

Energiespeicher für die Elektromobilität - Entwicklungstrends

Julian Schwenzel

Fraunhofer – Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung

Wiener Straße 12
28359 Bremen

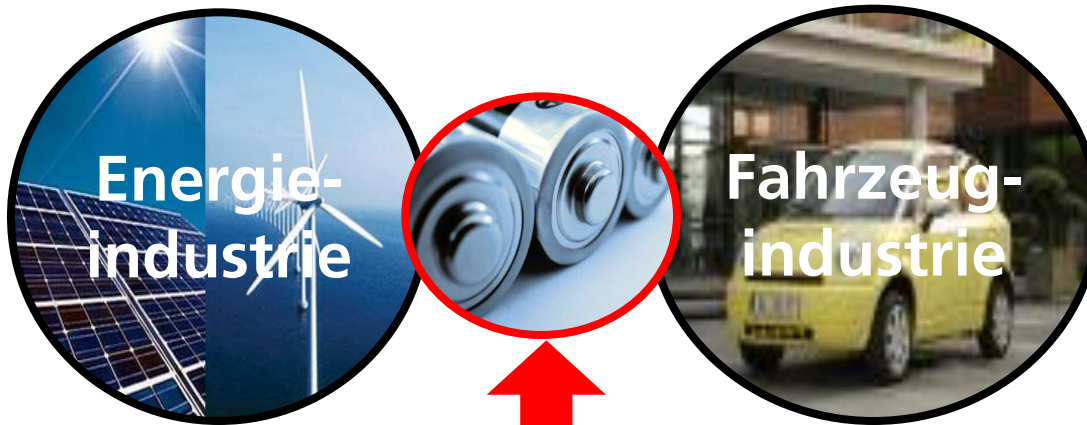
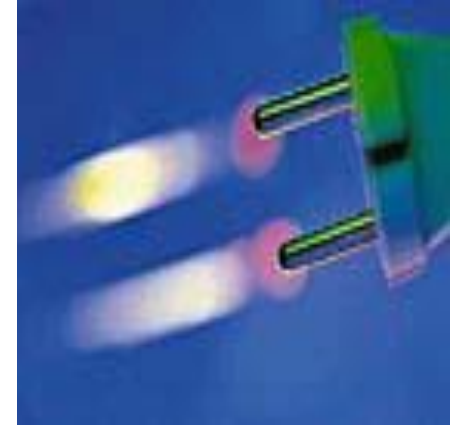
Marie- Curie Str. 1-3
26129 Oldenburg



Neue Mobilität

↪ ökologische und ökonomische Notwendigkeit

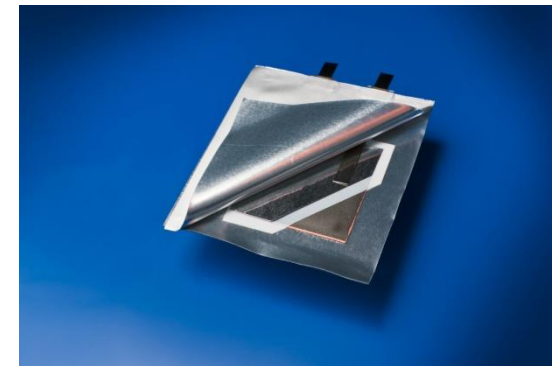
- Reduzierung von Treibhausgasen
- Kostenreduzierung („Peak Oil“)
- Einsatz erneuerbare Energie



Anforderungen an zukünftige Batterien für automobiler Anwendung

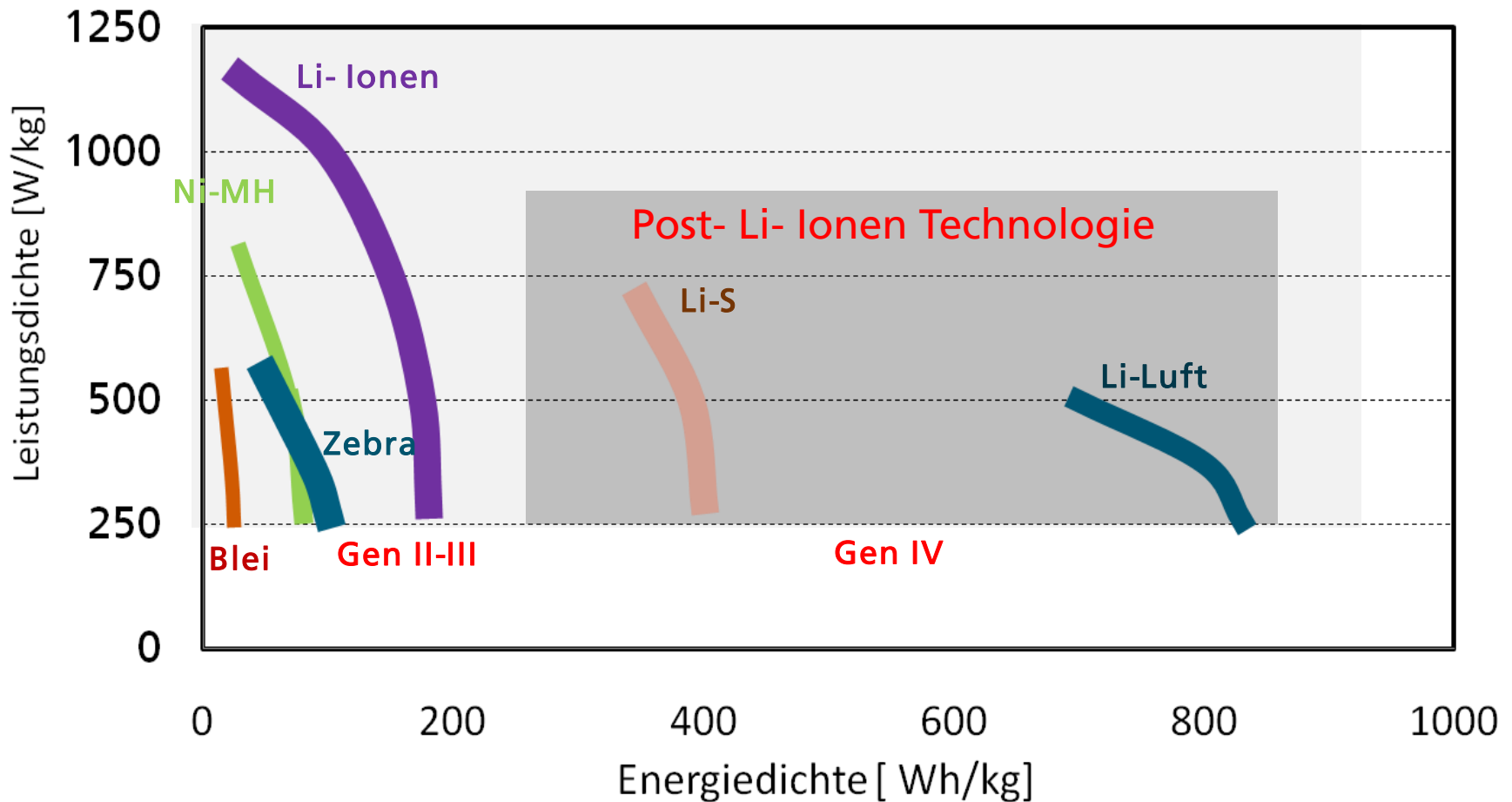
- Energie, Leistung, Lebensdauer, Temperatur
- Sicherheit
- Kosten
- Verfügbarkeit
- Zuverlässigkeit

**Materialforschung & Prozessentwicklung
sind Schlüssel zu besseren
Energiespeichern
für die Elektromobilität !**



Batterietechnologien für E- Fahrzeuge

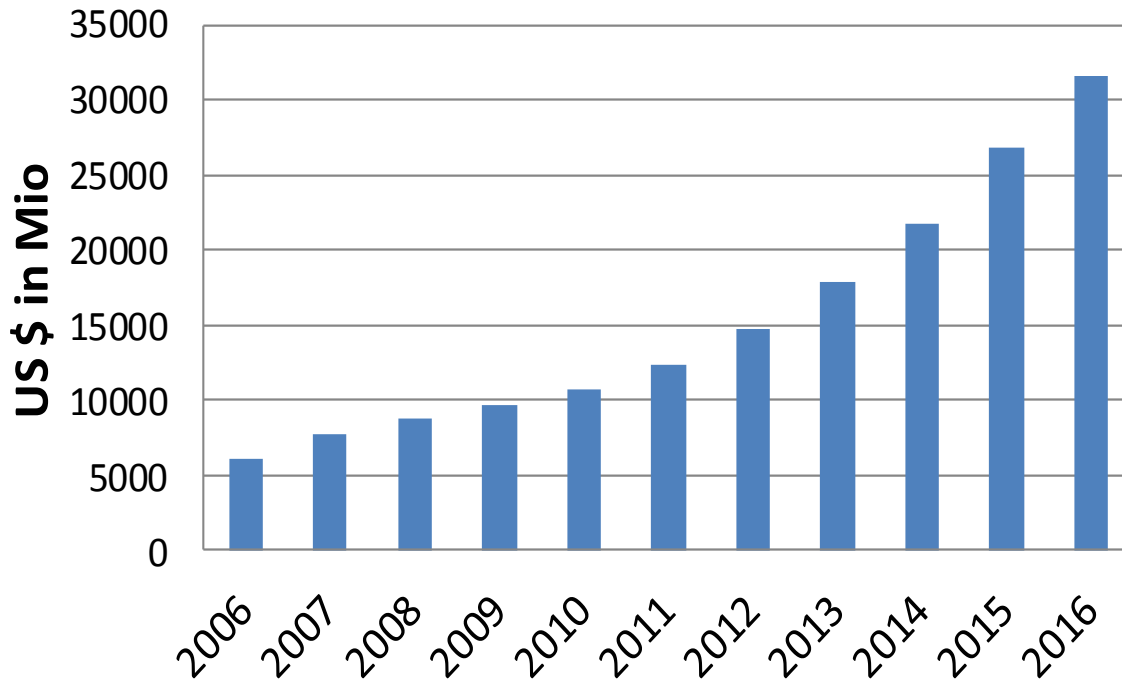
Verfügbare Batterietechnologie



Quelle: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Mai 2011

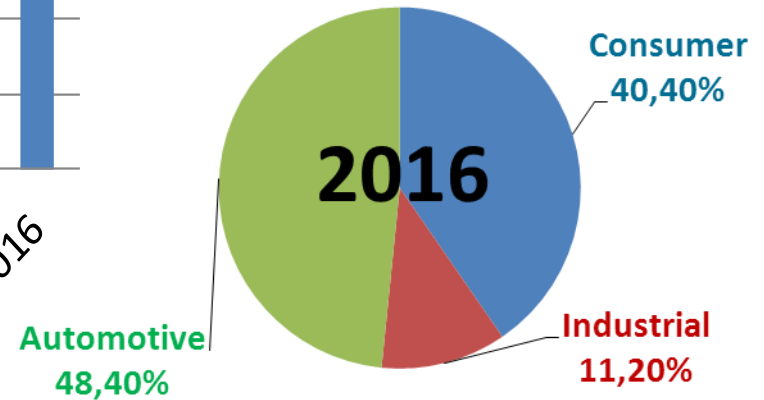
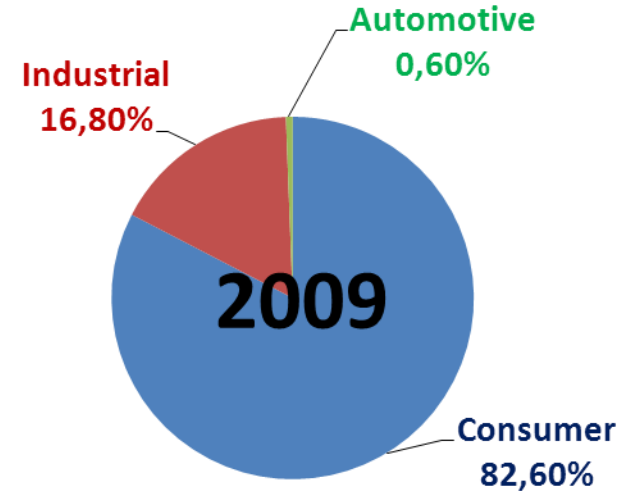
Lithium Ionen Markt

erwarteter Ertrag weltweit:



Quelle : 2010 Frost & Sullivan

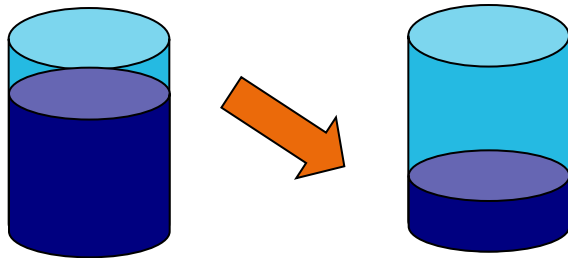
Prozentuale Verteilung:



Akzeptanz für E- Fahrzeuge

Kosten

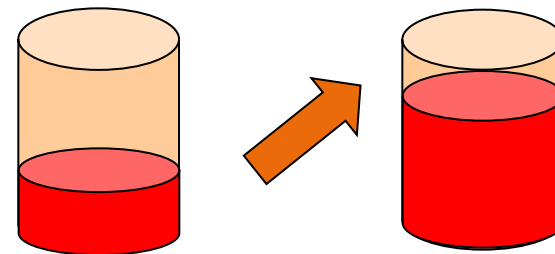
Senkung der Batteriekosten



Euro / kWh

Reichweite

Erhöhung der Energiedichten

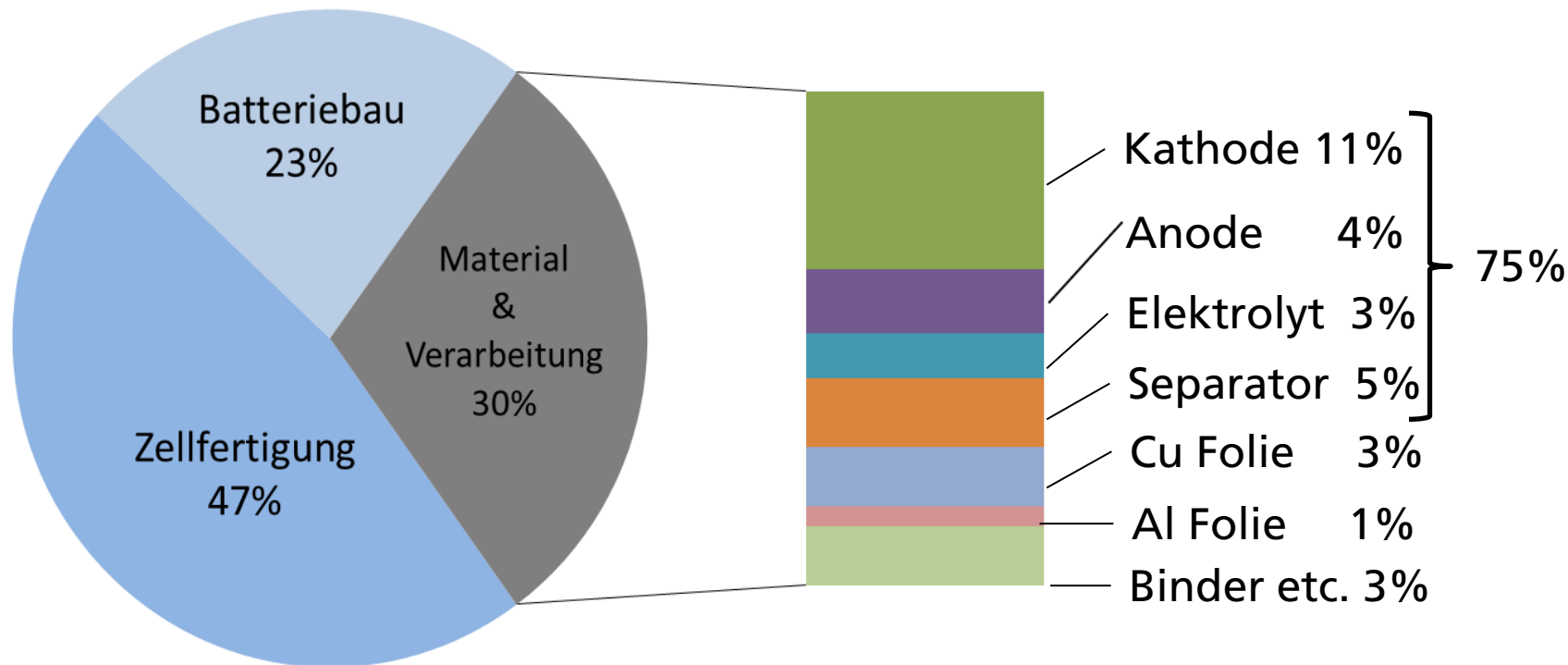


kWh

- Erhöhung der spez. Energie und verbesserte Zellfertigung ist die größte Drehschraube zur Kostenreduzierung.

Kostenverteilung Lithium Ionen Batterie Pack

basierend auf 500 €/kWh (Hoch-Energie Pack)



- Material & Verarbeitung** : Reinheit, kWh/kg, Prozesstechnologie
- Zellfertigung** : Produktionseffizienz (m²/sec), Reproduzierbarkeit
- Batteriebau** : Stückzahl, Fertigungstechnologie

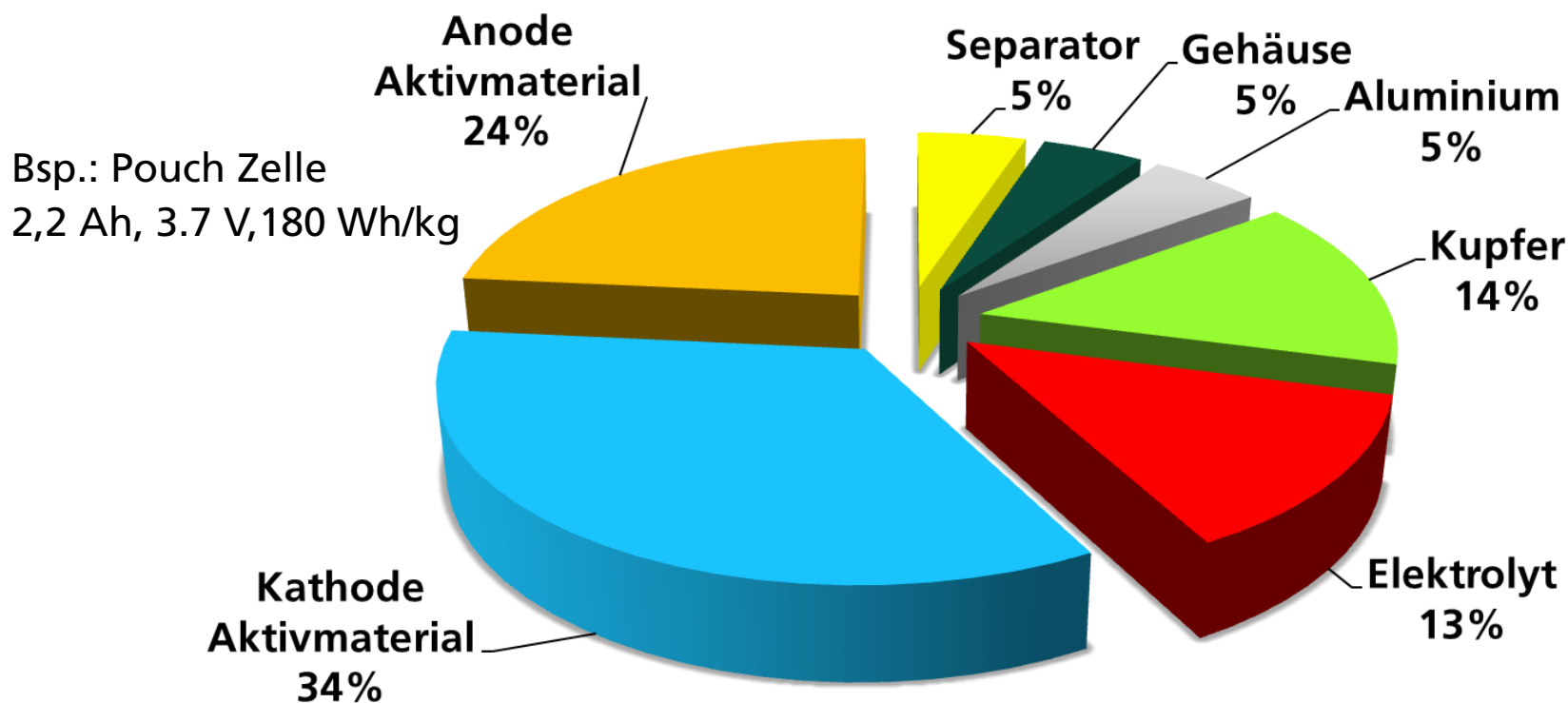
Kosten können auf 250 € / kWh (bis 2020) reduziert werden!

Quelle : Roland Berger Strategy Consultants

Gewichtsverteilung einer Batterie- Zelle

Energieinhalt:

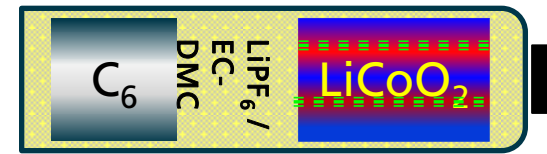
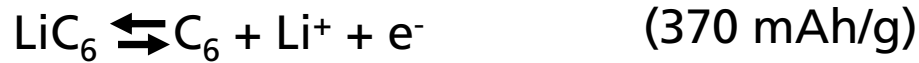
- „innere Energie“ bestimmt durch das aktive Elektrodenmaterial
- „äußere Energie“ bestimmt durch das Elektroden- / Batteriedesign



Werte nach: A. Jossen, *Basiskurs Batterien*, Design & Elektronik Entwicklerforum, München, 2010

Lithium Ionen Technologie

Gängige Technologie:

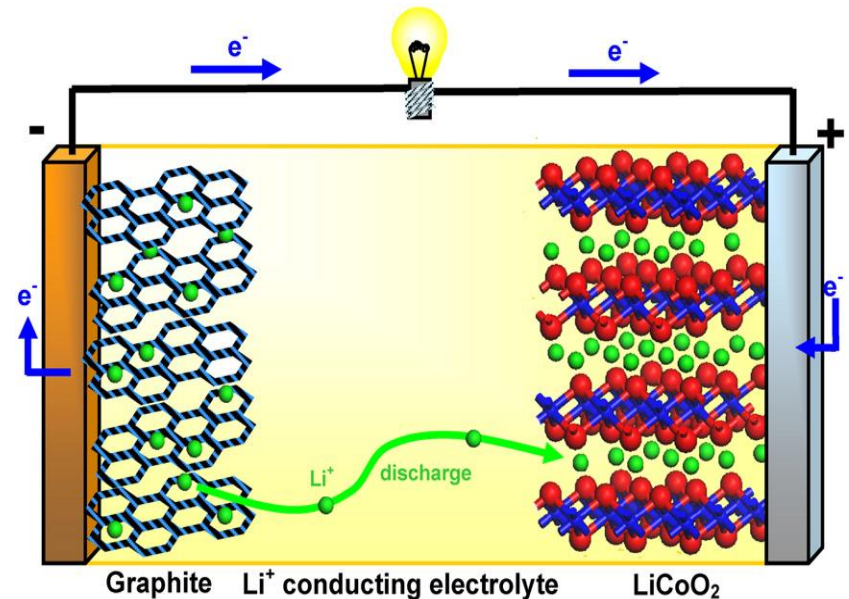


Kombination von zwei Insertionselektroden:

Für die Realisierung der Gen. I stehen:

- Kosten
- Sicherheit
- Lebensdauer
- Leistung

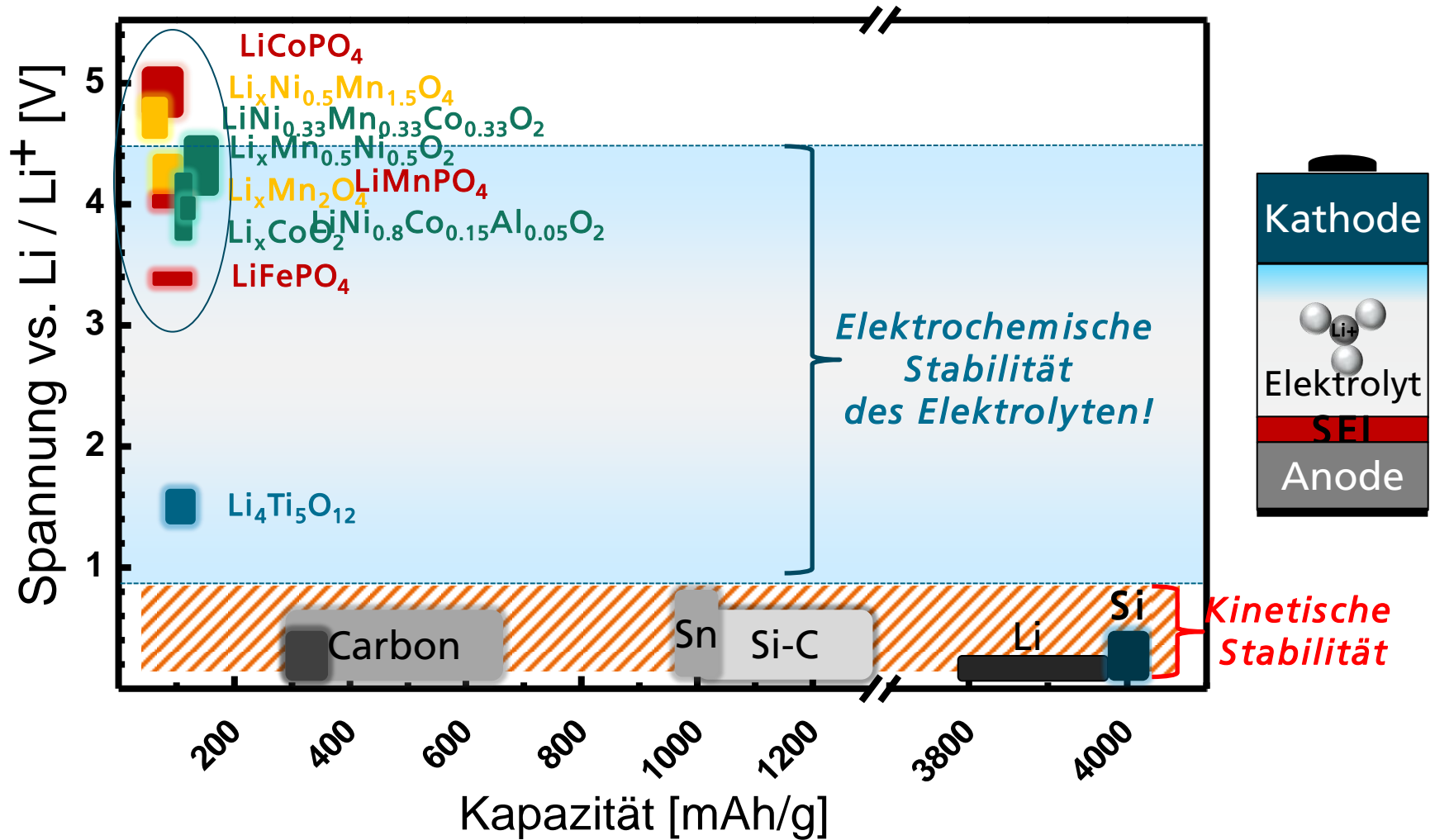
im Blickpunkt der Entwicklung.



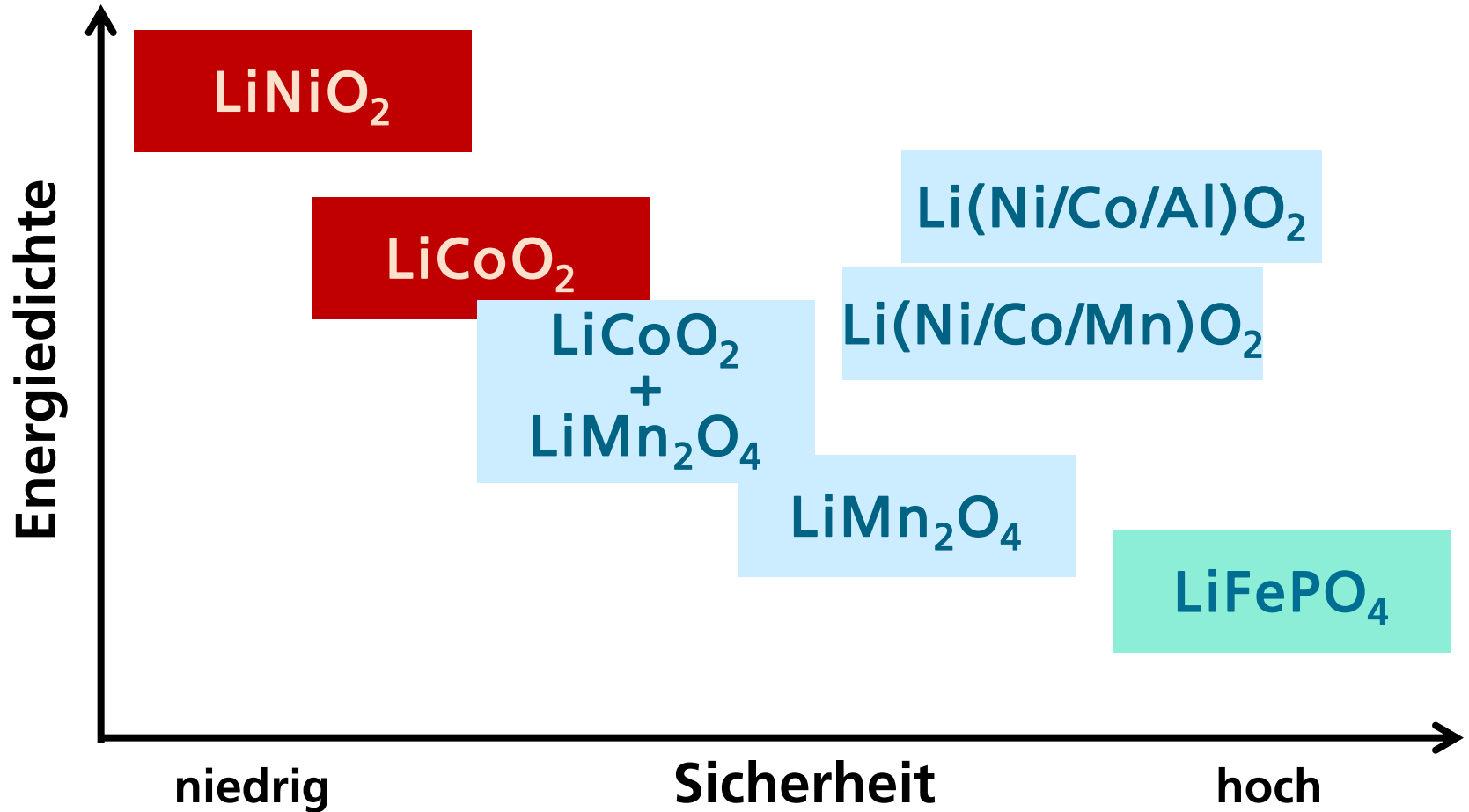
Quelle: Bruce, Solid State Ionics 179 (2008) 752–760

„Etablierung verlässlicher Technologie“

Elektrodenmaterialien für Lithium Ionen Batterien



Einige Materialien für die positive LIB-Elektrode



Materialkombinationen / Zelldesign

Firma	Kathode	Anode	Elektrolyt	Gehäuse	Struktur	Form
Panasonic	NMC	Blend	flüssig	Metall	gewickelt	prismatisch
Hitachi	NMC / LMO	Hard Carbon	Flüssig	Metall	gewickelt	zylindrisch
Sanyo	NMC / LMO	Blend	flüssig	Metall	gewickelt	zylindrisch
Toyota	NCA	Graphit	Flüssig	Metall	gewickelt	prismatisch
A123	LFP	Graphit	flüssig	Metall	gewickelt	zylindrisch
LG Chem	LMO	Hard Carbon	Gel	Pouch	gestapelt	Prismatisch
SK Corp.	LMO	Graphit	flüssig	Pouch	gewickelt	zylindrisch
Altair Nano	NMC / LCO	LTO	flüssig	Pouch	gestapelt	prismatisch
.....						

Entwicklungen und Potentiale LiB's

Kathodenmaterialien mit höheren Kapazitäten

- z.B.:
- höheren Lithiumumsatz
 - Zyklenstabilität,
 - Preis, Sicherheit

Erhöhung der Zellspannung

- z.B.:
- Hochvoltkathodenmaterialien
 - Sicherheit,
 - Stabilität,
 - Elektrolyt nicht brennbar

Anodenmaterialien mit höheren Kapazitäten

- z.B.:
- Legierungen (IP)
 - Zyklenstabilität,
 - Sicherheit,

Inaktiven Komponenten

- z.B.:
- dickere Elektroden ,
 - leichtere Stromableiter, Separatoren, Verpackung

Neue Speichertechnologien für EV's zielen auf hohe Energiedichten (> 300 Wh/kg)

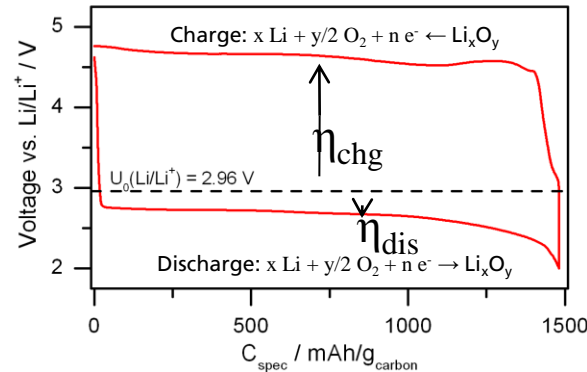
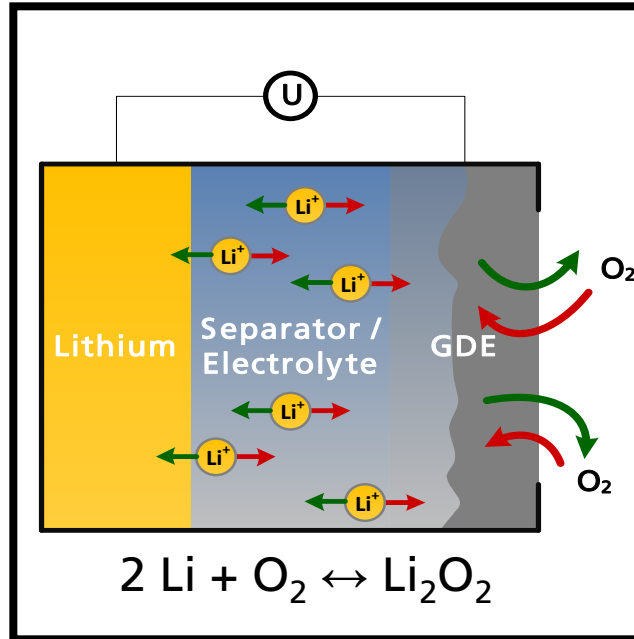
Allgemeine Entwicklungsziele für Li/Luft-Akkus

neg. Elektrode („Anode“)

- Li-Metall (Dendritenproblem)
- alternativ SiLi, SnLi,...

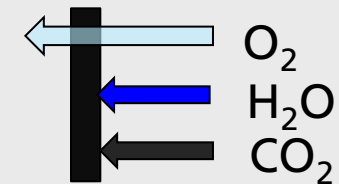
Elektrolyt

- Stabilität
- gute Benetzung
- Li-Leitfähigkeit
- O₂ Löslichkeit



pos. Elektrode („Kathode“)

■ Membran



■ Poröse GDE (↗ Kapazität)

- Porengröße
- Porenverteilung

■ Katalysator (↗ Effizienz)

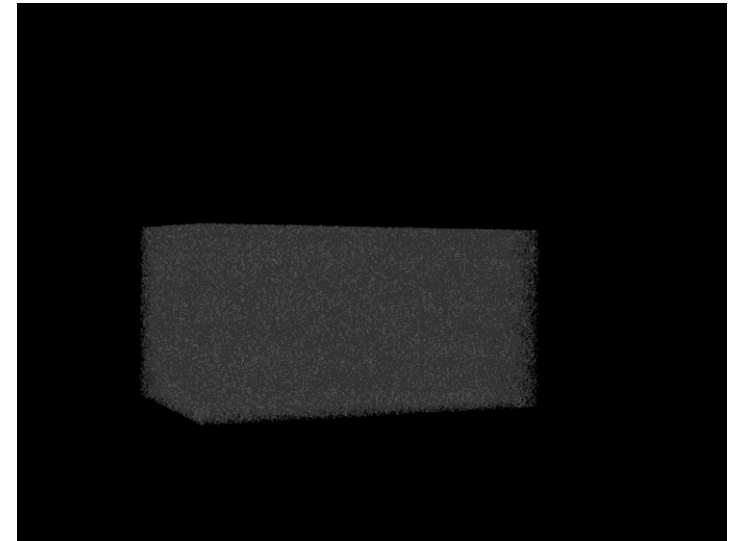
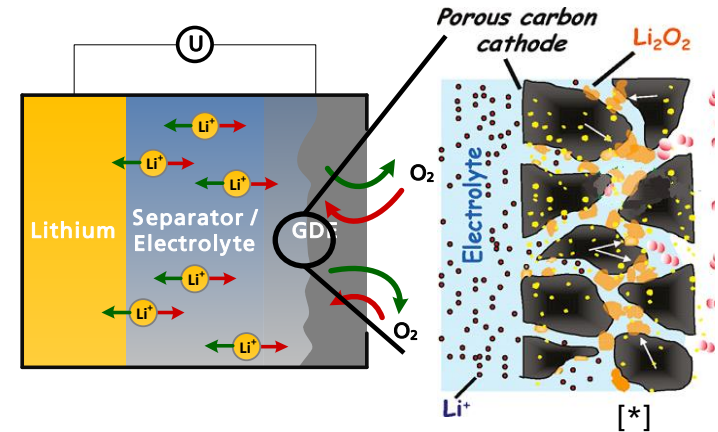
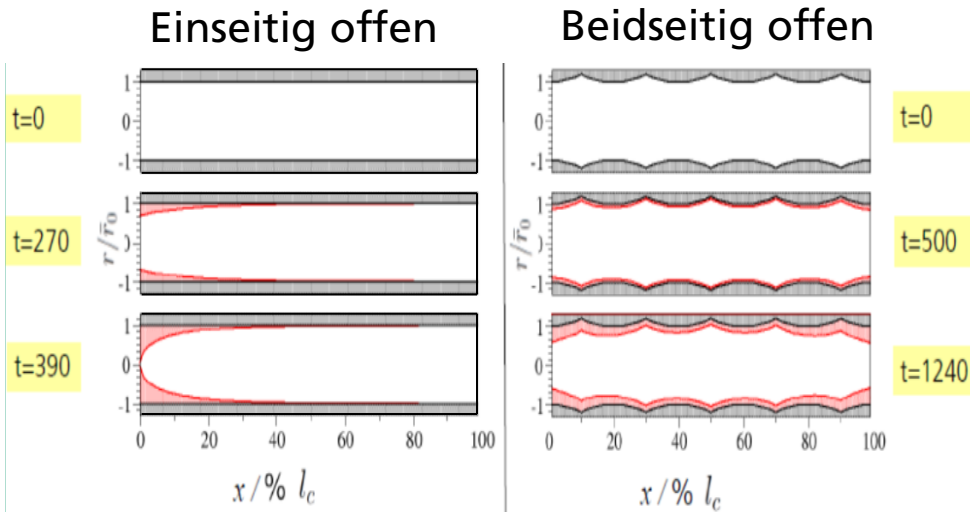
- Art
- Menge

Positive Elektrode: Gasdiffusionselektroden

Poröses Kohlenstoff Material:

- Graduiertes Porengefüge/Porosität
- Verbesserter Sauerstofftransport (und Li^+)
- Platzbedarf für Entladeprodukte (LiO_x)

Bsp: Simulation Porenverstopfung:



[*] G. Girishkumar, B. McCloskey, A. C. Luntz, S. Swanson, W. Wilcke, J. Phys. Chem. Lett. 2010, 1, 2193–2203

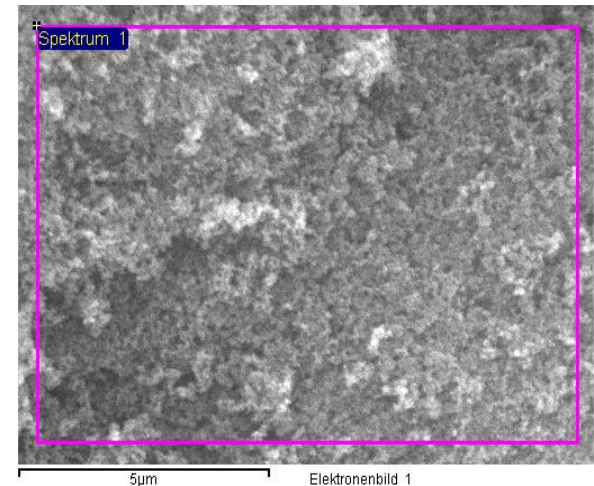
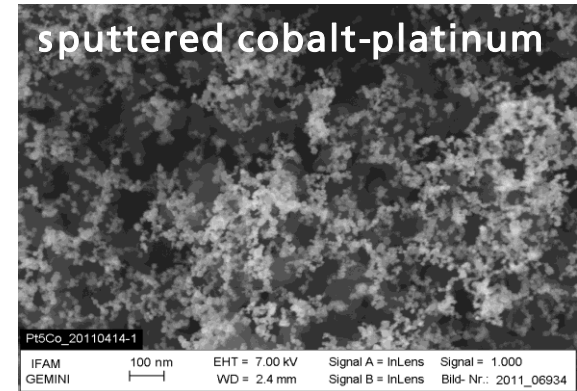
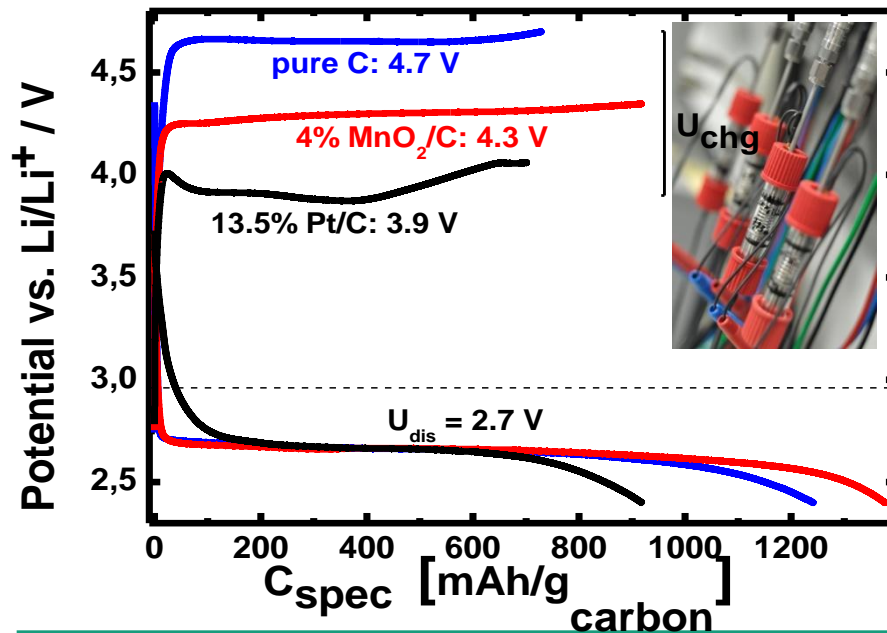
Positive Elektrode: Gasdiffusionselektroden

Katalysatoren

- Verringerung der Überpotentiale
- Vermeidung kinetischer Hemmungen
- Verbesserung der Zelleffizienz

2. Ladezyklus

O₂ Atmosphäre mit LiPF₆/PC, I=100 mA/cm²



Einfluss des Elektrolyten in Lithium Luft Batterien

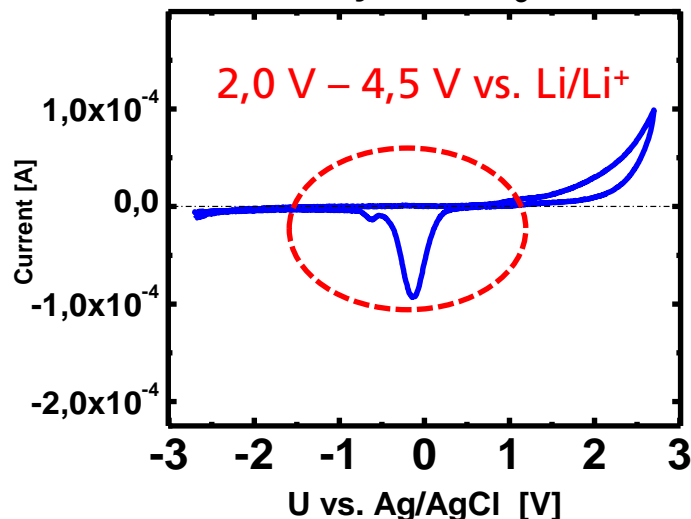
Elektrolyt {
■ Leitsalz
■ Lösemittel
■ Additive

Anforderungen an den Elektrolyten:

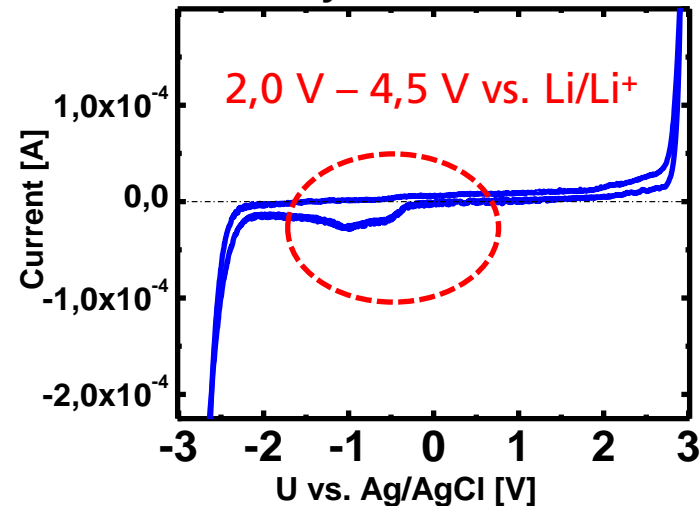
Hohe chemische Stabilität gegenüber Superoxide und Lithium.

CV Messungen in O₂ Atmosphäre:

Elektrolyt: LiPF₆ in PC

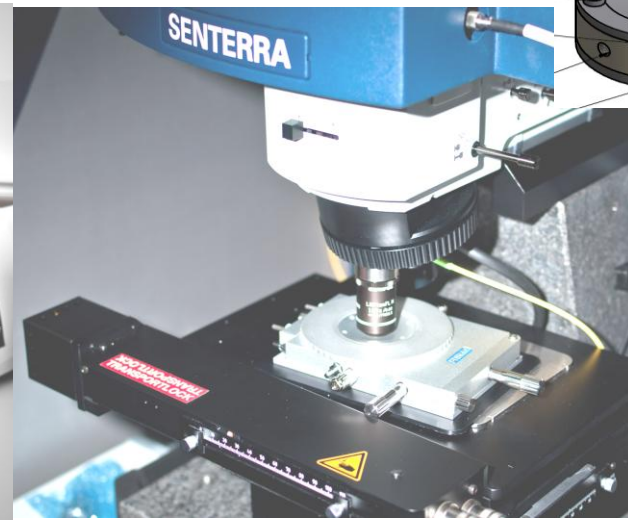


Elektrolyt: LiTFSI in MeCN



Acetonitrile stabilere Elektrolyte !

In-situ Messtechnik



*In-situ
Massenspektrometrie,
Infrarotspektroskopie,
Ramanspektroskopie*

■ Ziele:

Analyse der chemischen und elektrochemischen Systemstabilität sowie mechanistische Aufklärung des Entlade- / Ladeprozesses

Zusammenfassung

Aktuelle Batteriesysteme:

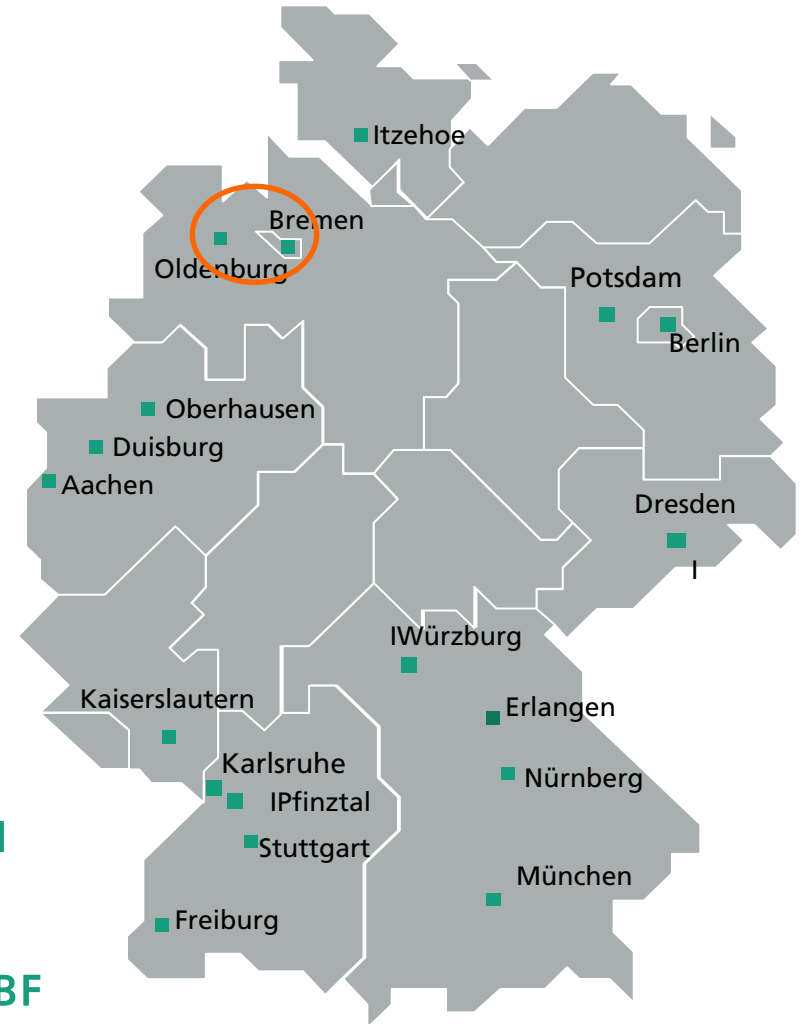
- LiB Systeme besitzen weiterhin hohes Entwicklungspotential hinsichtlich Kosten, Sicherheit, Leistung und Energiedichte (Gen I – Gen II)
- Verbesserte und nachhaltige Marktattraktivität für EV
- allg. Akzeptanz

Neue Batterietechnologie (Gen IV) Metall Luft System:

- Wichtig für große Reichweiten
- aber noch viele wissenschaftliche und technische Herausforderungen!

FhG Forschungslandschaft „Allianz Batterien“

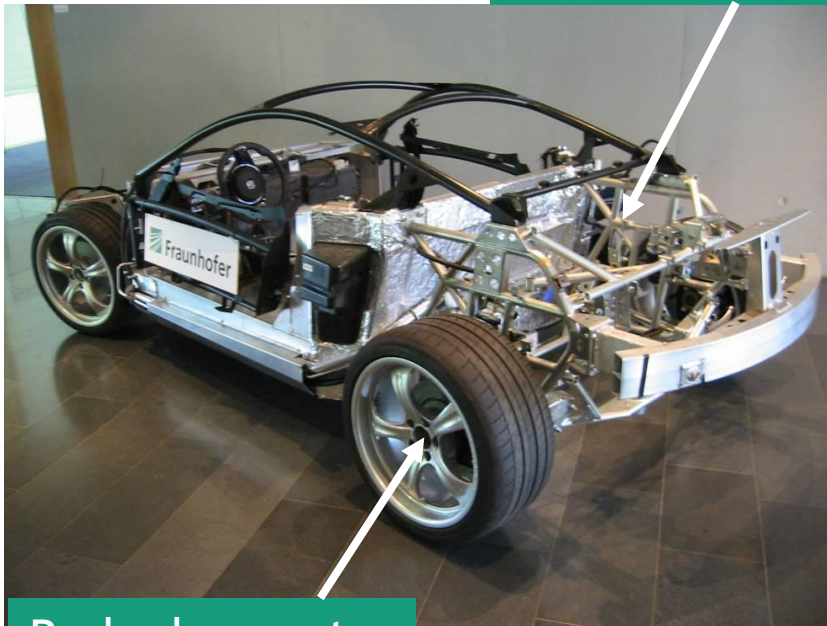
- Chemical Technology **ICT**
- Ernst-Mach-Institute **EMI**
- Manufacturing Technology and Applied Materials Research **IFAM**
- Integrated Circuits **IIS**
- Ceramic Technologies and Systems **IKTS**
- Silicate Research **ISC**
- Systems and Innovation Research **ISI**
- Integrated Systems and Device Technology **IISB**
- Manufacturing Engineering and Automation **IPA**
- Silica Technology **ISIT**
- Solar Energy Systems **ISE**
- Systems and Innovation Research **ISI**
- Techno- und Industrial Mathematics **ITWM**
- Transportation and Infrastructure Systems **IVI**
- Mechanics of Materials **IWM**
- Material and Beam Technology **ILT**
- Structural Durability and System Reliability **LBF**
- Algorithms and Scientific Computing **SCAI**



Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität

Fahrzeugkonzepte / Demonstrator "Frecc0"

Batteriesystem



Radnabenmotor



Sportwagen-Chassis zur Integration von Batteriesystem u. Radnabenmotor

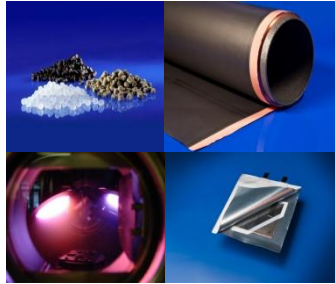
Forschungsfeld der IFAM Projektgruppe

Elektrische Energiespeicher

Zellchemie
und
Werkstoffe



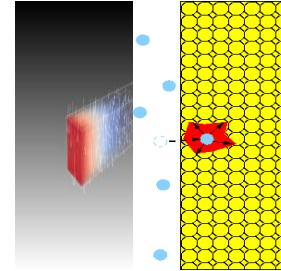
Fertigungs-
und
Prozess-
technik



Messtechnik
und
Analytik



Simulation
und
Modellierung



System-
Integration
Applikation



Elektrische Energiespeicher :

- prototyp. Entwicklung wiederaufladbarer Metall/Luft-Batterien (auf Zellen- und Modul-Ebene)
- Prozess- und Fertigungstechnik der Komponenten
- Systemintegration neuer Speichertechniken



Parkallee 301
D-28213 Bremen



Marie-Curie-Straße 1
D-26129 Oldenburg

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de