung neue Impulse, diese Nachteile zu umgehen und noch weiter verbesserte Energiespeicher zu erhalten. Heute befinden sich die diesbezüglichen Technologien aber noch im Labor- bzw. Prototypenstadium.

Zur additiven Fertigung, auch als 3D-Druck bezeichnet, gehören Verfahren, bei denen schichtweise Material aufgetragen wird. Damit stehen sie im Gegensatz zu subtraktiven oder umformenden Verfahren wie dem Fräsen, Walzen oder Gießen. Als Folge der dynamischen Weiterentwicklung der verschiedenen Verfahren wird es zunehmend möglich, einzelne Komponenten oder sogar ganze Batterien zu drucken. Ein großer Vorteil solcher additiv gefertigten Batterien ist, dass sich ihre Energie- und Leistungsdichte sowie weitere Parameter im Vergleich zu herkömmlichen LIB substantiell verbessern lassen. Denn durch additive Fertigung können neuartige Elektroden gefertigt werden, die eine höhere Energiedichte sowie einen besseren Austausch zwischen Elektrode und Elektrolyt ermöglichen. Beispiele hierfür sind verzahnte Elektrodenstrukturen, hochporöse Strukturen, komplexe Gitterstrukturen sowie röhren- oder faserförmige Elektroden, woraus sich entsprechende Formen von Batteriezellen ableiten lassen. Hieraus könnten vielfältige Verbesserungen

auch im militärischen Bereich folgen. Grundsätzlich wird erwartet, dass sich in einer Vielzahl von Anwendungen entweder bei gleicher Kapazität Gewicht und Volumen der Batterien verringern lassen oder aber sich bei gleichem Gewicht und Volumen eine höhere Kapazität erzielen lässt. Dadurch könnten Missionsdauern bzw. Reichweiten verlängert und/oder Kosten eingespart werden. Darüber hinaus könnten solche verbesserten Energiespeicher dazu beitragen, das Gewicht der Ausrüstung, z. B. des Soldaten, deutlich zu reduzieren. Im Bereich kleinerer unbemannter Systeme könnten zudem Kosten eingespart werden, indem neuartige Batterien in ihrer Leistung an den Missionsbedarf angepasst werden. Ein Beispiel sind Batterien, die nur auf wenige Ladezyklen ausgelegt sind und dafür deutlich kostengünstiger gefertigt werden können („Wegwerf-Batterien“). Aber auch für größere militärische Plattformen sind additiv gefertigte Batterien von Relevanz. Durch eine höhere Energiedichte bzw. ein geringeres Gewicht gedruckter LIB könnten möglicherweise mehr Fahrzeugtypen auf elektrische Antriebe umgestellt werden, was verschiedene Vorteile mit sich bringen würde, unter anderem Verringerungen der akustischen und thermischen Signaturen.

Ein zweiter großer Vorteil additiv gefertigter Batterien ist, dass sie sich in nahezu frei wählbarer Geometrie fertigen lassen. Dadurch könnten Batterien in ihrer Form zukünftig exakt auf den zur Verfügung stehenden Raum angepasst werden. Zusammen mit der Möglichkeit, eine Vielzahl von Substraten – darunter Textilien oder papierähnliche Substrate – einsetzen zu können, ergeben sich daraus völlig neue Designoptionen, vor allem im Bereich am Körper getragener elektronischer Geräte, sogenannter Wearables. Beispielsweise könnten Batterien zukünftig in Brillengestelle oder Armbänder integriert werden. Dadurch eignen sie sich sehr gut für die Energieversorgung zukünftiger Technologien wie intelligenter Textilien, smarter Kontaktlinsen oder elektronischer Pflaster.

Von einer solchen Designfreiheit im Bereich der Batterien würden darüber hinaus auch kleine bis mittlere militärische Plattformen wie UAV oder UUV profitieren, die aero- bzw. hydrodynamisch optimiert werden. Beispielsweise könnten Batterien mit komplexer dreidimensionaler Form um andere Komponenten herum oder teils in die Struktur der Plattformen gedruckt werden, wodurch z. B. die Größe der Plattformen weiter reduziert oder mehr Platz für Zuladung geschaffen werden könnte.

Ein dritter wichtiger Aspekt ist die Möglichkeit des Druckens von Batterien mit Feststoff- oder Gel-Elektrolyten. Solche Feststoffbatterien bringen gegenüber flüssigen Elektrolyten verschiedene Vorteile mit sich, insbesondere aber eine höhere Sicherheit durch eine deutlich geringere Entflammbarkeit und die fehlende Möglichkeit einer Leckage des Elektrolyten. Zudem verfügen sie über eine deutlich höhere mechanische, thermische und chemische Stabilität. Dies wäre wiederum vor allem für die Ausrüstung des Soldaten interessant, aber auch im gesamten Bereich der Elektromobilität. Solche Batterien könnten aber auch in präzisionsgesteuerter Munition bzw. Smart Weapons zum Einsatz kommen und dort Zuverlässigkeit und Sicherheit auch während möglicher langer Lagerzeiten gewährleisten.

Die Möglichkeit der additiven Fertigung von Batterien weist ein enormes Potenzial auf. Sollte es zukünftig möglich sein, präzise auf die jeweilige Anwendung maßgeschneiderte Batterien kostengünstig fertigen zu können, hätte dies große Auswirkungen auf eine Vielzahl an Anwendungen. Derzeit ist die Technologiereife jedoch noch gering. Zwar wurden von verschiedenen Laboren Batterien mit beeindruckenden Kennzahlen demonstriert, ihre tatsächliche Leistung unter Alltagsbedingungen bleibt jedoch noch abzuwarten. Das volle Potenzial der Technologie wird sich daher vermutlich erst mittel- bis langfristig nutzen lassen.

Dr. Ramona Langner