



# Batteriespeicher

Zukünftige Batterietechnologien und  
ihre Anwendungen

# Geschäftschancen mit Batterien

Die Relevanz von Batteriespeichersystemen hat in den letzten Jahren weltweit sichtbar zugenommen. Getrieben durch die Elektromobilität, den beschleunigten Ausbau von erneuerbaren Energien, der Marktliberalisierung sowie deren technologischen Entwicklung werden Batteriespeichersysteme heute in einer Vielzahl von Bereichen eingesetzt

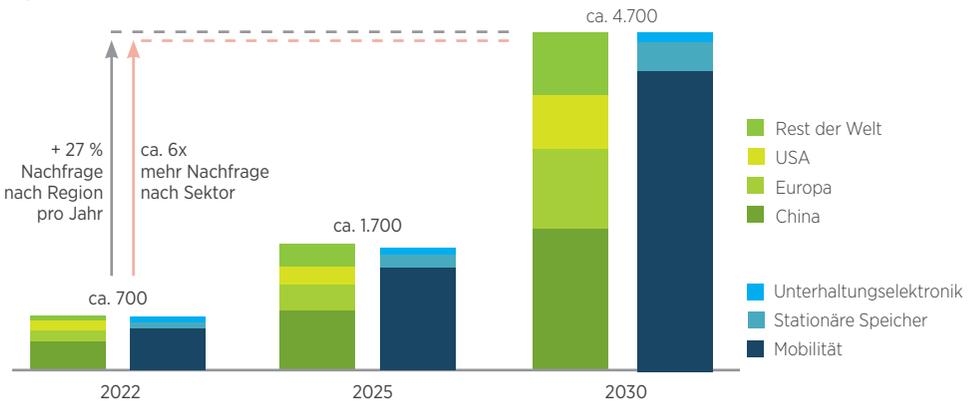
und stellen eine Schlüsseltechnologie für die Energiewende dar.

Das vorliegende Radar soll eine aktualisierte Übersicht über relevante Batterietechnologien, Anwendungen und Entwicklungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und des Lebenszyklus geben. Der Fokus liegt dabei vollständig auf elektrochemischen

Speichersystemen (Batteriespeichersysteme) und insbesondere auf jenen mit dem höchsten erwarteten Zukunftspotenzial. Mechanische (Pumpspeicher, Schwungräder etc.), chemische (Wasserstoff, Ammoniak) und thermische Energiespeicher werden in diesem Radar nicht betrachtet.

## Anwendungen und Markt

Batterien werden in der Elektromobilität, Elektronikanwendungen (Smartphones, Notebooks etc.) und stationären Anwendungen eingesetzt. Die Grafik zeigt die Entwicklung der vergangenen Jahre. Daraus ist ersichtlich, dass die Elektromobilität mengenmäßig mit etwa 90 % den größten Anteil an den genutzten Batteriespeicherkapazitäten aufnimmt. Stationäre Anwendungen hingegen haben nur 10% der Gesamtkapazität. Dies stellt in weiterer Folge einen wesentlichen Faktor in der Entwicklung von Batteriespeichersystemen dar. Eine Analyse des McKinsey Battery Insights-Teams für das Jahr 2022 zeigt, ein mögliches Wachstum der gesamten Lithium-Ionen-Batterieketten (vom Abbau bis zum Recycling) um mehr als 30 Prozent auf einen Wert von mehr als 400 Milliarden US-Dollar und eine Marktgröße von 4,7 TWh.



Globale Lithium-Batteriezellen-Nachfrage (in GWh) nach Region (grün) und nach Sektor (blau)

damit die Entwicklung und Produktion effizienter und kostengünstiger werden. Herausforderungen liegen in der noch limitierten Verfügbarkeit von Produktionstechnologien für „Gigafactories“, hohe EU-Umweltanforderungen und Lieferketten für Rohstoffe.

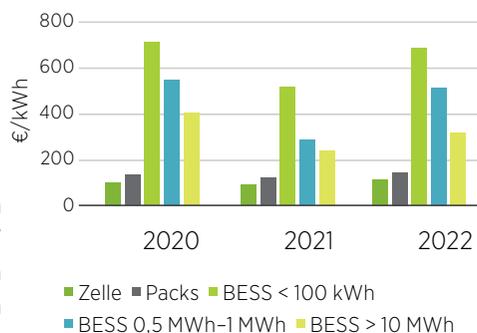
(LFP) Zellen vor 2020 wesentlich teurer als Nickel-Mangan-Cobalt (NMC) Zellen angeboten wurden, drehte sich dieses Bild und im Jahr 2022 waren LFP-Zellen bereits 22% günstiger.

Die weltweit angekündigten Produktionskapazitäten könnten den zukünftigen Bedarf sogar übersteigen, wobei anzunehmen ist, dass nicht alle Projekte realisiert oder zum geplanten Zeitpunkt mit voller Produktionskapazität in Betrieb genommen werden.

Die durchschnittlichen Gesamtkosten von stationären Speichersystemen (BESS) sind wegen höherer Rohstoffpreise für Lithium und Kupfer im Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr wieder angestiegen. Je nach Aufstellort, Netzanschlusspunkt, Art der angebotenen Services können die tatsächlichen Projektkosten stärker abweichen.



Quelle: <https://www.mckinsey.com/de/news/presse/2023-01-16-batterien>



Preisentwicklung von Batteriezellen und Packs und aktuellen Preisen von Batteriespeichersystemen

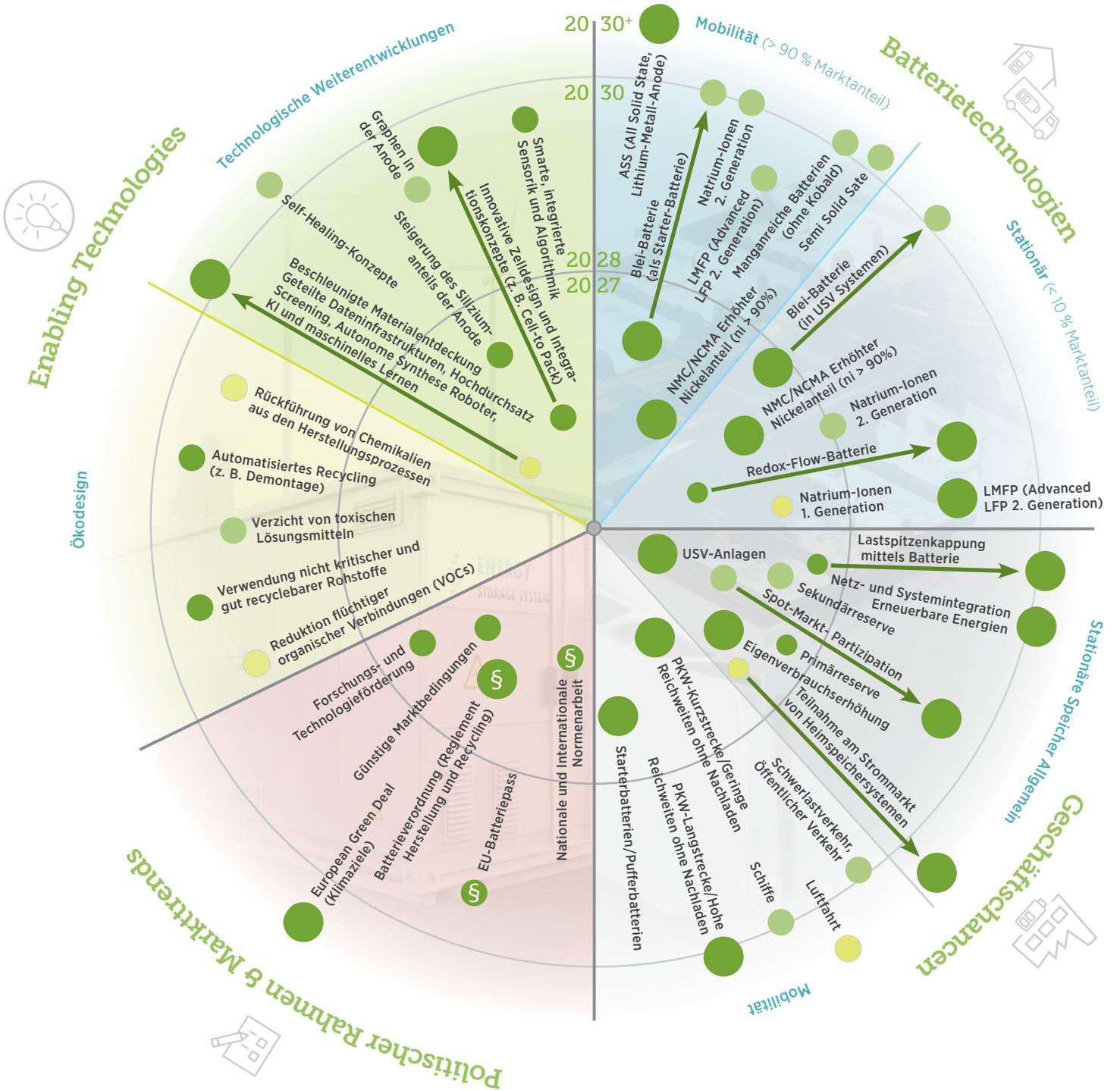
Die Batteriezellenfertigung wird derzeit von asiatischen Konzernen dominiert. Im Jahr 2017 rief die Europäische Kommission die European Battery Alliance ins Leben, mit dem Ziel, einen wesentlichen Teil der Batterie-Lieferkette in Europa anzusiedeln, damit die Automobilindustrie und OEMs unabhängiger von der Fertigung im Ausland sind. Seitdem wurden zahlreiche Projekte initiiert, um den Aufbau einer wettbewerbsfähigen und autarken Batterieindustrie zu ermöglichen. Europäische Unternehmen wollen sich durch Digitalisierung einen Wettbewerbsvorteil schaffen,

Die Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batteriezellen und Packs wird in der obestehenden Grafik dargestellt. In etwa die Hälfte der Kosten von Batteriezellen entfallen auf das Kathodenmaterial, der Rest auf die Herstellung, Anodenmaterial wie Graphit, Elektrolyt, Separator und die Einhausung. Während Lithium-Eisenphosphat

Bis 2030 sind keine großen Skaleneffekte bei konventionellen Lithium-Ionen-Batterien zu erwarten. Annahmen gehen davon aus, dass bis 2026 die Preise für Batteriepacks unter 100 \$/kW fallen werden und bis 2030 weiters um 15-20% sinken können. Daneben versprechen für bestimmte Anwendungen, neue Natrium-Ionen-Technologien Kostenreduktionen durch günstigere Rohstoffe.

# Radargrafik

Die Radargrafik veranschaulicht die wesentlichen Batterietechnologien, Enabler, Anwendungen und Märkte. Dadurch erhalten Sie einen klaren Überblick über die Entwicklung der Batterietechnologien bis 2030 sowie der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Potenzials der verschiedenen Technologien. Die Batterietechnologien und ihre Anwendungen sind in die Bereiche Mobilität und Stationäre Speicher unterteilt.



Eintrittswahrscheinlichkeit



Potenzial für Unternehmen



§ Rechtliche Rahmenbedingungen

# Anwendungen für netzgekoppelte, stationäre Speichersysteme

Während der Einsatz von Batterien im Bereich der mobilen Anwendungen und Elektromobilität sehr einheitlich ist, ist der Einsatz im stationären Bereich von einer großen Vielfalt geprägt. So werden Batteriespeichersysteme heute global bereits entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Erzeugung, über die Netze bis zur Bedarfsseite mit unterschiedlichen Zielen eingesetzt.



Reduktion der Erzeugungskosten	*	*			
Wertsteigerung der Erzeugung	*	*		*	*
Reduktion von Bezugskosten				*	*
Versorgungszuverlässigkeit			*	*	*
Sicherung der Erzeugungskapazität			*		
Sicherung der Spannungsqualität			*	*	*
Vermeidung von Netzüberlastung			*	*	
Reduktion von Netzverlusten			*	*	

*Schematische Darstellung der Anwendungsbereiche und Ziele von Batteriespeichersystemen im stationären Bereich*

**Steuerbare Erzeugung:** Die Kombination mit steuerbaren Kraftwerken stellt in einigen Bereichen eine relevante Option dar. So ist das größte Batteriespeichersystem Österreichs in einem Laufkraftwerk an der Donau verbaut, um als Hybridkraftwerk umfassende Systemdienstleistungen bereitzustellen.

**Volatile Stromerzeugung:** Eine Diversifizierung der Vermarktung und Flexibilität von Photovoltaik- und Windkraftanlagen wird durch eine Anbindung von Batteriespeichersystemen ermöglicht.

**Übertragungsnetz:** Batteriespeichersysteme werden heute hauptsächlich als Primärregelung eingesetzt. Der Markt für Primärregelleistung ist aber zunehmend gesättigt, dadurch wird die Bereitstellung von Sekundärregelleistung interessanter. Ertragsaussichten für netzgebundene Großspeicher am Arbitrage-Geschäft werden zunehmend attraktiver.

**Verteilnetz:** Anwendungen im Verteilnetz sind heute nicht besonders verbreitet. Test- und Demoanlagen wurden in Österreich bereits errichtet. Jedoch finden

sich kaum Anlagen, die darüber hinausgehen und im tatsächlichen Netzbetrieb eingesetzt werden.

**Gewerbe und Industrie:** Bei Gewerbe- und Industriespeichern bieten die Erhöhung des Autarkiegrades sowie Kapung von Lastspitzen durch die gestiegenen Strompreise gute Einsparmöglichkeiten. Nachgefragt wird auch die Pufferung von Elektrofahrzeugladestationen und Notstromkonzepte. Der Markt für Gewerbe und Industriespeicher ist noch überschaubar, zeigt aber starkes Wachstumspotenzial.

**Haushalte:** Die Kombination mit Photovoltaik stellt heute zahlenmäßig die meisten stationären Batteriespeichersysteme weltweit dar. Insbesondere Deutschland, Italien, Österreich und Australien sind interessante Märkte.

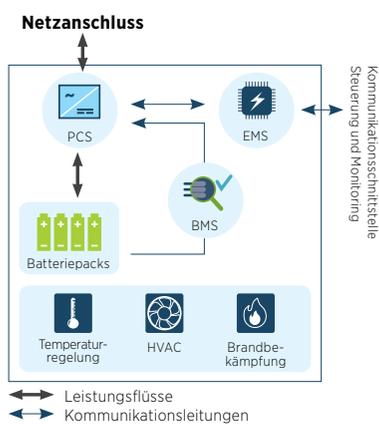
Neben den dargestellten Anwendungen sind derzeit weitere Trends zu beobachten, die eine neue Form des Einsatzes von Batteriespeichersystemen andeuten. Dies umfasst unter anderem:

**Bidirektionales Laden:** Dabei kann die in einem Elektrofahrzeug gespeicherte Energie auch anderweitig genutzt werden. So bezeichnet Vehicle-to-Grid (V2G) die Anbindung eines Elektrofahrzeugs an das öffentliche Stromnetz oder Vehicle-to-Home (V2H) die Versorgung eines Haushalts ohne weitgehende Einspeisung in das öffentliche Stromnetz. Pilotprojekte zur Autarkiegradsteigerung bei Haushalten und zur Vermarktung an der Strombörse sind am Laufen. Es besteht großes Potential. Allerdings müssen noch regulatorische Hürden abgebaut werden.

**Mietkonzepte und mobile Stromspeicher:** Mittlerweile bieten verschiedene Dienstleister die Vermietung von mobilen Speichern und auch PV-Anlagen an. Die Batteriesysteme werden für mobile Einsätze konzipiert und können dann zum jeweiligen Einsatzort transportiert werden (z. B. Baustellen, Filmsets, Events). Vorteil ist, verglichen zu Dieselgeneratoren, die geringere Geräuschkulisse. Bei Elektrofahrzeugen gibt es Konzepte von Tauschstationen für Wechsel-Akkus, welche für gemietete Akkus Anwendung finden könnten.

## Aufbau und Kennzahlen netzgekoppelter, stationärer Speichersysteme

Stationäre Speichersysteme bestehen aus mehreren Komponenten:



**Batteriesystem:** Batteriezellen werden in Batteriemodulen eingebaut und verschaltet. Einzelne Module werden zu Racks oder Packs zusammengefasst, welche in Elektrofahrzeugen und stationären Speichereinheiten verbaut werden.

**Batteriemanagementsystem (BMS):** Es ist für die Einhaltung der Spannungs-, Strom- und Temperaturgrenzen vor allem bei Lithium-Ionen-Batteriezellen verantwortlich und muss ein Überschreiten dieser Grenzen verhindern, um zu jedem Zeitpunkt die Systemsicherheit zu garantieren und Brand- und Explosionsgefahr oder Zerstörung der Zellen zu vermeiden. Es ist auch für die Bestimmung des Ladezustandes und Alterungszustandes zuständig.

**Leistungsumwandlungssystem (PCS):** Das Leistungsumwandlungssystem ist notwendig, um den Gleichstrom der Batterie in Wechselstrom des öffentlichen Netzes umzuwandeln und vice versa, sowie die unterschiedlichen Spannungsniveaus der Komponenten anzupassen. Dazu werden Wechselrichter, Spannungswandler und Transformatoren verwendet. Es hat einen wesentlichen Einfluss auf die Effizienz des Gesamtsystems.

**Hilfs- und Sicherheitssysteme:** Darunter fallen Systeme, welche für die Heizung, Lüftung und Klimatisierung (HVAC) sowie Schutz, Überwachung und Alarmierung z. B. Feueralarm, Löschsysteme, Not-Aus-Systeme erforderlich sind.

**Energiemanagementsystem (EMS) und Kommunikationsschnittstellen:** Ein EMS steuert die Leistungsflüsse auf Basis von Informationen aus Energiemessgeräten oder anderer Sensorik. Das System kann auch Kommunikationsschnittstellen zur direkten Vorgabe eines Betreibers und zu Monitoringzwecken besitzen. In der Regel werden Monitoringdaten auch über eine Internetverbindung und cloud-basierten Lösungen zur Verfügung gestellt. Das Thema IT-Security im Energiebereich spielt deshalb auch zunehmend eine wichtigere Rolle.

## Technische Kennzahlen

Bei der Anschaffung eines Speichersystems finden sich in Datenblättern verschiedene Kennzahlen, welche nicht immer klar verständlich sind. Diese sollen anhand einer Beispielangabe erläutert werden:

*Bruttoenergieinhalt 35 kWh, Nettoenergieinhalt 33,25 kWh bei DoD 95 % • Max. P/E Verhältnis bzw. C-Rate: 1C • Erwartete Zyklen @ 95 % DoD | 70 % SoH | 23 °C +/- 5 °C 1C Laden / 1C Entladen: 6000 • Erwartete Zyklen @ 95 % DoD | 70 % SoH | 23 °C +/- 5 °C 0,5C Laden / 0,5C Entladen: 8000 • Betriebstemperatur: 0 °C bis 50 °C (Derating bei tiefen Temperaturen) • Wirkungsgrad Batteriesystem bis zu 98 %*

**Depth of Discharge (DoD):** Diese Kennzahl gibt die maximale Entladetiefe an. Häufig sieht der Hersteller eine Restkapazität vor, um Tiefentladung bei längerem Stillstand zu vermeiden oder die Zyklenlebensdauer der Batterie, je nach Anwendung, zu erhöhen. Bei einem DoD von 95% können bei einem 35kWh Speicher 5 % (1,75 kWh) nicht genutzt werden.

**Batterie-Leistung/-Energie (P/E) Verhältnis oder C-Rate:** Es gibt das Verhältnis der Leistung (kW) zum Energieinhalt (kWh) an und entspricht in etwa der C-Rate als Verhältnis maximaler Strom (A) zu Kapazität in Ampere-

stunden (Ah). Eine C-Rate von 1C bedeutet, dass eine 35 kWh Batterie mit 35 kW innerhalb 1h entladen werden kann. Somit entspräche 0,5C einer 2h-Entladung mit 17,5 kW und 2C einer 0,5h-Entladung mit 70 kW. Bei Anwendungen mit hohen C-Raten über 2 werden häufig leistungsstärkere Zellen verbaut und die Anforderungen an das Kühlsystem sind höher. Die Zyklenlebensdauer sinkt beim Betrieb mit hohen C-Raten.

**Temperaturbereich:** Damit Batterien mit maximaler Leistung entladen und geladen werden, können müssen diese in einem gewissen Temperaturbereich betrieben werden. Bei kälteren Temperaturen kann i.d.R. weniger Energie entnommen werden und die Ladefähigkeit wird eingeschränkt.

**Die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad** beschreibt die Verluste des Batteriesystems oder Gesamtsystems inkl. Verluste des Wechselrichters und der Hilfssysteme. Der Roundtrip-Wirkungsgrad gibt den Wirkungsgrad für einen vollständigen Lade-Entladezyklus an. Die Effizienz von Heimspeichersystemen wird für den Wechselrichter, die Batterie und Regelgeschwindigkeit nach einem Effizienzleitfaden im Labor (z. B. am AIT in Wien)

vermessen und Ergebnisse sind für viele Produkte in der jährlichen Stromspeicherinspektion der HTW-Berlin veröffentlicht.

**State of Health (SoH):** Die nutzbare Kapazität der Batterie nimmt durch Alterung ab. Wie viel Prozent der Anfangskapazität noch zur Verfügung stehen wird über den State of Health beschrieben.

**Kalendarische Lebensdauer:** Eine Batterie altert, auch wenn sie nicht betrieben wird. Dies hängt von der Lagertemperatur und dem Ladezustand bei der Lagerung ab.

**Zyklenlebensdauer:** Sie gibt die Anzahl an Vollzyklen an, bis das Batteriesystem eine vom Hersteller definierte Schwelle des State-of-Health unterschreitet und z. B. nur mehr 70% der Anfangskapazität liefern kann. Dann ist das End-of-Life für die primäre Anwendung erreicht.

Die Anzahl der erreichbaren Zyklen hängt vom DoD und der C-Rate der Anwendung ab. Bei einem Vergleich in Datenblättern zwischen verschiedenen Herstellern oder Typen muss dies berücksichtigt werden.

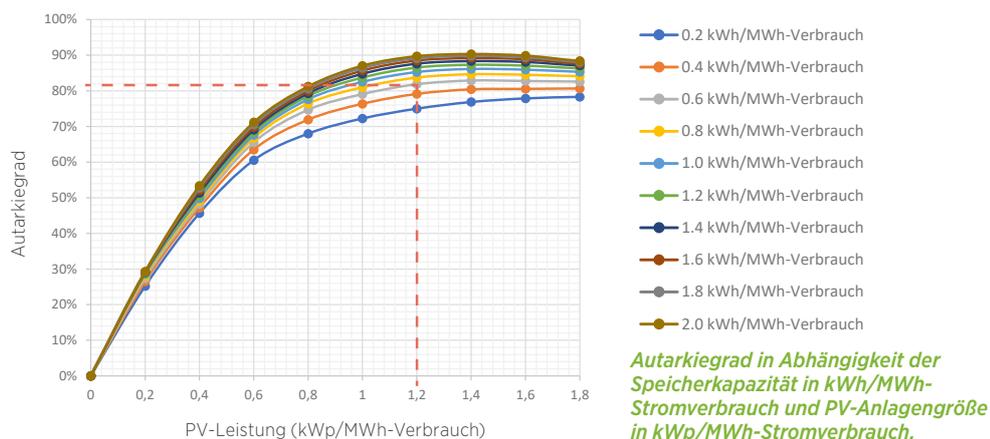
## Dimensionierung von Gewerbespeicher

Die richtige Dimensionierung der Speicherkapazität ist essenziell für die optimale Nutzung des Speichers und muss auf die PV-Anlagengröße und den Stromverbrauch abgestimmt werden. Der Autarkiegrad ist das Maß, wie gut die Strombezugskosten mittels PV und Speicher gesenkt werden können. Er gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, welcher durch Eigenproduktion gedeckt werden kann. So würden bei einem jährlichen Stromverbrauch von 10 MWh und einem Autarkiegrad von 60 %, 6 MWh durch Eigenproduktion gedeckt sein und die restlichen 4 MWh müssen aus dem Netz zugekauft werden. Der Autarkiegrad hängt von der PV-Anlagenleistung und Ausrichtung, der Speicherkapazität, dem jährlichen Stromverbrauch und Verbrauchsprofil (z. B. Haushalt, Bürogebäude, Landwirtschaft etc.) ab.

In der Abbildung rechts wird der erreichbare Autarkiegrad für Gewerbebetriebe mit Verbrauchsprofil 8–18 Uhr z. B. Büros, Arztpraxen, Werkstätten, Verwaltungseinrichtungen und einer PV-Anlage mit Süd-Ausrichtung mit Einstrahlungsdaten für den Raum Graz für verschiedene Anlagenkonfigurationen dargestellt. Das Lesen der Darstellung soll Anhand eines Beispiels erläutert werden. Bei diesem wird ein Gebäude angenommen, dessen

jährlicher Stromverbrauch 100 MWh aufweist und eine PV-Anlagengröße von 120 kWp und ein Batteriespeicher mit 60 kWh Speicherkapazität installiert werden soll. Für die PV-Anlage ergibt sich ein Verhältnis von 1,2 kWp/MWh jährlichem Stromverbrauch und einer Speicherkapazität von 0,6 kWh/MWh jährlichem Stromverbrauch. Der Schnittpunkt in der Grafik gibt den Richtwert für den erreichbaren Autarkiegrad von ca. 84% für diese Anlagenkonfiguration an. Bei dem verwendeten Verbrauchsprofil, mit überwiegendem Verbrauch tagsüber, hat die Erhöhung der PV-Anlagengröße einen größeren Hebel, als die Erhöhung der Speicherkapazität. Der Zuwachs am Autarkiegrad durch Steigerung der Speicherkapazität ist für diesen Anwen-

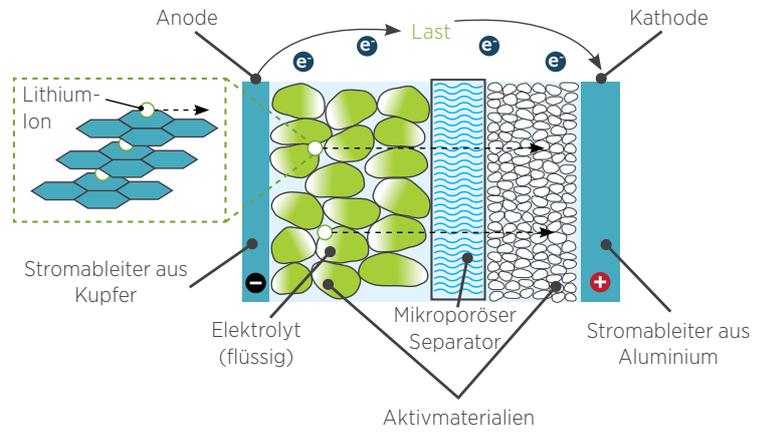
dungsfall über 0,5 kWh/MWh nur mehr gering. Ob eine Steigerung die Mehrkosten trotzdem rechtfertigt, muss im Einzelfall über eine Wirtschaftlichkeitsrechnung i. d. R. Barwertmethode ermittelt werden. Diese berücksichtigt über den Autarkiegrad die Einsparung der Elektrizitätskosten pro Jahr, die Investitions- und Wartungskosten, PV-Einspeisevergütungen und je nach Anlagengröße eventuelle Eigenverbrauchssteuern. Bei Anlagen in denen der Verbrauch auch in den Abendstunden stattfindet oder z. B. Wärmepumpen verwendet werden, kann aber eine größere Speicherkapazität durchaus Sinn machen. Diese sollte auf jeden Fall den Verbrauch in den Stunden ohne Erzeugung decken können.



# Batterietechnologien

Batterien besitzen eine positive Elektrode (Kathode) und negative Elektrode (Anode) als Ladungsträgerreservoir. Beim Laden und Entladen der Batterie wandern Ionen durch den Elektrolyten und einen ionendurchlässigen Separator von einem zum andern Pol, während die Elektronen den Weg über den Kollektor nehmen müssen.

Elektrochemische Speichersysteme können auch einen alternativen Aufbau, wie bei Redox-Flow-Batterien haben. Bei dieser werden zwei flüssige Elektrolyten mit unterschiedlichem elektrischem Potenzial in unabhängigen Kreisläufen geführt und gespeichert. Beim Laden und Entladen werden die Elektrolyten durch eine Membran gepumpt, welche einen Ionen-Austausch erlaubt.



Aufbau einer Lithium-Ionen-Zelle

## Kommerziell verfügbare Technologien

Nachfolgend werden kommerziell verfügbare Batterietechnologien mit einer hohen Sichtbarkeit beschrieben und miteinander verglichen.

Bezeichnung		Blei	Redox-Flow	Lithium-Ionen
Energiedichte	Wh/kg	●	●	●
Leistungsdichte	W/kg	●	●	●
Spezifische Kosten	€/kWh	●	●	●
Sicherheit		●	●	●
Temperaturbereich	°C	●	●	●
Effizienz	%	●	●	●
Zykluslebensdauer	Zyklen	●	●	●

	LFP	NMC	NCA	LCO	
	Lithium-Eisen-phosphat	Lithium-Nickel/Mangan-Cobalt-Oxid	Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxid	Lithium Cobalt Oxide	Anode
	Grafit	Grafit	Grafit	Grafit	Kathode
	●	●	●	●	
	●	●	●	●	
	●	●	●	●	
	●	●	●	●	
	●	●	●	●	
	●	●	●	●	

Vergleich der Eigenschaften von bereits etablierten und bis 2025 angekündigten Batterietechnologien, Status Jahr 2023

**Blei-Batterien** sind seit Jahrzehnten eine bewährte Technologie und werden in unterbrechungsfreien Stromversorgungen sowie Starterbatterien für Fahrzeuge eingesetzt. Es wird erwartet, dass sie sich für diese Anwendungen auch noch in Zukunft den Markt mit Lithium-Ionen Batterien teilen werden aber auch Konkurrenz von Natrium-Ionen-Batterien der neuesten Generation bekommen können.

**Lithium-Ionen-Systeme** werden für alle Art von Anwendungen in Elektrofahrzeugen und in stationären Speichern verwendet. Im Vergleich zu Blei Batterien ist die gravimetrische Energiedichte bis zu vierfach höher, die Zyklenlebensdauer gut und die Effizienz von bis zu 98% eine Klasse für sich. Nachteilig wirkt sich aus, dass wenn sie außerhalb ihres Spannungs- und Temperaturfenster betrieben werden, zu brennen beginnen können und deshalb von einem Batteriemanagementsystem überwacht werden müssen.

Für die Elektromobilität werden für Fahrzeuge mit hohen Reichweiten großteils NCM-Zellen und für stationäre Speicher LFP und NCM verwendet. Lithium-Polymer-Akkus mit LCO-Kathode finden vor allem im Consumer Bereich wie in Mobiltelefonen, Notebooks und Modellbau Anwendung.

**Redox-Flow Batterien:** Der Energieinhalt ist von der Anzahl und Größe der Tanks abhängig und kann einfach skaliert werden. Solche Systeme gelten als sicher und nicht brennbar, als Elektrolyt wird großteils Vanadium eingesetzt, wobei zukünftig vermehrt organische Verbindungen mit hoher Rohstoffverfügbarkeit verwendet werden sollen. Sie könnten zukünftig eine größere Rolle für Anwendungen, in denen ein sehr hoher Energieinhalt gefordert wird und der Platzbedarf nachrangig ist, spielen. Vor allem in China scheinen vermehrt Vanadium-Redox-Flow-Systeme ans Netz zu gehen, aber auch in Europa ist noch Wachstum zu erwarten.

## Zukünftige Technologien

Unzählige Technologien und Materialzusammensetzungen für Batterien werden erforscht und entwickelt, um die wesentlichen Charakteristika wie Kosten, Nachhaltigkeit, Energiedichte, Sicherheit, Schnellladefähigkeit und Lebensdauer zu verbessern. Regelmäßige Berichte in Medien beschreiben diese als Game-Changer. Allerdings schaffen davon viele Entwicklungen den Sprung vom Labor in die Serienfertigung bzw. zu einem marktreifen Produkt nicht.

### Allgemeine Trends bei Lithium-Ionen-Batterien

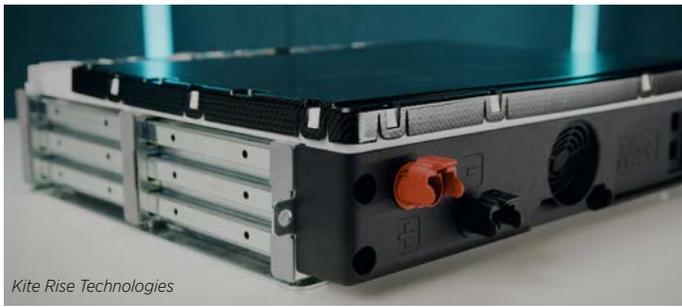
Für die Anode wird eine Erhöhung des Siliziumanteils und Verringerung des Kohlenstoffanteils angestrebt, was mit Erhöhung der Energiedichte einherginge. Allerdings gibt es noch Heraus-

forderungen in der Stabilität zu überwinden. Zukünftige NMC-Zellen sollen jedenfalls mit einem geringeren Kobalt- und höherem Nickel-Anteil auskommen.

### Nächste Generation von Natrium-Ionen-Batterien

In den kommenden Jahren wird eine neue Generation von Natrium-Ionen-Batterien erwartet. Als Kathodenmaterial wird z. B. der Eisenkomplex „Preußisch-Blau oder Weiß“ verwendet, welcher kostengünstig und in großen Mengen zur Verfügung stehen soll. Bei der Anode wird Hartkohlenstoff verwendet. Die Technologie soll schnelles Aufladen z. B. auch bei niedrigen Temperaturen ermöglichen und eine hohe Zyklen-Festigkeit aufweisen. Die Energiedichte wird allerdings geringer als bei Lithium-Ionen Systemen ausfallen.

**Beispiel aus dem Valley: Kite Rise Technologies stationäre Energiespeicher auf Natrium-Ionen-Basis.**



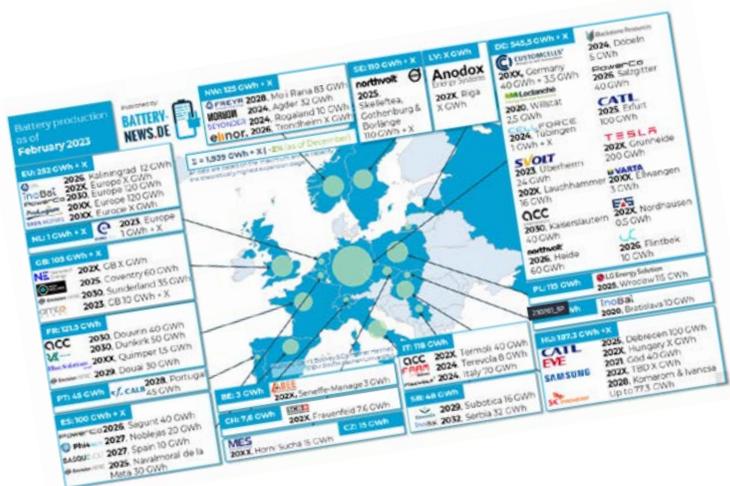
Diese Speicher bieten eine hohe Lade- und Entladeleistung von 4 °C bis 10 °C, was den Betrieb leistungsstarker Anwendungen ermöglicht. Im Vergleich zu Lithium-Ionen-Speichern sind sie frei von Brand- und Explosionsgefahr und enthalten keine schädlichen Materialien wie Kobalt und Nickel. 2025 geht das Produkt in Serie und wird aufgrund des hohen Temperaturbereiches von -20 °C bis +55 °C zahlreiche Einsatzmöglichkeiten bieten.

**Festkörperbatterien**

Der Bedarf an Hochenergiebatterien in der Automobilbranche setzt auf die Entwicklung von Festkörperbatterien, welche keinen flüssigen Elektrolyten besitzen und Verbesserungen bei zu erreichenden Energie- und Leistungsdichten versprechen. Die Lebensdauer soll etwas höher ausfallen als bei konventionellen Lithium-Ionen

**Wertschöpfungskette**

Um bei der Kennzeichnung von Batterien in ihrem Lebenszyklus größtmögliche Transparenz zu liefern, wird ein Europäischer Batteriepass entwickelt, welcher eine vollständige und transparente Dokumentation des gesamten Lebenszyklus garantiert. Dazu sollen sämtliche Daten entlang der Wertschöpfungskette, wie Arbeitsbedingungen der Rohstoffgewinnung, der Treibhausgas-Fußabdruck, die Recyclingfähigkeit, Reparaturen und der Batteriezustand selbst gesammelt werden.



Eine Übersicht über Akteure in Europa, für einzelne Stufen in der Wertschöpfungskette, können im Batterie-Atlas nachgeschlagen werden: <https://battery-news.de/index.php/battery-atlas/>

Systemen und die Brandgefahr durch einen nicht entflammaren Elektrolyten immens reduziert werden.

Zum aktuellen Entwicklungsstand werden noch verschiedene Materialien und Konzepte in Erwägung gezogen. Es wird zwischen „All solid state“ mit festen Elektrolyten aus Glas, Keramik, etc. und „Hybrid solid-state“ mit einem halbfesten Elektrolyten unterschieden.

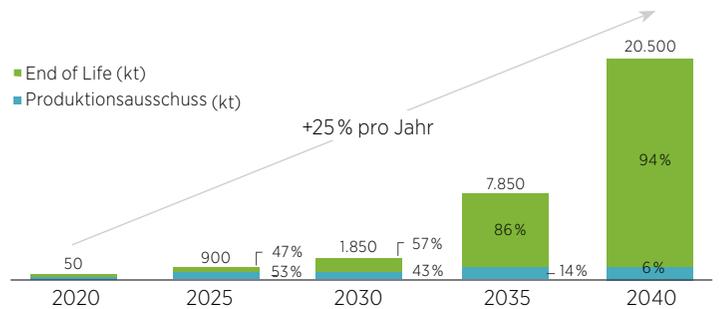
Mit ersten Pilotanlagen ist ab 2025 zu rechnen mit leistbaren Produkten in mindestens 5 Jahren. Technische Herausforderungen sind die chemische Kompatibilität zwischen den einzelnen Komponenten und Volumens Änderungen der Komponenten beim Entladen und Laden.

**Überblick über weitere potenzielle Technologien**

- Im österreichischen Forschungsprojekt MAGNIFICO wird an Magnesium-Ionen-Batterien geforscht, da Magnesium hohe Energiedichten und sehr gute Rohstoffverfügbarkeit aufweist.
- Lithium-Schwefel Batterien, könnten hohen Energiedichten erreichen, Prototypen weisen bis dato aber geringen Zyklenlebensdauern auf.
- Bei wiederaufladbaren Metall-Luft Akkus wie Eisen-Luft und Zink-Luft soll bei einer Elektrode Sauerstoff als Reaktionspartner verwendet werden. Lithium-Luft-Zellen versprechen sehr hohe Energiedichten, stehen aber noch vor größeren Herausforderungen.
- Zukünftige Batterien könnten beim Anodenmaterial Graphen oder Graphen-Additive verwenden, um die Energiedichte, Schnellladefähigkeit und Sicherheit zu erhöhen.

**Sammlung und Recycling**

Der zukünftige Bedarf an Energiespeichern wird mit hohen Ressourcenverbrauch und der Notwendigkeit der Wiederverwertbarkeit in einer Kreislaufwirtschaft einhergehen.



**Abbildung: Steigende Zunahme des verfügbaren EV-Batterieangebots für das Recycling weltweit.** Quelle: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-recycling-takes-the-drivers-seat>

Während zurzeit das Recycling von Altbatterien aus Verbraucher-Elektronik und Ausschüssen aus der Batterieproduktion den Großteil stellt, werden mit dem Lebensende einer größeren Anzahl an Elektrofahrzeugen ab 2035 die Anzahl an Altbatterien massiv zunehmen. Wesentlich für die Umsetzung von Recycling ist ein europäischer Regulierungsrahmen. Dieser wird in Form der Batterie-Verordnung in Kraft treten, welcher eine Verpflichtung zum Recycling, Mindestrecyclingquoten und Mindestwerte für den Einsatz von Rezyklaten bei neuen Batterien vorsieht.

Die Kapazitäten für die Sammlung und den Transport müssen in Zukunft deutlich ausgebaut werden. Es ergeben sich hier Chancen für die verschiedenen Akteure in der gesamten Verwertungskette. Es gilt zu berücksichtigen, dass sich die Rohstoffzusammensetzungen von Batterien ändern werden z. B. der Kobaltbedarf sinken wird.

# Zusammenfassung

Die Entwicklung von Batteriespeichern hat in den letzten Jahren an Fahrt aufgenommen. Getrieben durch die Elektromobilität, welche bis 2030 über 90 % des Batteriebedarfs ausmachen soll, wird sich diese Entwicklung weiter beschleunigen.

Aber auch im stationären Bereich hat sich in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum vor allem von Photovoltaik-Heimspeichern im deutschsprachigen Raum abgezeichnet. Der Markt für Gewerbe- und Industriespeicher ist noch überschaubar, wächst aber stark. Großspeicher werden vermehrt für die Integration von Erneuerbaren Energien in PV- und Windparks, für Netzdienstleistungen und Stromhandel eingesetzt.

Für einzelne Anwendungen, wie Starterbatterien in Fahrzeugen und Insellösungen werden Blei-Batterien weiterhin Anwendung finden. Lithium-Ionen Batterien stellen jedoch den Großteil an Batterien in den kommenden Jahren. Eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Batterietechnologie im Sinne der Kosten und Energiedichte ist zu beobachten. Der Markt wird von Nickel-Mangan-Cobalt (NMC) Zellen mit geringerem Kobaltanteil und weiterentwickelten Lithium-Eisenphosphat (LFP) Zellen dominiert werden. Die Fertigung, insbesondere der Batteriezellen selbst, wird dabei größtenteils in Asien erfolgen, doch auch in Europa sind eine hohe Anzahl an Fertigungsstätten geplant.

In den kommenden Jahren ist auch mit neuen Batterietechnologien zu rechnen. So wird beispielsweise an Natrium-Ionen Batterien einer neuen Generation gearbeitet, welche zwar eine geringere Energiedichte als Lithium-Ionen Systeme haben dafür aber günstigere und nachhaltigere Rohstoffe einsetzen. Für mobile Anwendungen wird intensiv an der Entwicklung von Festkörperbatterien geforscht, welche höhere Energiedichten und gesteigerte Reichweiten ermöglichen sollen.



Die Entdeckung von neuer Materialzusammensetzungen soll durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz, Hochdurchsatz-Screening mit autonomen Synthese Robotern weiter beschleunigt werden und technologische Weiterentwicklungen mit sich bringen.

Mit der Einführung einer neuen europäischen Batterieverordnung und eines europäischen Batteriepasses wird dem Thema Nachhaltigkeit in Zukunft ein höherer Stellenwert zugeschrieben. Ebenso werden vermehrt Second-Life Konzepte erwartet, welche sich zwar noch bewähren müssen, aber prinzipiell ein hohes Potential aufweisen.

## Kontakte für Ihren Umsetzungsstart

Entdecken Sie Produkte und Dienstleistungen auf der Green Tech Valley Solutions-Plattform:



### AIT – Austrian Institute of Technology

Johannes Kathan

Research Engineer

johannes.kathan@ait.ac.at  
www.ait.ac.at

### Ecolyte

Stefan Spirk

CEO

stefan.spirk@ecolyte.at  
www.ecolyte.at

### Piadenò

Miha Kampus

CEO

m.kampus@piadenò.com  
www.piadenò.com

### Voltida

Christian Frick

CEO

c.frick@voltida.com  
www.voltida.com

### Kite Rise Technologies

Florian Kogler

Head of Safety & UX

florian.kogler@kiterise.at  
www.kiterise.at

### Energie Steiermark AG

Patrick Landerl

Geschäftsfeldentwicklung

patrick.landerl@e-steiermark.com  
www.e-steiermark.com

Green Tech Valley Cluster GmbH  
Waagner-Biro-Straße 100, 8020 Graz  
+43 316/40 77 44, [welcome@greentech.at](mailto:welcome@greentech.at)  
[www.greentech.at](http://www.greentech.at)



Ausgearbeitet von Christian Messner und Johannes Kathan (Austrian Institute of Technology) gemeinsam mit Nicole Velimirovic (Green Tech Valley Cluster).