
KOSTENENTWICKLUNGSPROGNOSE STATIONÄRER BATTERIESPEICHERTYPEN

Strommarkttreffen Stationäre Stromspeicher, 21.02.2020, Berlin

Jan Frederick George

Competence Center Energiepolitik und Energiemärkte

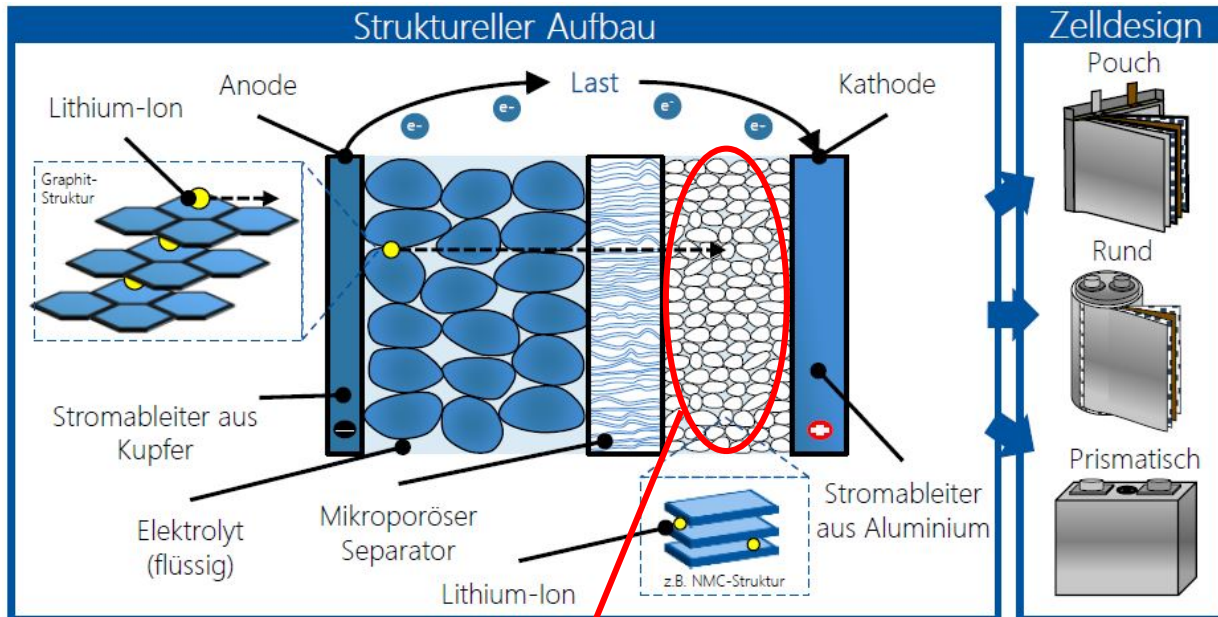
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

Agenda

- Aufbau Batteriespeichersystem
- Anwendungsfelder und Eigenschaften
- Relevante Kathodenmaterialien
- Prognostizierte Produktionsvolumina
- Erwartete Kostenentwicklung
- Fazit und Ausblick

Aufbau Batteriespeichersystem

Batteriezellenaufbau und -design



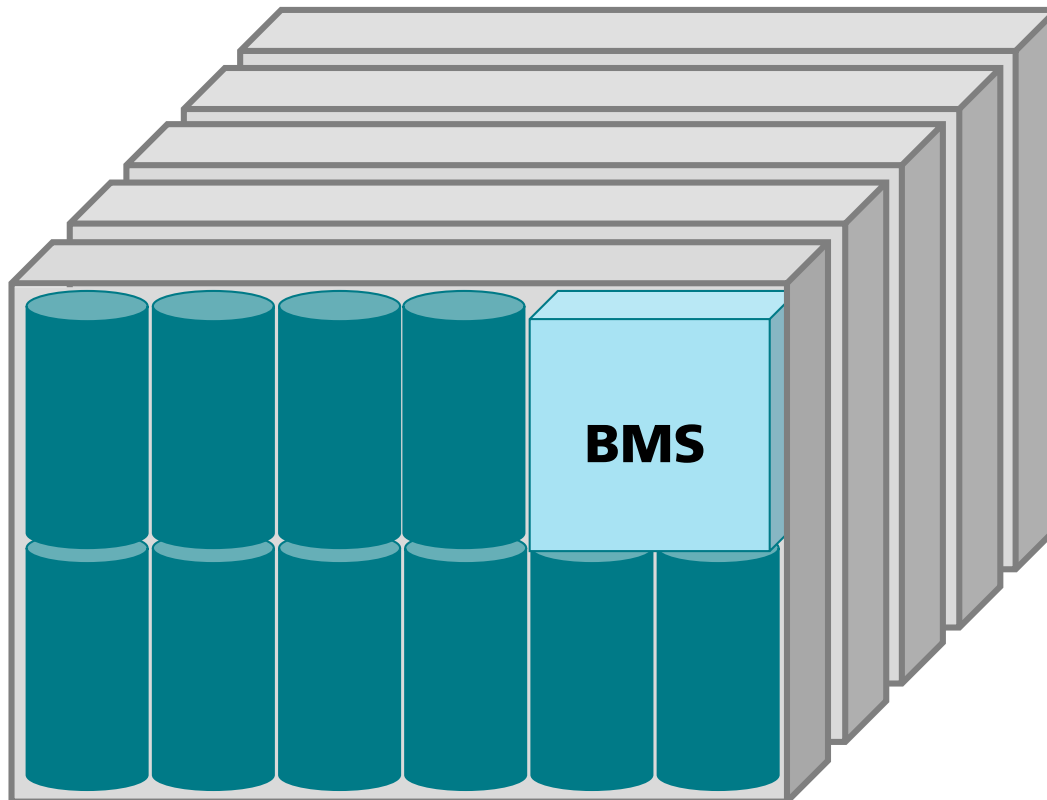
Differenzierung der Batteriespeichertypen nach Materialeigenschaften der Kathode einer Batteriezelle



Quelle: PEM der RWTH Aachen und VDMA (2018): Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle; Fraunhofer ISI

Aufbau Batteriespeichersystem

Batteriemodul / Batteriepack



Batteriezelle

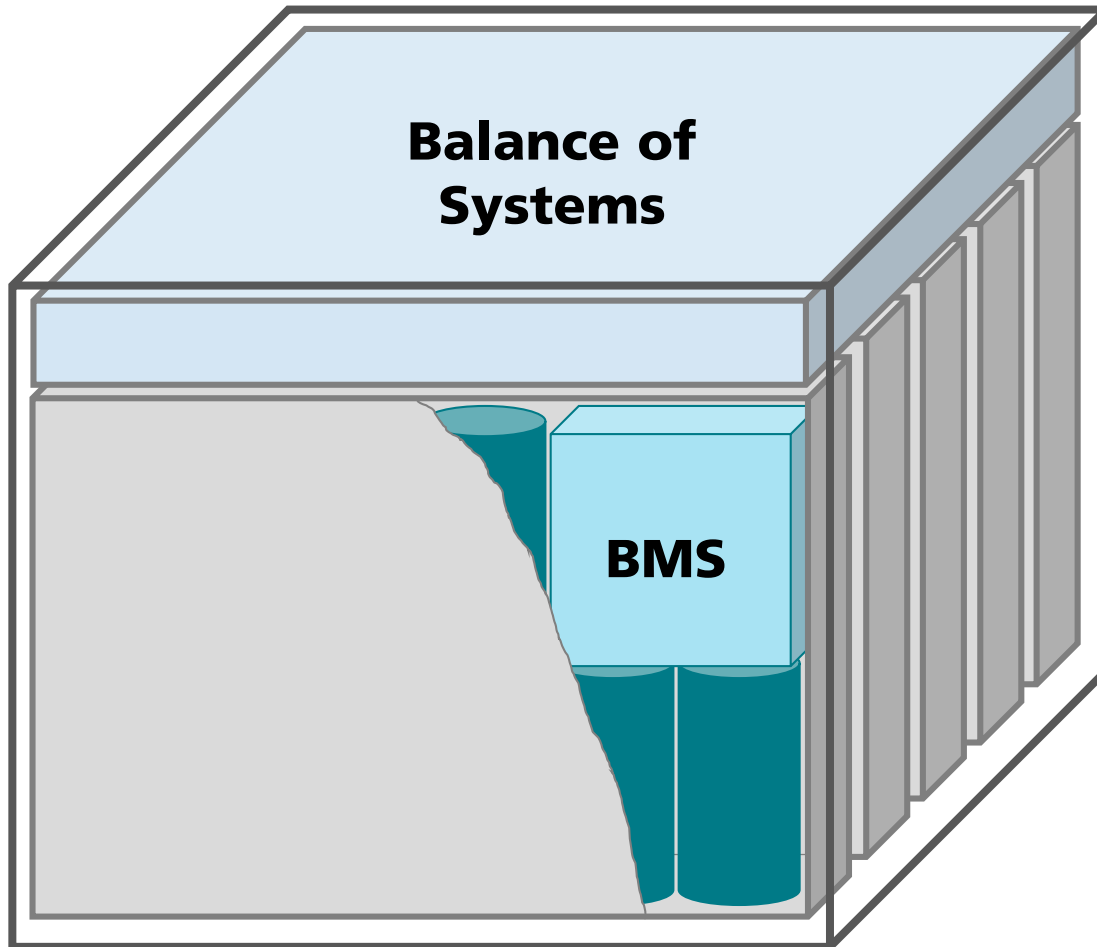
Batteriemodul

Batteriepack

Batteriemanagement
slave (BMS)

Aufbau Batteriespeichersystem

Batteriespeicher



Batteriezelle

Batteriemodul

Batteriepack

Batteriemanagement
slave (BMS)

Balance of Systems
Batteriemanagement
zentral

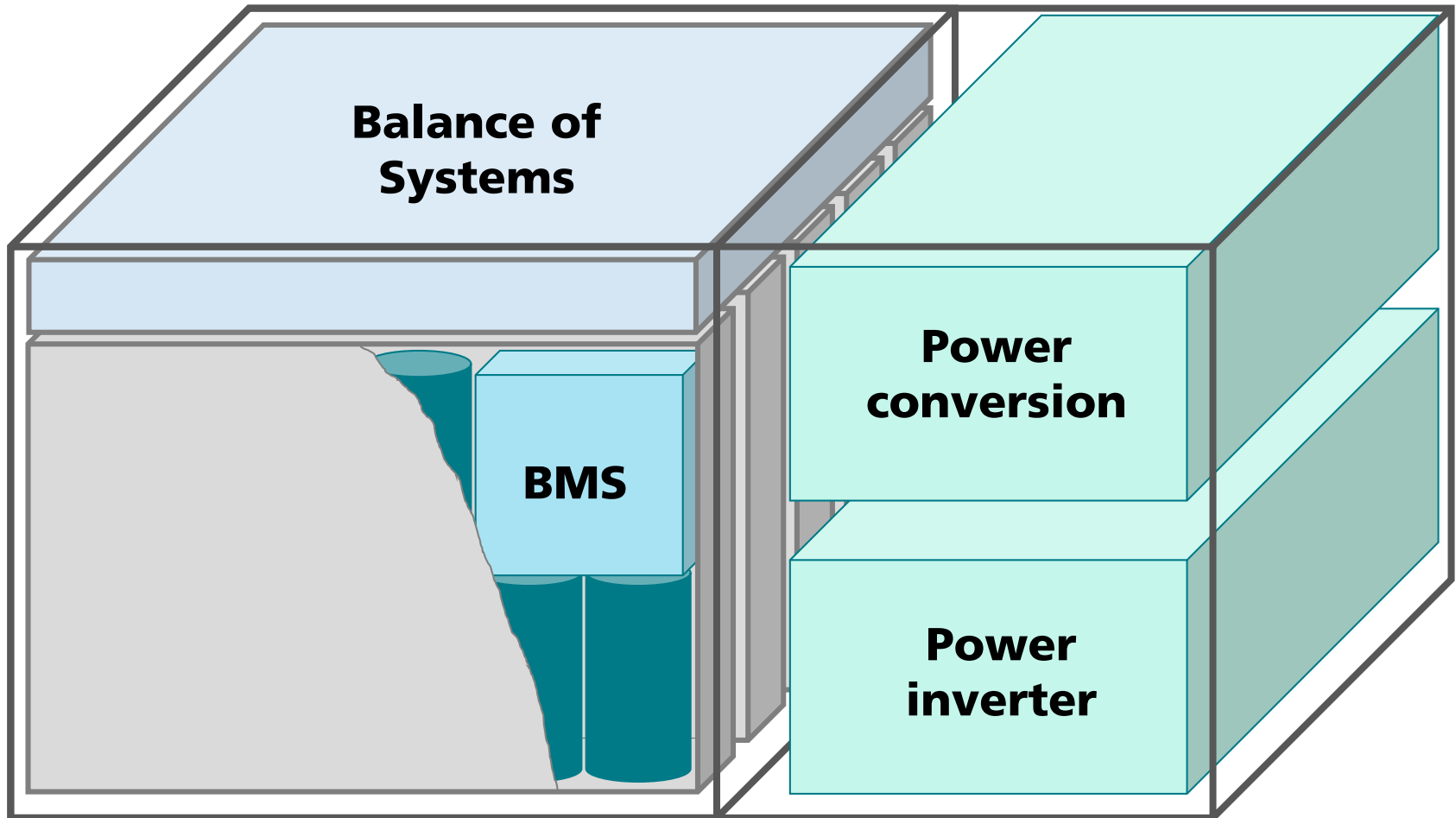
Container und Racks

Klimatisierung
Container

Brandschutz

Aufbau Batteriespeichersystem

Stationäres Batteriespeichersystem



Anwendungsfelder und Eigenschaften stationärer Batteriespeicher

Einsatzgebiet	Verwendung / Geschäftsmodell	Speicheranforderungen
Inselnetze	Zwischenspeicherung von EE Strom, Notstrom	Hohe Kapazität, Hohe Zyklenanzahl
Eigenverbrauch	Erhöhung des Eigenverbrauchs von Prosumern, Reduktion Strombezug aus öffentlichem Netz und entsprechend geringer Abgaben/Umlagen und Steuerlast	Hohe Zyklenanzahl
Systemdienstleistungen	Teilnahme am Regelenergiemarkt	Hohe Leistung, Hohe Zyklenanzahl
	Netzengpassmanagement insb. Redispatch	Hohe Leistung
	Ggf. zukünftig weitere System- bzw. Netzdienstleistungen	Unterschiedlich
Spekulation an Strommärkten	Zeitlich verlagerter Kauf- und Verkauf von Energie an Strommärkten	Hohe Leistung, Hohe Kapazität, Hohe Zyklenanzahl

Quelle: Eigene Einschätzung

Relevante Kathodenmaterialien industriell ausgereifter Batteriezellen

Kriterium	Einheit	Lithiumbasis			Blei-Säure LBA
		NMC	NCA	LFP	
Anwendungsbeispiele	/	E-Mobilität, Konsumer	E-Mobilität (Tesla), Konsumer	E-Busse in China, Notstrom	Autobatterie, Notstrom
Kathodenmaterialien	/	Lithium-Nickel- Mangan-Cobalt- Oxid	Lithium-Nickel- Cobalt-Aluminium- Oxid	Lithium-Eisen- Phosphat	Blei-Schwefelsäure
Kritische Rohstoffe	/	Kobalt	Kobalt	/	/
Sicherheit	/	●	-	+	+
Peak C-Rate	1/h	1-10	1-10	1-30	5
Volumetrische Energiedichte	Wh/l	490-760	480-760	160-200	80-90
Gravimetrische Energiedichte	Wh/kg	180-270	180-270	80-140	35-50
Lebensdauer	Vollzyklen	300-1000	300-1000	500-5000	200-500
Effizienz	OUT/IN%	>90%	>90%	>90%	75-90%*

Keine Betrachtung von Lithium-Cobalt-Oxid (LCO) da geringe Zyklenfestigkeit und Lithium-Mangan-Oxid (LMO) da LFP dominiert; Redox-Flow-Batterien bisher noch nicht großindustriell produziert

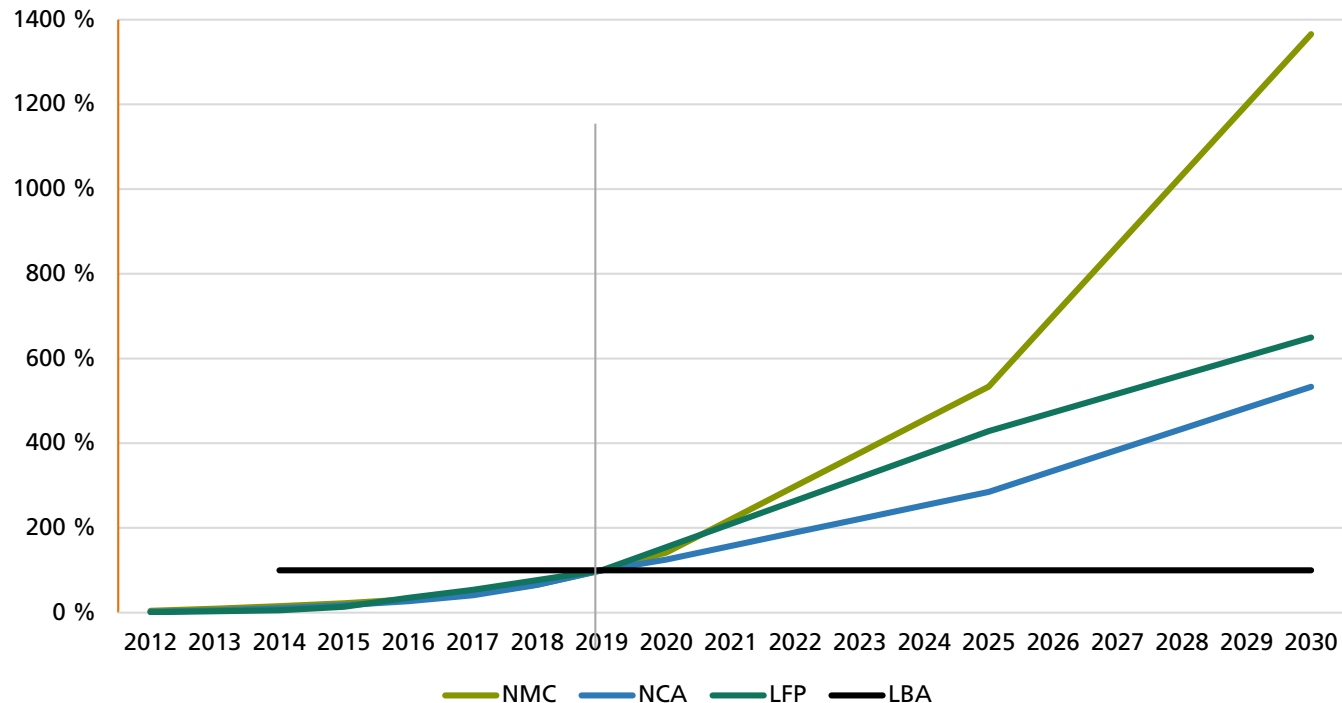
*Ladeleistung hat hohe Auswirkung auf Effizienz

Quellen: May et al (2018): Lead batteries for utility energy storage; Diouf et al (2015): Potential of lithium-ion batteries in renewable energy; Zhao et al (2015): Review of energy storage system for wind power integration support; IKT (2015), Kompendium: Li-Ionen-Batterien; Eigene Einschätzungen

Prognostizierte Produktionsvolumina der untersuchten Zellmaterialien

- Prognostizierter Marktanteil von 88,5% für NMC Kathodenmaterial im Vergleich zu NCA und LFP in 2030
- Blei-Säure ist ausgereifte Technologie, keine Lerneffekte bei erwarteter Produktionsmenge bis 2030

Growth of production volumes per cell chemistry

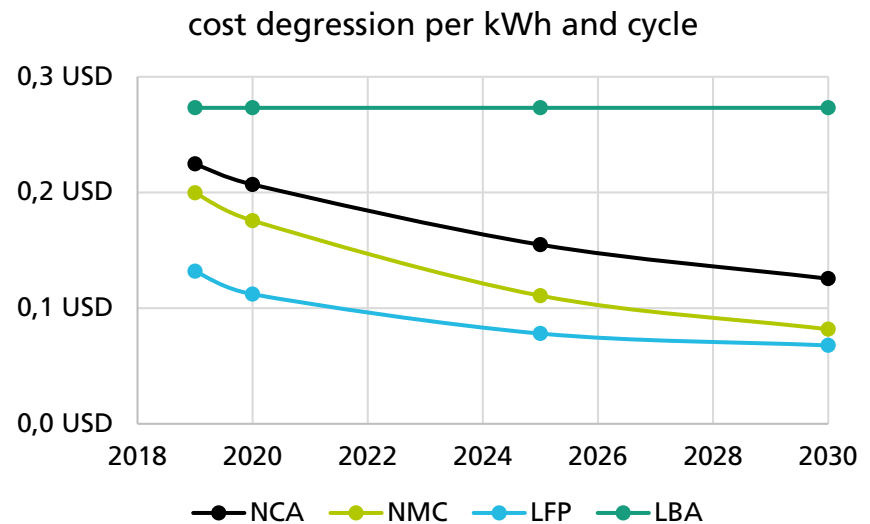
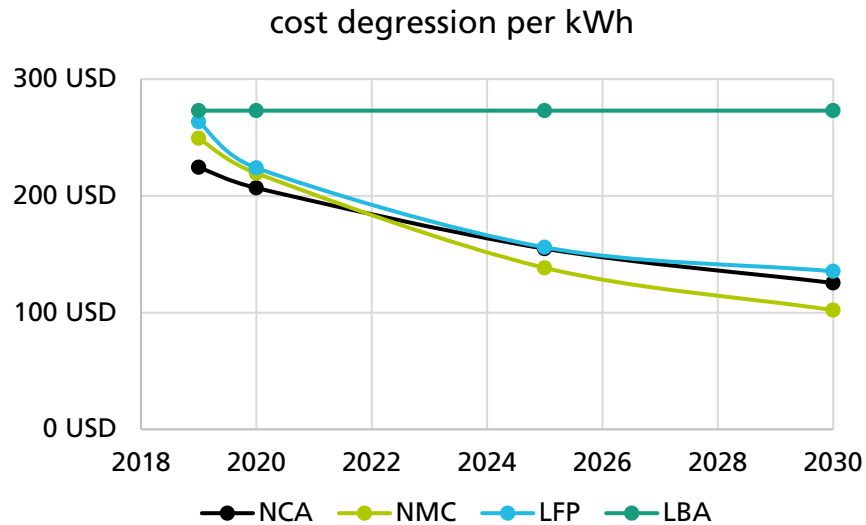


Quellen: Avicenne Energy (2019): The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018-2030; Takeshita, H. (2019): LIB Materials Market Bulletin (19Q1).

Kostenkomponenten Prognose

Anwendung hohe Energie bzw. Zyklen

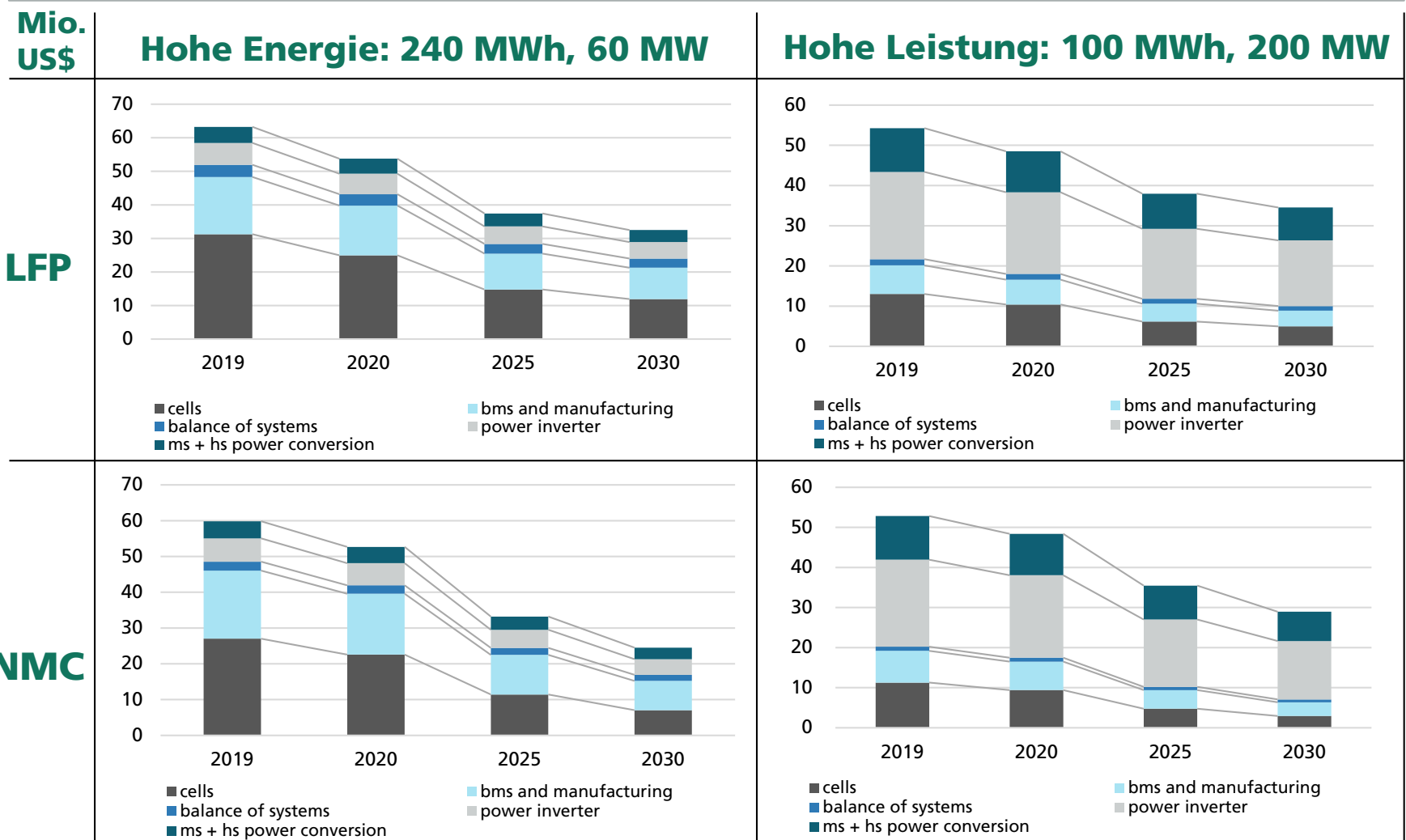
- Prognose der Entwicklung zu spezifischen Batteriesystemkosten (Auslegung auf 240MWh, 60MW) mittels Erfahrungskurven der einzelnen Komponenten mit Lernraten:
 - Batteriezellen 30 %
 - Batteriemodul: BMS und Arbeitsaufwand 20 %
 - Balance of Systems und Power Conversion System 10%
- Unsicherheiten zu anfallendem Personalaufwand
- Kosten für Batteriezellen abhängig von Abnahmehöhe des Systemherstellers



Quellen: Schmidt et al (2017): The future cost of electrical energy storage based on experience rates; Eigene Berechnungen

Kostenkomponenten Prognosebeispiel

Vergleich hohe Energie / hohe Leistung



Quelle: Eigene Berechnungen

© Fraunhofer ISI

Seite 11

Fazit und Ausblick

- Kosten des Batteriespeichersystems abhängig von Anwendungsfall
- Bis 2030 ist LFP für stationäre Anwendungen das wirtschaftlichste Kathodenmaterial
- Abnahmevolumina entscheidender Faktor für Zellpreise, bei großen Abnehmern verwobene Wertschöpfungsketten im Herstellungsprozess
- Produktionsvolumen ist Treiber für Kostendegression (Skaleneffekte) - entscheidender Markt ist Automotiv!
- Ab 2030+ scheint NMC getrieben durch höhere Produktionsvolumina für E-Mobilität die wirtschaftliche Technologie
- Aber auch weitere Zellchemien wettbewerbsfähig im Markt möglich, wenn Kostenvorteile gegenüber LIB realisierbar z.B. Technologien basierend auf Natrium, Schwefel, Redox-Flow
- Stationäre Anwendungen bisher kein großes Marktvolumen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Jan Frederick George

Competence Center Energiepolitik und Energiemärkte

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

E-Mail: jan.george@isi.fraunhofer.de

Web: <http://www.isi.fraunhofer.de>

Literatur

- Avicenne Energy. Pillot, Christophe (2019): The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018-2030.
- Diouf, Boucar; Pode, Ramchandra (2015): Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. In *Renewable Energy* 76.
- Fraunhofer ISI (2016): Energiespeicher-Monitoring 2016 – Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter. Available online at <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2016/Energiespeicher-Monitoring-2016.pdf>, last checked on 14/01/2020.
- Fraunhofer ISI (2017): Energiespeicher-Roadmap – Hochenergie-Batterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger Batterietechnologien. Available online at <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-bema2020-batterie2020.php>, last checked on 14/01/2020.
- Fraunhofer ISI (2019): ALL-SOLID-STATE BATTERIES – What is the Benchmark for a Future Commercialization?. Dresden Battery Days Konferenz 2019.
- International Renewable Energy Agency (2017): Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030.
- International Renewable Energy Agency (2019): Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 (2019 Edition).
- May, Geoffrey J.; Davidson, Alistair; Monahov, Boris (2018): Lead batteries for utility energy storage: A review. In *Journal of Energy Storage* 15.
- PEM der RWTH Aachen und VDMA (2018): Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle. Available online at https://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaoqixv, last checked on 17/02/2020.
- Schmidt, O.; Hawkes, A.; Gambhir, A.; Staffell, I. (2017): The future cost of electrical energy storage based on experience rates. In *Nat Energy* 2 (8).
- Takeshita, H. (2019): LIB Materials Market Bulletin (19Q1), Chapter 11. B3 Corporation.
- Tsiropoulos, I.; Tarvydas, D.; Lebedeva, N. (2018): Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth. Edited by Joint Research Center. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (2015): Kompendium: Li-Ionen-Batterien. Available online at <https://www.dke.de/resource/blob/933404/fa7a24099c84ef613d8e7afd2c860a39/kompendium-li-ionen-batterien-data.pdf>, last checked on 11/27/2019.
- Wilson; Mark: Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis—Version 4.0. Available online at <https://www.lazard.com/media/450774/lazards-levelized-cost-of-storage-version-40-vfinal.pdf>, last checked on 11/19/2019.
- Wiesenthal, T.; Dowling, P.; Morbee, J; Thiel, C.; Schade, B.; Russ, P. et al.: Technology Learning Curves for Energy Policy Support. In Joint Research Centre..
- WRIGHT, T. P. (1936): Factors Affecting the Cost of Airplanes. In *Journal of the Aeronautical Sciences* 3 (4).
- Zhao, Haoran; Wu, Qiuwei; Hu, Shuju; Xu, Honghua; Rasmussen, Claus Nygaard (2015): Review of energy storage system for wind power integration support. In *Applied Energy* 137.
- Zubi, Ghassan; Dufo-López, Rodolfo; Carvalho, Monica; Pasaoglu, Guzay (2018): The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 89.

Abschätzung spezifischer Materialkosten lithiumbasierter Batteriezellen

Kathodenmaterial

- Hohe Kostenvolatilität der Rohstoffpreise (bspw. Kobalt 2018/03: 90\$/kg, 2018/08: 30\$/kg)
- Aufwendige Prozessschritte der Vorprodukte / spezielle Synthesetechniken

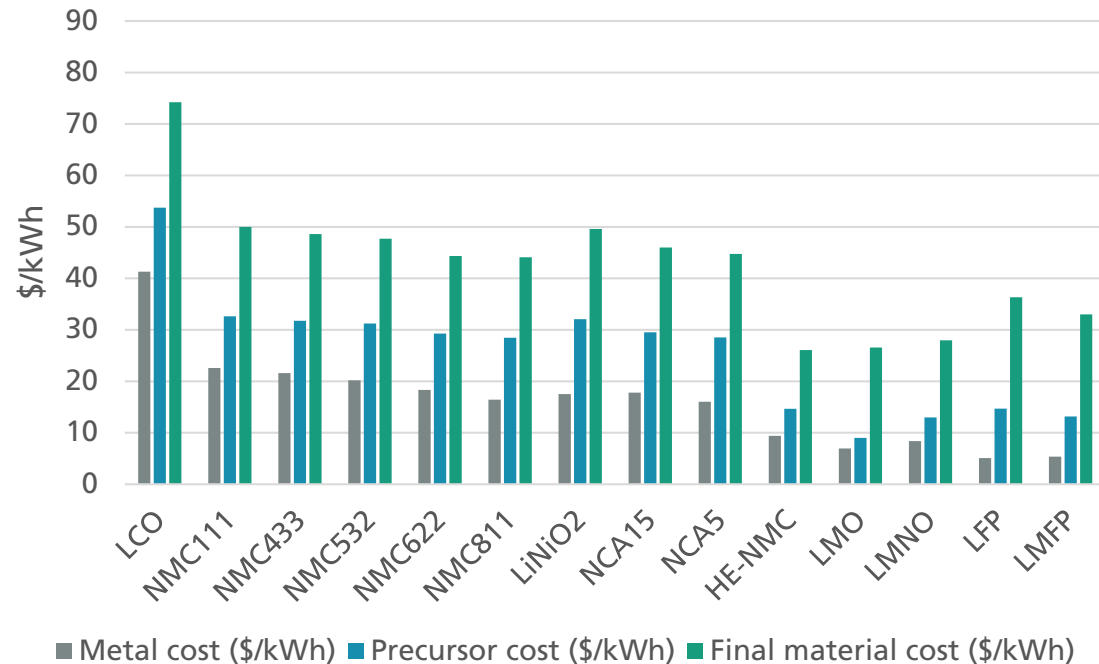
Anodenmaterial (6,5-8 \$/kWh)

- Kohlenstoffbasiert
- Trend zu Verbundstoffen (Si/C)

Andere Zellkomponenten

- Elektrolyte / Bindematerial stabile Kosten
- Separator: Trend zu höheren Kosten
- Stromableiter mögliche Kostenreduktion

Cost estimation cathode materials



Quelle: Fraunhofer ISI (2019): Dresden Battery Days