

NATRIUM-IONEN-BATTERIEN, DIE PREISWERTE ALTERNATIVE ZU LITHIUM-IONEN-BATTERIEN?

Lithium-Eisenphosphat (LFP) ist der Maßstab für kostengünstige Lösungen im Lithium-Ionen-Batteriemarkt. Natrium-Ionen-Batterien (sodium-ion batteries, SIB) wollen LFP diese Position streitig machen und sich als preislich attraktive Zellchemie etablieren. Die Vorteile von SIB sind die Nutzung von reichlich vorhandenem Natrium anstelle von Lithium, Sicherheit auch bei Tiefenentladung, gute Tieftemperatureigenschaften, Nutzung eines Aluminium- anstelle eines Kupferableiters sowie eine teilweise Nutzung bestehender LIB-Produktionsinfrastruktur. SIB sind prädestiniert für die Anwendung im Bereich stationäre Speicher, Starterbatterien oder Kurzstrecken-Mobilität. Damit gegenüber LFP ein Preisvorteil erzielt werden kann, müssen Wertschöpfungs- und Lieferketten für eine großskalige Produktion aufgebaut werden. Diese Analyse beleuchtet den Stand der Technik und wie SIB strategisch neben LFP positioniert werden können.



Stand der Technik und Herausforderungen

SIB beruhen auf dem gleichen Funktionsprinzip und haben daher einen vergleichbaren Aufbau wie Lithium-Ionen-Batterien (LIB). Wesentliche Unterschiede liegen in der Wahl der Materialien. Auf der Anodenseite hat sich **Hard Carbon** anstelle von **Graphit** als Aktivmaterial etabliert, da die größeren Natrium-Ionen nicht mit der Graphitstruktur kompatibel sind. Dafür kann auf der Anodenseite Aluminium anstelle von Kupfer als Stromableiter verwendet werden, wodurch Vorteile in Bezug auf Kosten und Gewicht erzielt werden.

Auf der Kathodenseite werden derzeit verschiedene Materialzusammensetzungen eingesetzt und erprobt. Es werden drei wesentliche Arten unterschieden:

- 1. Schichtoxide:** Hohe Energiedichte, aber begrenzte Zyklenstabilität und höhere Kosten durch den Einsatz von Nickel und Kobalt.
- 2. Preußisch-Blau-Analoga (PBA):** Günstige Herstellung und gute Verfügbarkeit der Rohstoffe, jedoch geringere Energiedichte.

3. Polyanionische Verbindungen:

Hervorragende Zyklenstabilität (über 10.000 Ladezyklen möglich), jedoch niedrigere Energiedichte und begrenzte Verfügbarkeit von Rohstoffen wie Vanadium.

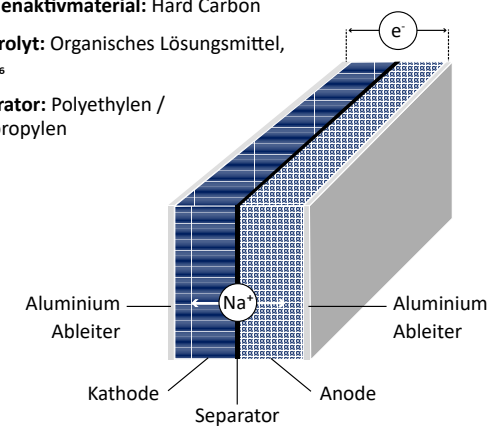
Die Wahl des Kathodenaktivmaterials (CAM) hat einen entscheidenden Einfluss auf die Energiedichte bzw. spezifische Energie. Dies zeigt eine [Studie](#), in der die Energiedichten (Wh/l, volumetrisch) und die spezifische Energie (Wh/kg, gravimetrisch) für kommerzielle CAMs mit einer Hard Carbon Anode modelliert wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Im Vergleich zur ebenfalls modellierten LFP-Alternative sind SIB insbesondere in Bezug auf die volumetrische Energiedichte unterlegen.

Die geringere Energiedichte im Vergleich zu LFP ist ein Grund, warum SIB den erwarteten Kostenvorteil u. a. durch das günstigere Natrium noch nicht voll ausspielen konnten. Dies zeigt eine [Studie](#), die die Kostenentwicklung von SIB unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren in den kommenden Jahren betrachtet. Sie prognostiziert, dass SIB ab den 2030er Jahren preislich mit LFP konkurrieren könnten, wenn die Energiedichte gesteigert und die

Abbildung 1: Schematischer Aufbau einer Natrium-Ionen-Batterie und eine Auswahl an eingesetzten Komponenten.

Auswahl an eingesetzten Komponenten

- Kathodenaktivmaterial:** Schichtoxide, Polyanionische Materialien, Preußisch Blau Analoge
- Anodenaktivmaterial:** Hard Carbon
- Elektrolyt:** Organisches Lösungsmittel, NaPF₆
- Separator:** Polyethylen / Polypropylen



Quelle: Eigene Darstellung.

Produktionskosten durch technologische Fortschritte und Skaleneffekte gesenkt werden.

Tabelle 1: Modellierter Energiedichten für unterschiedliche Kathodenaktivmaterialien in Kombination mit einer konventionellen „Hard Carbon“ Anode. Quelle: [Benchmarking state-of-the-art sodium-ion battery cells – modeling energy density and carbon footprint at the gigafactory-scale](#)

	Energiedichte [Wh/l]	Spezifische Energie [Wh/kg]
Schichtoxide	333–419	147–206
PBA	260–302	161–185
Polyanionische Verbindung	310–366	158–192
LFP	507	214

Aktuelle Forschungsschwerpunkte

Ein zentraler Forschungsschwerpunkt bei SIB liegt entsprechend auf der Erhöhung der Energiedichte. Weitere wichtige Ziele sind die Verbesserung der Zyklenfestigkeit, der kalendarischen Lebensdauer sowie der Lade- und Entladeleistung. Zudem wird an der Entwicklung von umweltfreundlicheren Materialien gearbeitet.

Die zentralen Stellschrauben zur Erhöhung der Energiedichte sind das Kathoden- und das Anodenaktivmaterial, da sie die Zellspannung definieren und maßgeblich für die Einlagerungsfähigkeit der Na⁺-Ionen sind. Zusätzlich sollten die Aktivmaterialien kostengünstig, zyklusstabil und langlebig sein.

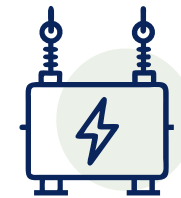
Hard Carbon stellt den Stand der Technik auf Anodenseite dar. Durch Optimierungen soll die realisierbare Zellspannung und die Einlagerungsfähigkeit von Na⁺-Ionen in Hard Carbon weiter erhöht werden. Daneben wird an alternativen Anodenaktivmaterialien geforscht. Anoden auf Zinnbasis könnten z. B. deutlich mehr Na⁺-Ionen aufnehmen, leiden aber unter einer schlechten Zyklenstabilität.

Bei den Kathodenaktivmaterialien zeigen die Schichtoxide, polyanionischen Verbindungen und PBAs ein komplementäres Verhalten.

Schichtoxide können die höchsten Energiedichten realisieren, da sie bezogen auf Gewicht und Volumen die meisten Na⁺-Ionen in ihre Gitterstruktur einlagern können. Allerdings sind die Kosten für Schichtoxide hoch, wenn Rohstoffe wie Nickel oder Kobalt verwendet werden. Überdies ist die Zyklenstabilität begrenzt, da wiederholtes Ein- und Auslagern von Na⁺-Ionen mechanische Spannungen und Instabilitäten verursacht. Die Forschung zielt daher insbesondere darauf ab, Nickel oder Kobalt durch kostengünstigere Metalle wie Eisen oder Mangan zu ersetzen und stabilere Strukturen zur Steigerung der Zyklenstabilität zu entwickeln.

Polyanionische Materialien zeichnen sich durch eine überlegene Zyklenstabilität aus, die mehr als 10.000 Ladezyklen erreichen kann. Sie bleiben in Bezug auf die realisierbare Energiedichte hinter Schichtoxiden zurück. Vanadiumhaltige polyanionische Materialien können eine relativ hohe Zellspannung (ca. 3,4 V vs. Na⁺/Na) und damit Energiedichte erreichen. Allerdings ist Vanadium begrenzt

verfügbar und vergleichsweise teuer, weshalb viele Entwicklungen in Richtung Fe- oder Mn-basierter polyanionischer Materialien zielen. Polyanionen zeigen Schwächen in der elektronischen Leitfähigkeit, die durch leitfähige Beschichtungen (z. B. Kohlenstoff) kompensiert werden müssen.



PBAs überzeugen durch ihre geringen Herstellungskosten und die Verwendung von günstigen Ausgangsstoffen. In ihre offene Gitterstruktur können Na⁺-Ionen gut eingelagert werden. Im Vergleich zu Schichtoxiden ist die realisierbare Energiedichte aber geringer.

PBAs liegen in Bezug auf die Zyklenstabilität zwischen Schichtoxiden und polyanionischen Materialien. Die Forschung konzentriert sich darauf, die volumetrische Energiedichte zu erhöhen und die Langzeitstabilität bei niedrigen Temperaturen zu verbessern.

Ein weiteres Forschungsfeld ist die Entwicklung von [Natrium-Festkörperbatterien](#) (Na-SSB). Anstelle eines flüssigen Elektrolyts wird ein fester Elektrolyt verwendet. Dadurch soll der Einsatz von metallischem Natrium auf der Anodenseite ermöglicht und die Energiedichte gesteigert werden. Forschungsschwerpunkte liegen in der Verbesserung der Ionenleitfähigkeit und der Reduzierung von Grenzflächenwiderständen.

Natrium-Ionen-Batterie Forschung in Deutschland

Einen Überblick zu laufenden Vorhaben der Projektförderung des Bundes im Bereich Natrium-Ionen-Batterien gibt der [Förderkatalog](#) der Bundesregierung. Insgesamt wurden

25 laufende Projekte zum Thema Natrium-Ionen-Batterie mit Hilfe des Förderkatalogs identifiziert¹. Zu den größten Gesamtvorhaben gehören ENTISE mit 12 Teilvorhaben und SIB:DE mit 16 Teilvorhaben.

Im Projekt [ENTISE](#) (Entwicklung der Natrium-Ionen-Technologie für industriell skalierbare Energiespeicher) sollen insbesondere Kathode, Anode, Elektrolyt und Prozesse optimiert werden. Ziel ist es die Materialien auf vorindustriellem Maßstab herzustellen und damit Rundzellen in Kleinserienmaßstab zu produzieren.

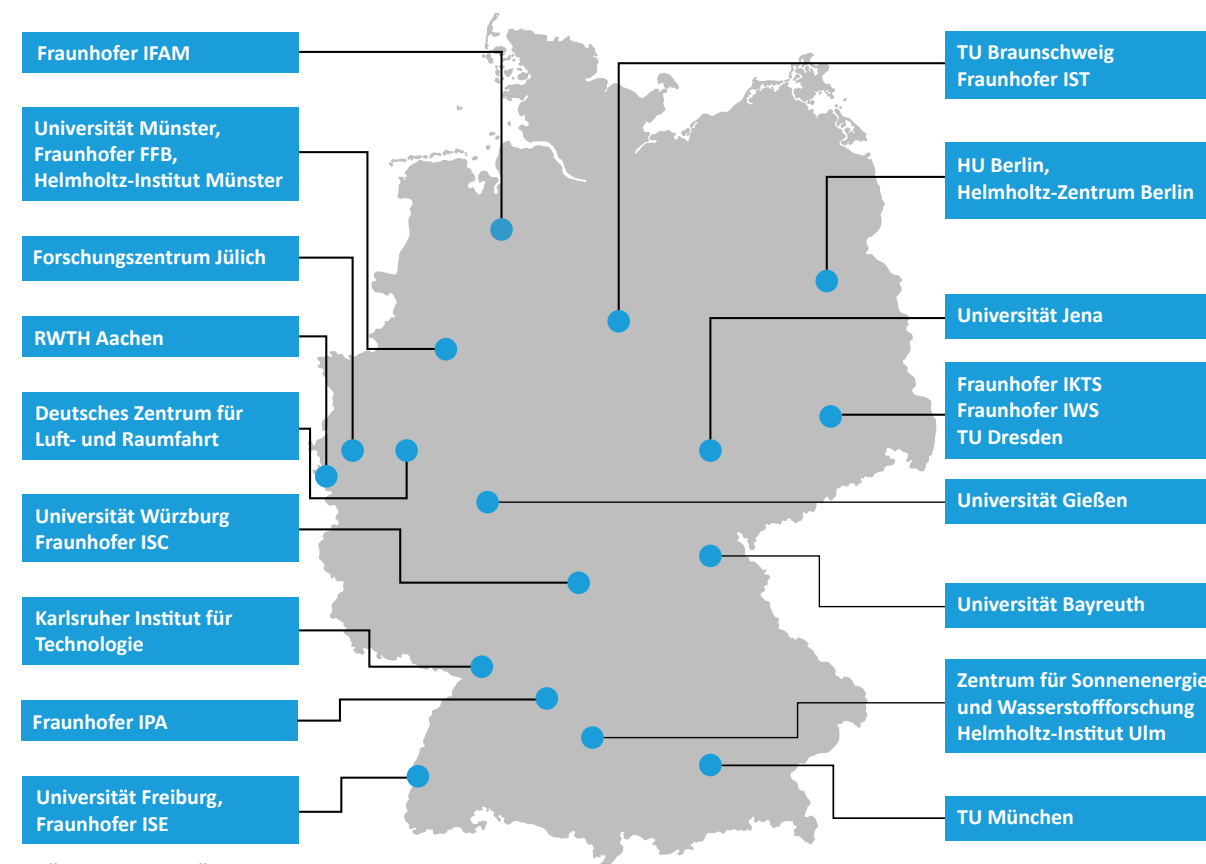
Das Projekt [SIB:DE](#) (Sodium-Ion Battery: Forschung Deutschland) prüft die Eignung von SIB als nachhaltige Alternative zur Lithium-Ionen-Technologie und bereitet die industrielle Umsetzung vor. Neben der Entwicklung geeigneter Aktivmaterialien wird geprüft, inwieweit die vorhandene Produktionsinfrastruktur aus der LIB-Fertigung genutzt werden kann.

Abbildung 2 und 3 zeigen die an den Projekten beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die Unternehmen decken unterschiedliche Wertschöpfungsstufen von der Komponentenfertigung bis zum Recycling ab.

Kommerzialisierung & Produktionskapazitäten

Laut [International Energy Agency \(IEA\)](#) lag die Produktionskapazität für SIB 2025 weltweit bei etwa 90 GWh/a und könnte bis 2030 auf etwa 590 GWh/a ausgebaut werden. Die gesamte SIB-Produktionskapazität war 2025 in China

Abbildung 2: Forschungseinrichtungen, die an laufenden Vorhaben der Projektförderung des Bundes zum Thema Natrium-Ionen-Batterie beteiligt sind.

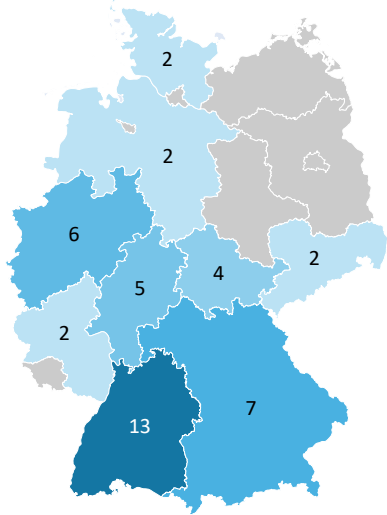


Quelle: Eigene Darstellung.

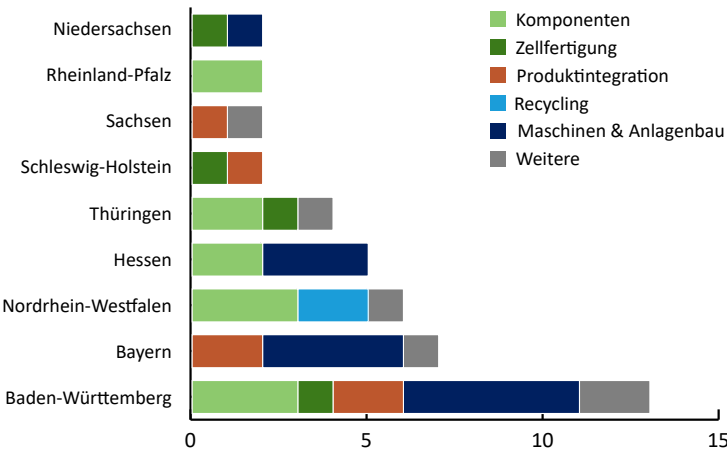
¹ Zur Analyse der deutschen Forschungslandschaft wurde der Förderkatalog der Bundesregierung systematisch ausgewertet. Es wurde nach laufenden Forschungsvorhaben zum Thema „Natrium“ gesucht (Stand: Juni 2026). Projekte, die nicht den Themen SIB oder Natrium-Festkörperbatterie zugeordnet werden konnten, wurden herausgefiltert. Neben der Projektförderung des Bundes gibt es weitere Möglichkeiten Projekte zu fördern.

Abbildung 3: Unternehmen, die an laufenden Vorhaben der Projektförderung des Bundes zum Thema Natrium-Ionen-Batterie beteiligt sind.

Anzahl beteiligter Unternehmen je Bundesland



Anzahl beteiligter Unternehmen differenziert nach Wertschöpfungsstufe



Komponenten	Zellfertigung	Produktintegration	Recycling	Maschinen & Anlagenbau	Weitere
BASF DAIKIN Chemical E-Lyte Evonik Fuchs Lubricants IBU-tec IoLiTec Lanxess Litona Mercer Rosenthal Rain Carbon Schunk	EAS Batteries PowerCo Univercell Varta Microbatteries	Alzner Battery EnBW Jungheinrich PASM SENEC Varta Storage	ACCUREC Cylib	acp Systems Carl Zeiss Coperion db-matic EDAG GROB Helmut Hechinger Horiba hs-tumbler Intego Intom Leica Microsystems Netzsch	Eaton Industries ekon Ingenieur- technik EurA MAP Battery Tests TWT Science & Tech. SCIRES

Quelle: Eigene Darstellung.

lokalisiert. Laut IEA ändert sich das bis 2030 nur geringfügig; lediglich 17 der rund 590 GWh/a Produktionskapazität sind außerhalb Chinas geplant.

China ist damit klarer Vorreiter in der Kommerzialisierung von SIB. Bereits Ende 2022 begann [HiNa Battery](#) mit dem Hochlauf der Produktion von SIB im GWh-Maßstab und stattet seit Anfang 2024 ein Elektrofahrzeug damit aus. [CATL](#) bringt unter der Marke [Naxtra](#) eine zweite Generation SIB, die ab Ende 2026 in großer Stückzahl produziert werden soll. Diese soll eine spezifische Energie von 175 Wh/kg haben.

In Europa ist die Kommerzialisierung bislang weniger fortgeschritten. Der Schwerpunkt liegt noch auf Forschung und Entwicklung sowie auf der Überführung von Laborergebnissen über Pilotproduktionen in eine skalierbare Serienfertigung. Die an den Forschungsprojekten beteiligten Unternehmen decken mehrere Bereiche der Wertschöpfungskette ab. Dies schafft günstige Voraussetzungen, um Erkenntnisse aus der Forschung zu industrialisieren und in Europa eine in wesentlichen Teilen eigenständige Wertschöpfungskette aufzubauen.



Herausgeber VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Steinplatz 1 10623 Berlin	Gestaltung Anne-Sophie Piehl Stand September 2026
Autor:innen Sebastian Will, Dominik Droese	Bildnachweise presentationload.de/360 Line Icons -Business; davooda/Adobe- Stock; blinkblink/AdobeStock
Redaktion Vanessa Kern, Aiko Bünting	