

# Energiespeicher für die Elektromobilität - Entwicklungstrends

Julian Schwenzel

Fraunhofer – Institut für Fertigungstechnik und  
Angewandte Materialforschung

Wiener Straße 12  
28359 Bremen

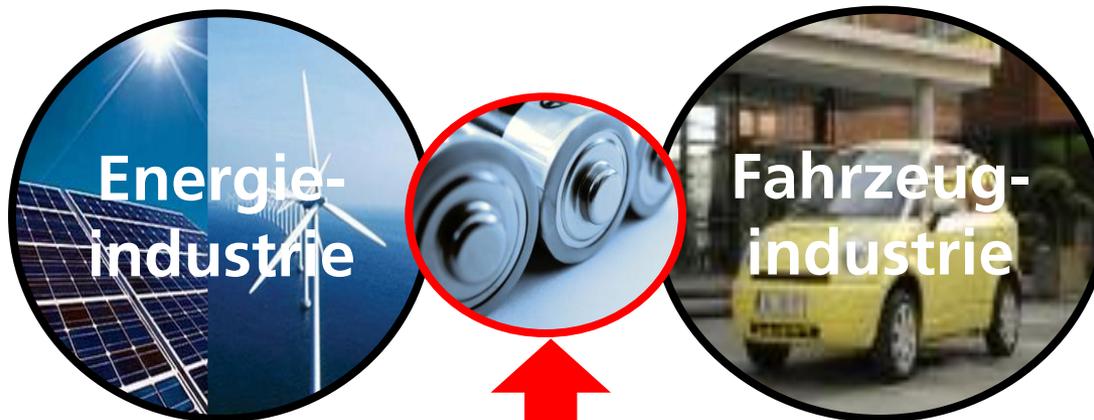
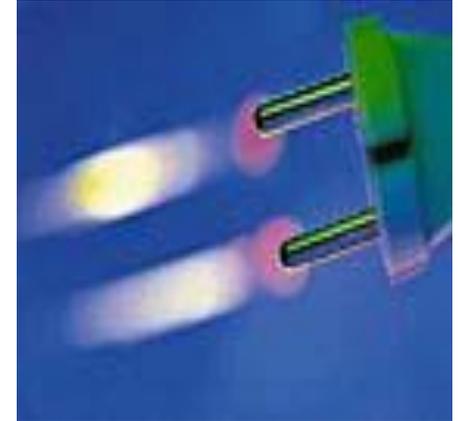
Marie- Curie Str. 1-3  
26129 Oldenburg



# Neue Mobilität

## ↪ ökologische und ökonomische Notwendigkeit

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



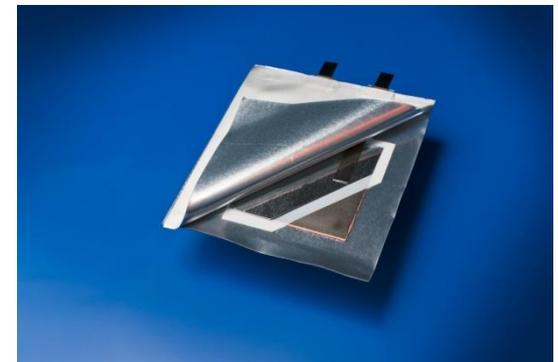
**Herausforderung:  
elektrische Energiespeicher**



# Anforderungen an zukünftige Batterien für automobiler Anwendung

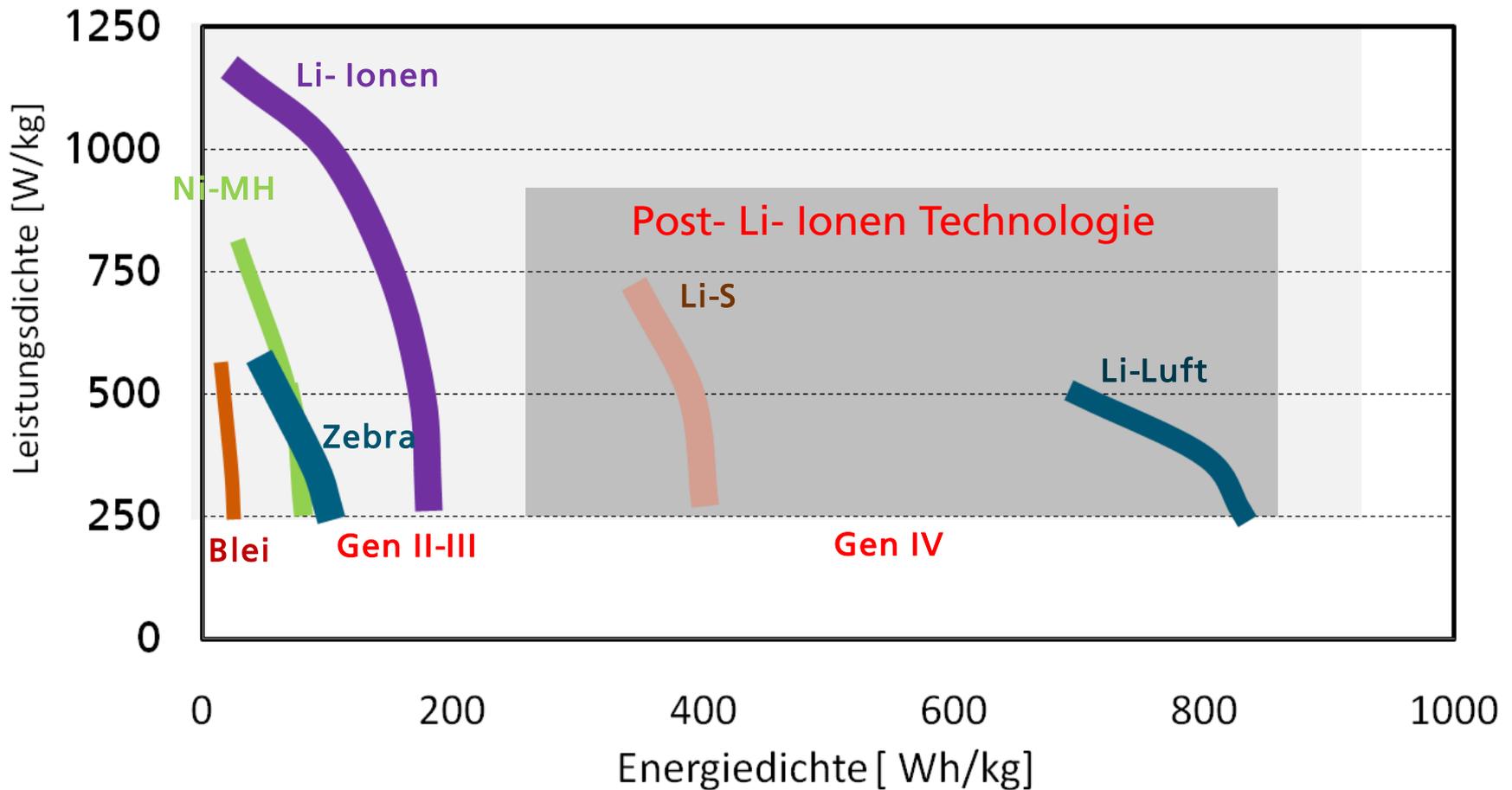
- Energie, Leistung, Lebensdauer, Temperatur
- Sicherheit
- Kosten
- Verfügbarkeit
- Zuverlässigkeit

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



# Batterietechnologien für E- Fahrzeuge

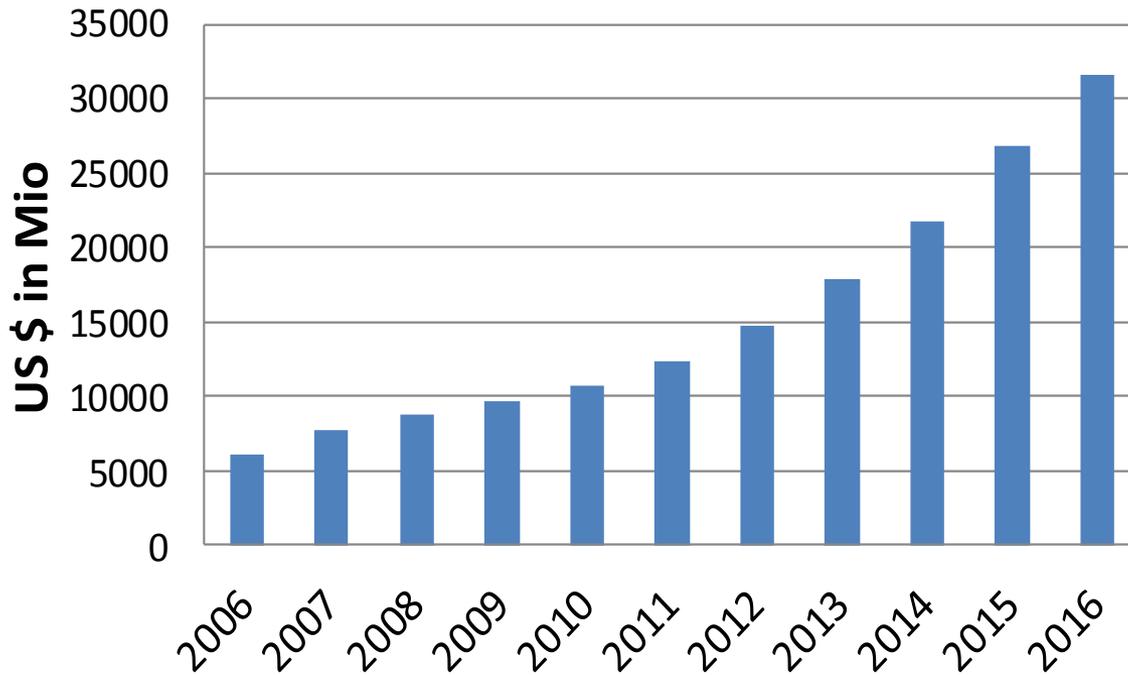
## Verfügbare Batterietechnologie



Quelle: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Mai 2011

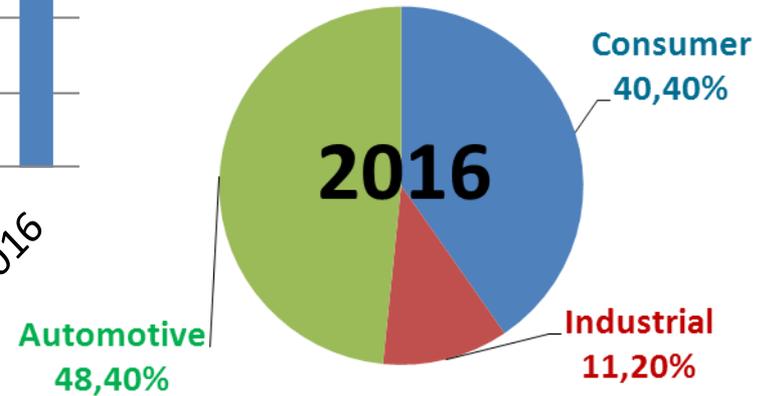
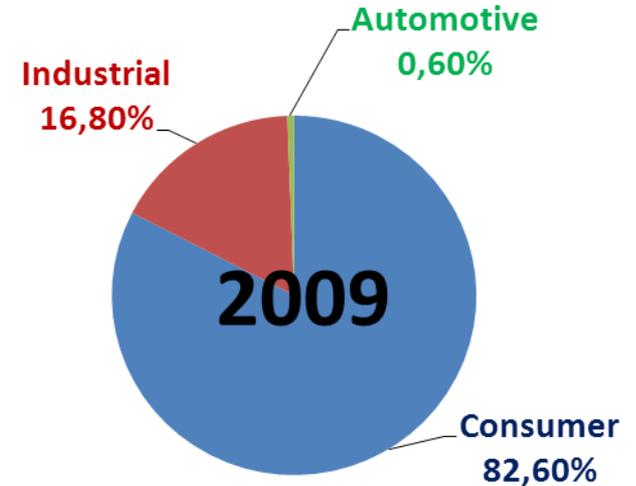
# Lithium Ionen Markt

erwarteter Ertrag weltweit:



Quelle : 2010 Frost & Sullivan

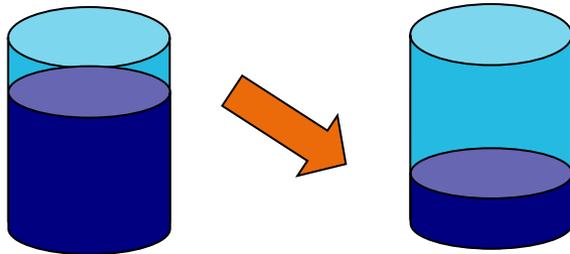
Prozentuale Verteilung:



# Akzeptanz für E- Fahrzeuge

## Kosten

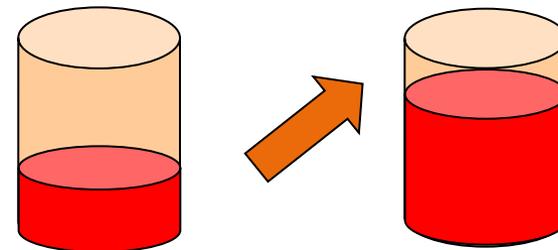
Senkung der Batteriekosten



Euro / kWh

## Reichweite

Erhöhung der Energiedichten

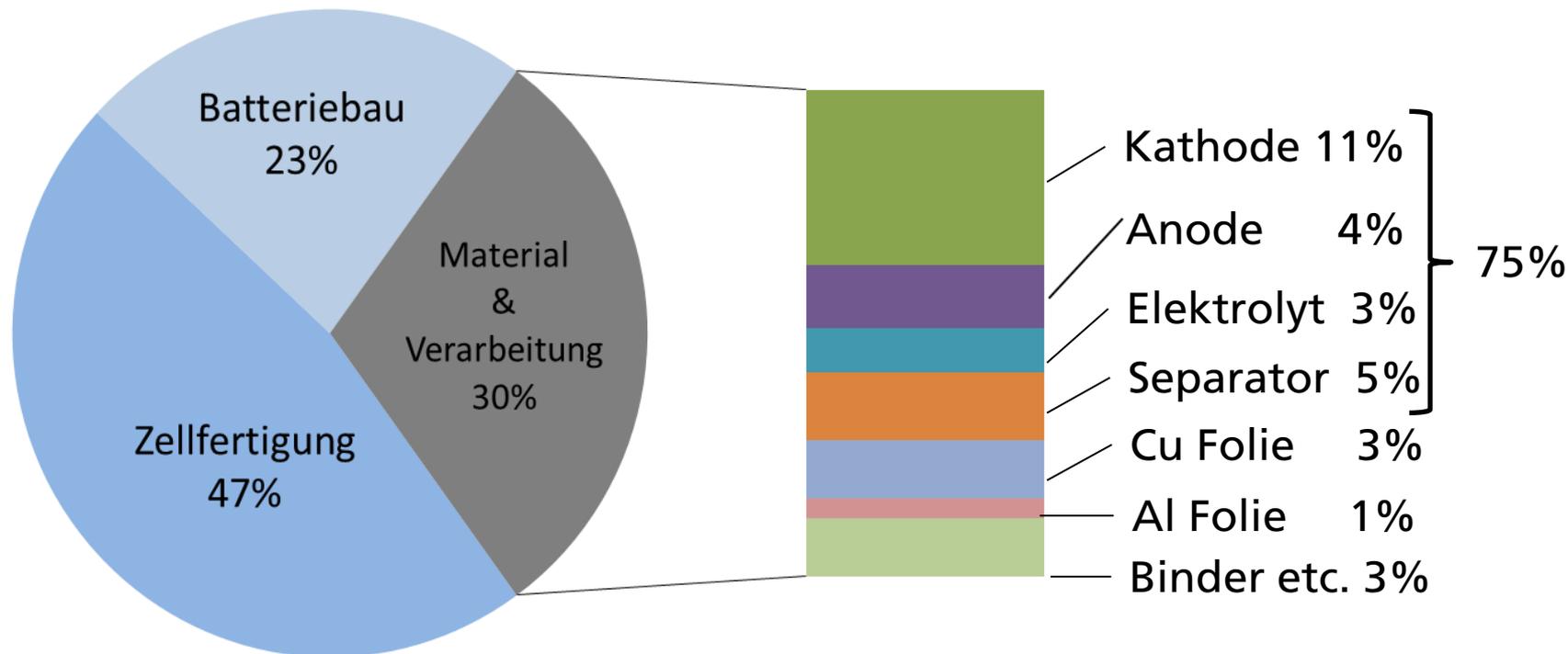


kWh

- 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 (m<sup>2</sup>/sec), Reproduzierbarkeit  
**Batteriebau** : Stückzahl, Fertigungstechnologie

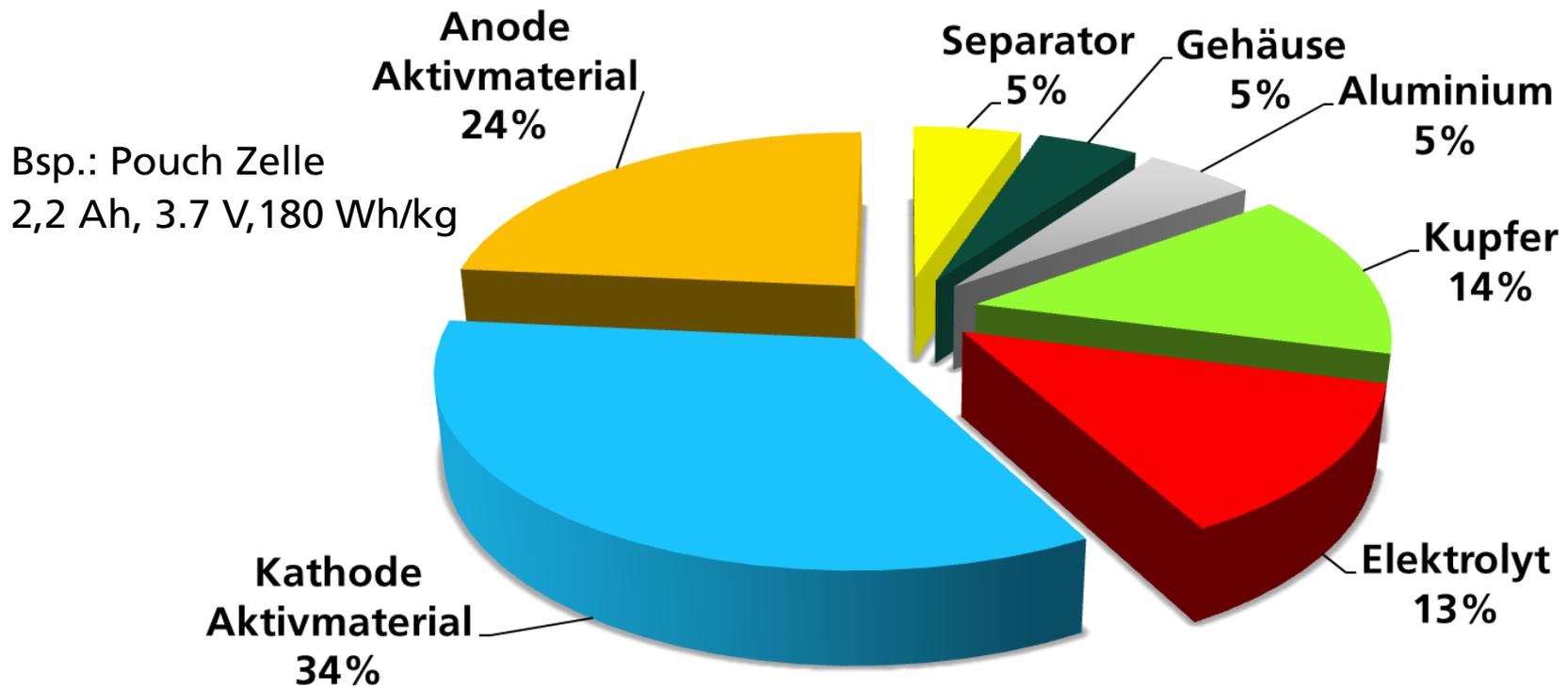
Kosten können auf 250 € / kWh (bis 2020) reduziert werden!

Quelle : Roland Berger Strategy Consultants

# Gewichtsverteilung einer Batterie- Zelle

Energieinhalt:

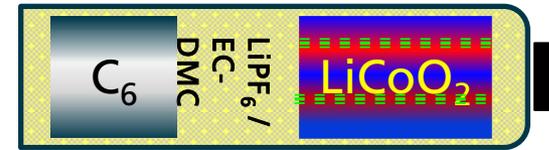
- „innere Energie“ bestimmt durch das aktive Elektrodenmaterial
- „äußere Energie“ bestimmt durch das Elektroden- / Batteriedesign



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

# Lithium Ionen Technologie

Gängige Technologie:

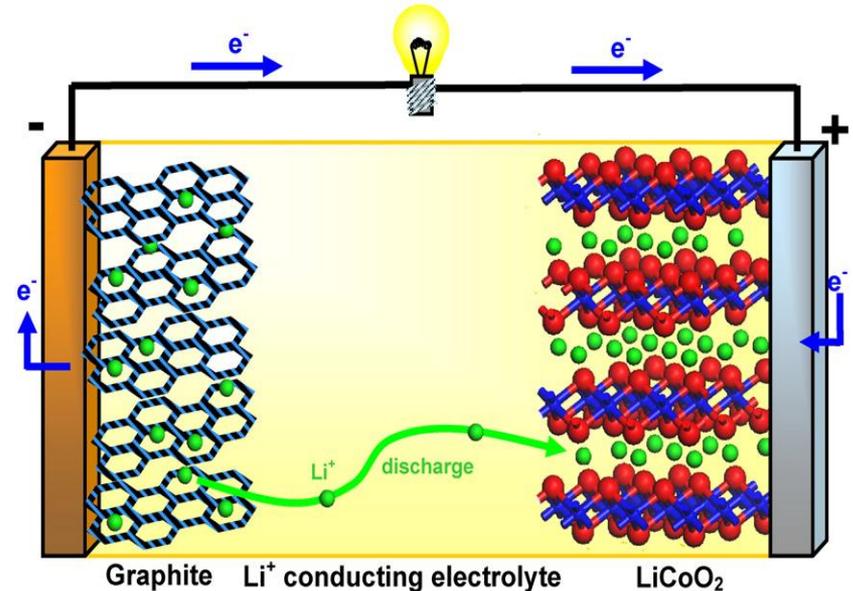


Kombination von zwei Insertionselektroden:

Für die Realisierung der Gen. I stehen:

- Kosten
- Sicherheit
- Lebensdauer
- Leistung

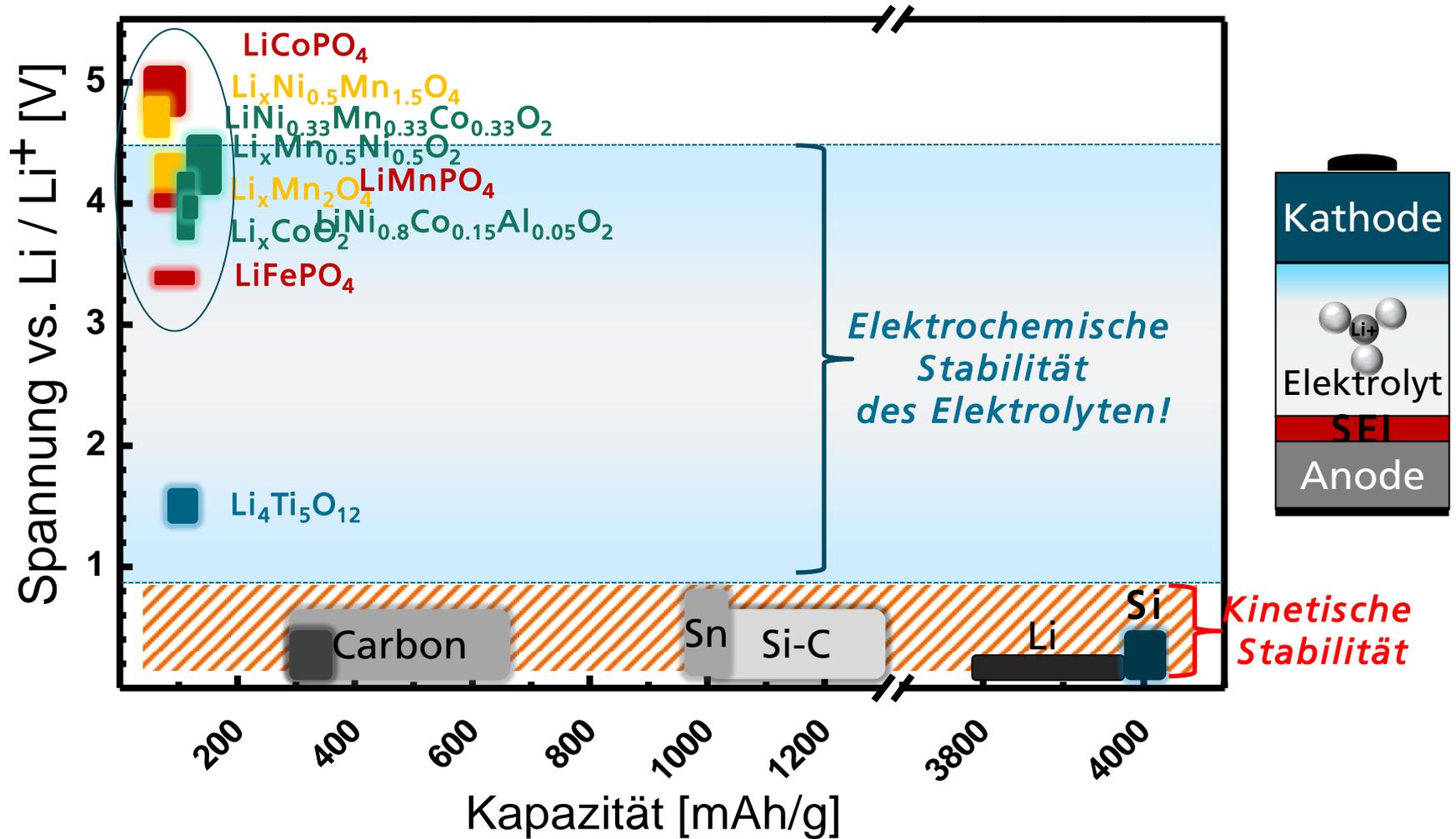
im Blickpunkt der Entwicklung.



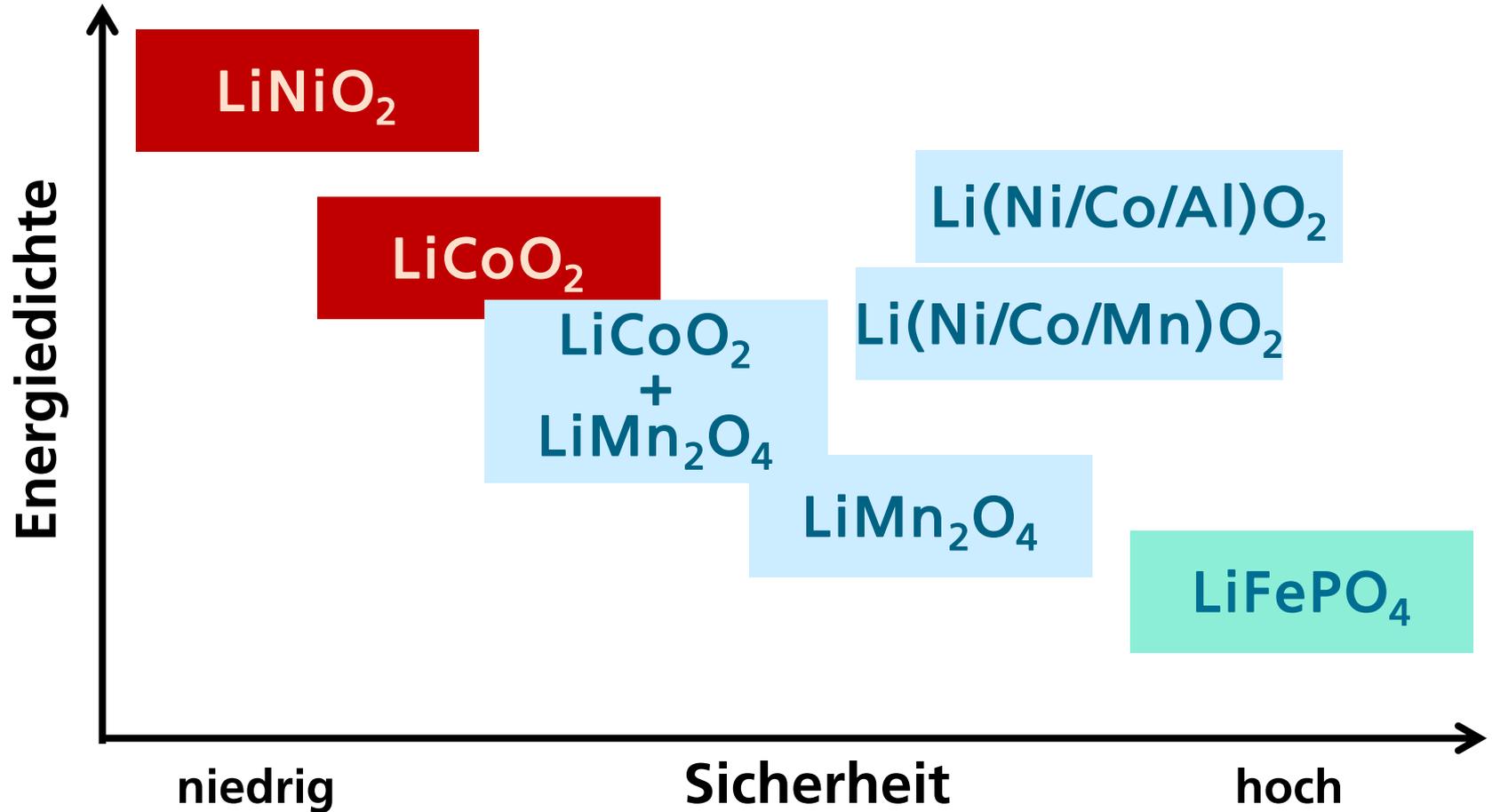
Quelle: Bruce, Solid State Ionics 179 (2008) 752–760

„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)**

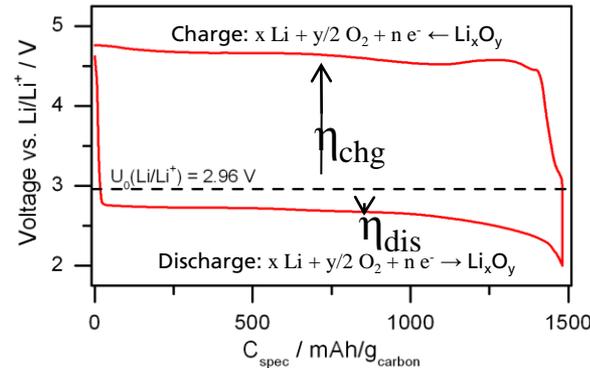
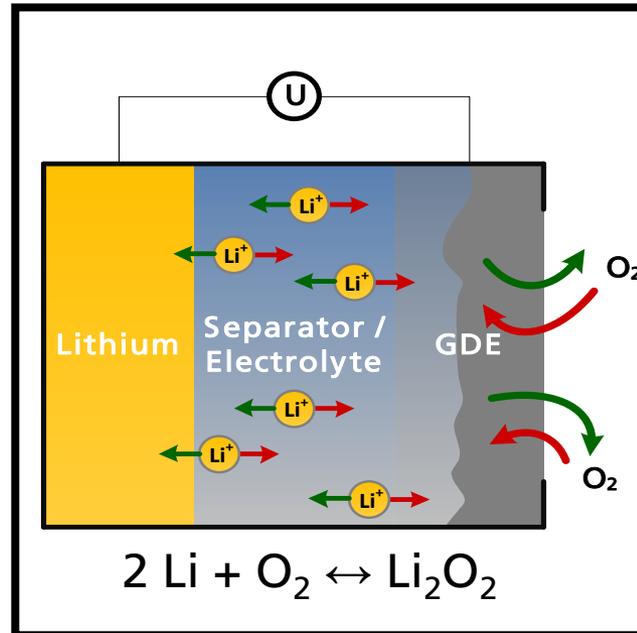
# Allgemeine Entwicklungsziele für Li/Luft-Akkus

## neg. Elektrode („Anode“)

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

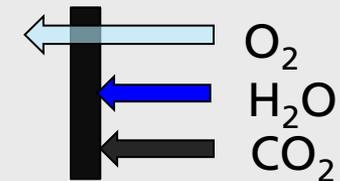
## Elektrolyt

- Stabilität
- gute Benetzung
- Li-Leitfähigkeit
- O<sub>2</sub> Löslichkeit



## pos. Elektrode („Kathode“)

### ■ Membran



### ■ Poröse GDE (↗ Kapazität)

- Porengröße
- Porenverteilung

### ■ Katalysator (↗ Effizienz)

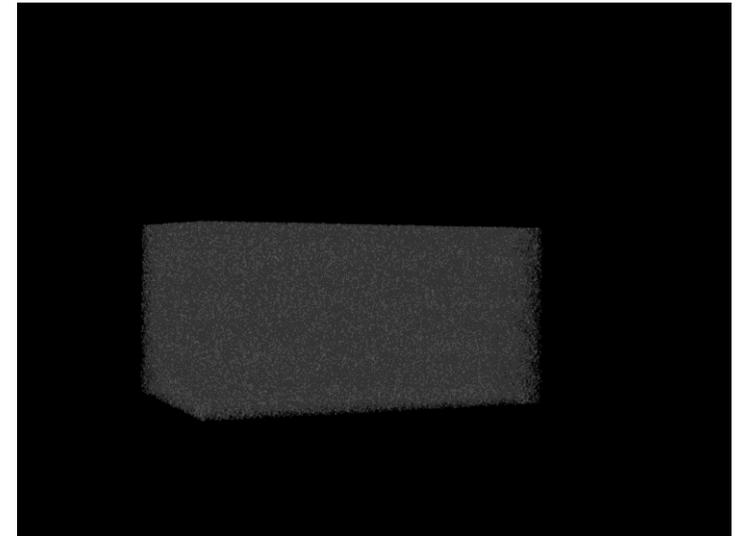
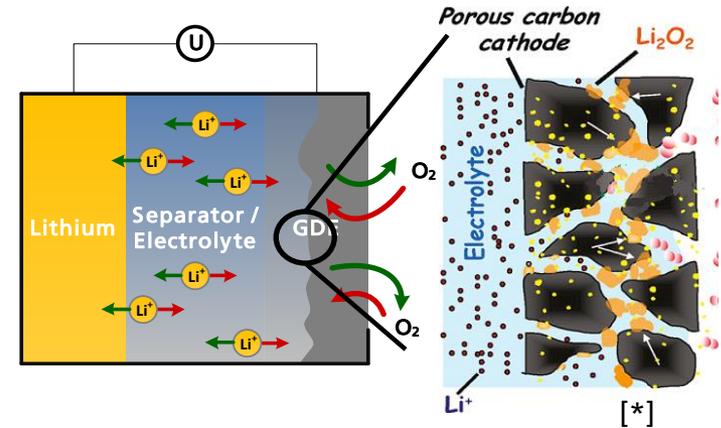
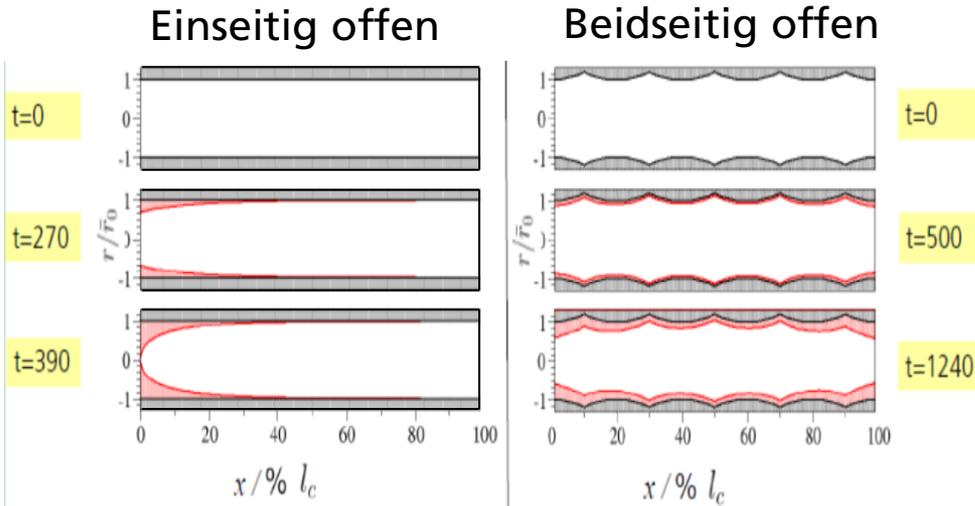
- Art
- Menge

# Positive Elektrode: Gasdiffusionselektroden

## Poröses Kohlenstoff Material:

- Graduiertes Porengefüge/Porosität
- Verbessertes Sauerstofftransport (und  $\text{Li}^+$ )
- Platzbedarf für Entladeprodukte ( $\text{LiO}_x$ )

Bsp: Simulation Porenverstopfung:



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

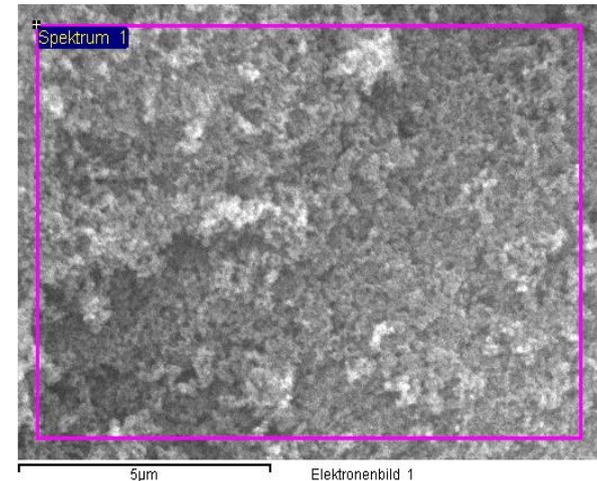
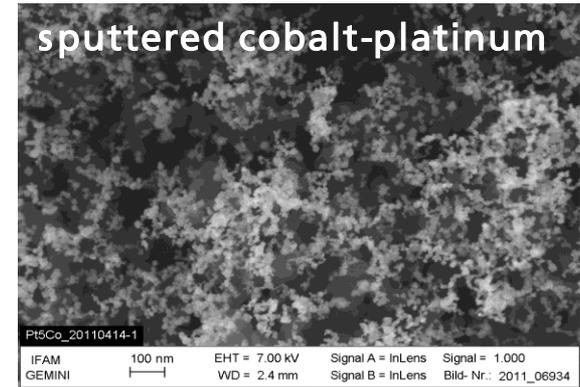
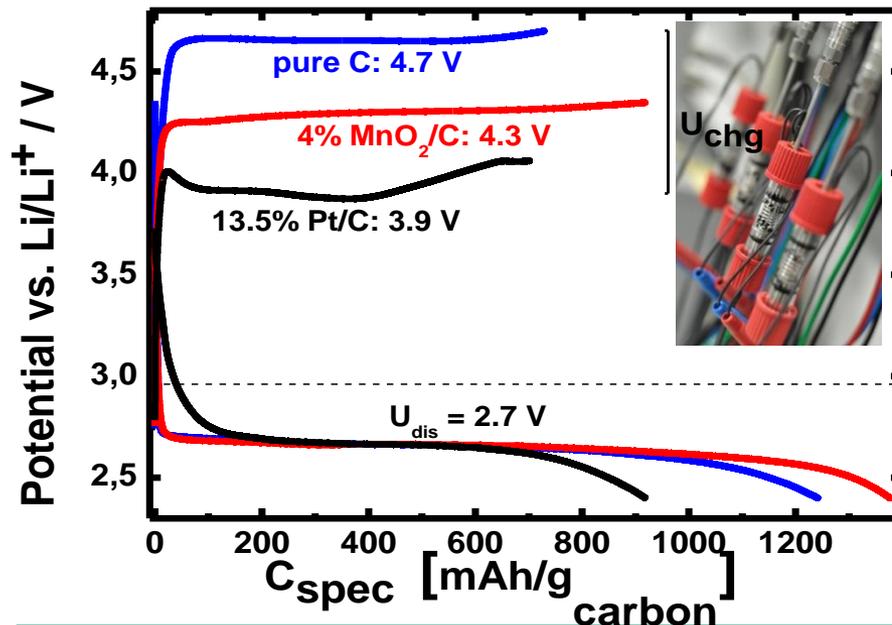
# Positive Elektrode: Gasdiffusionselektroden

## Katalysatoren

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

2. Ladezyklus

O<sub>2</sub> Atmosphäre mit LiPF<sub>6</sub>/PC, I=100 mA/cm<sup>2</sup>



# Einfluss des Elektrolyten in Lithium Luft Batterien

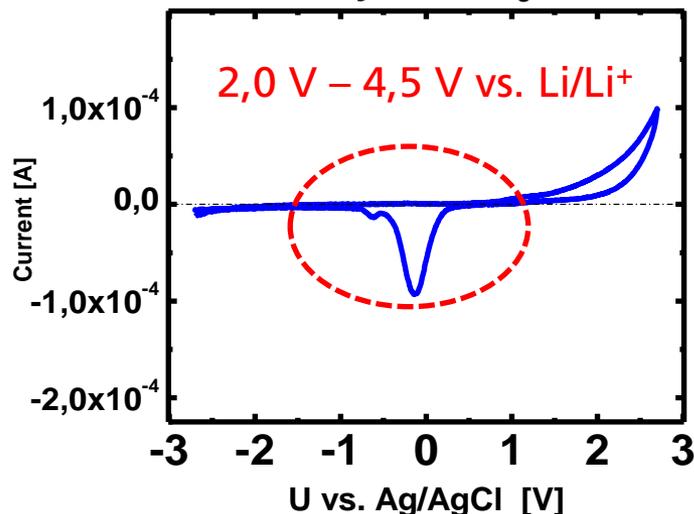
Elektrolyt {  
■ Leitsalz  
■ Lösemittel  
■ Additive

Anforderungen an den Elektrolyten:

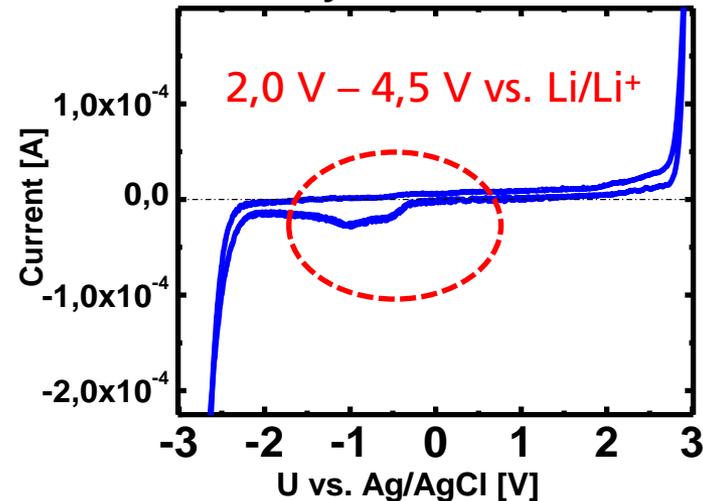
Hohe chemische Stabilität gegenüber Superoxide und Lithium.

CV Messungen in O<sub>2</sub> Atmosphäre:

Elektrolyt: LiPF<sub>6</sub> in PC

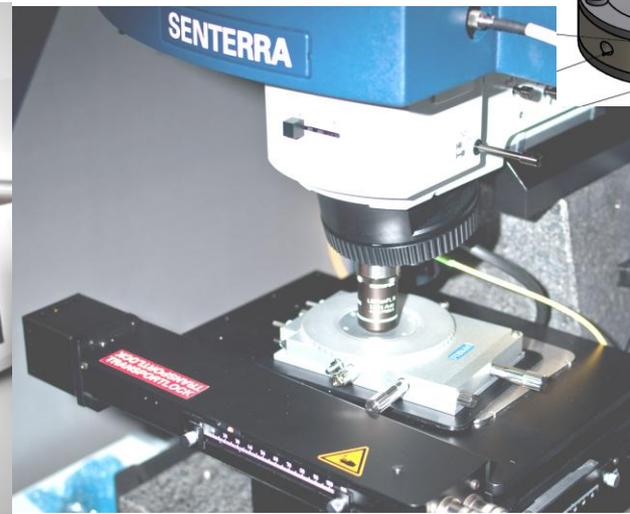
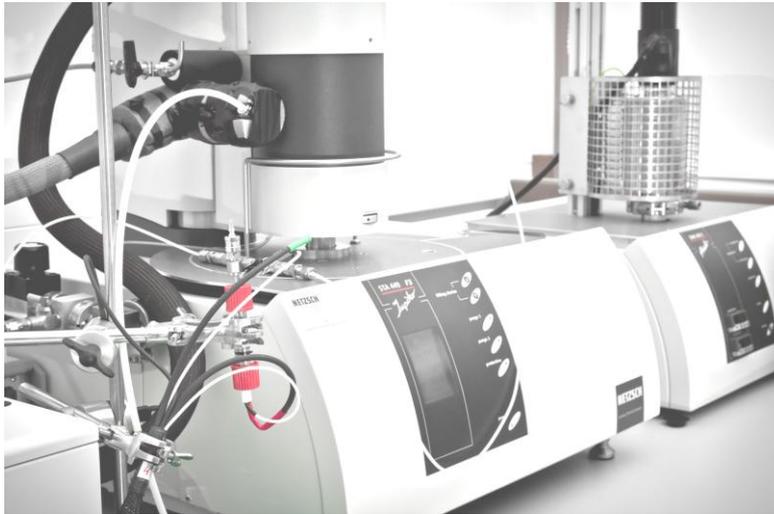


Elektrolyt: LiTFSI in MeCN



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:

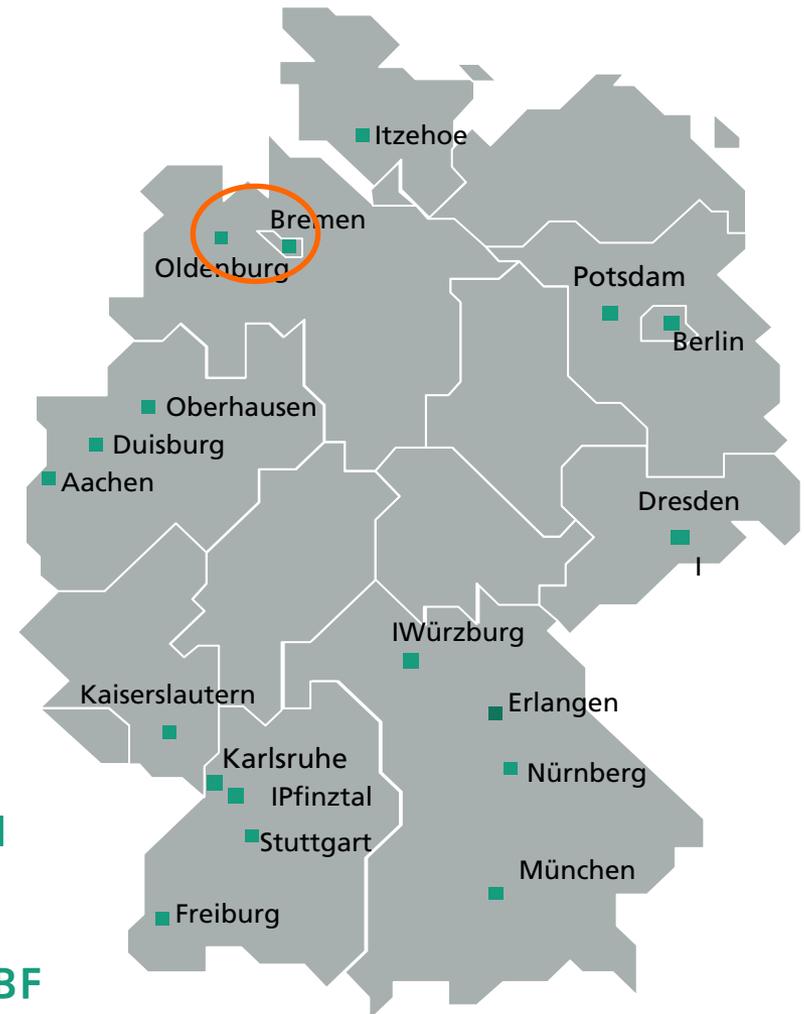
- LiB Systeme besitzen weiterhin hohes Entwicklungspotential hinsichtlich Kosten, Sicherheit, Leistung und Energiedichte (Gen I – Gen II)
- Verbesserte und nachhaltige Marktattraktivität für EV
- allg. Akzeptanz

## Neue Batterietechnologie (Gen IV) Metall Luft System:

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

# FhG Forschungslandschaft „Allianz Batterien“

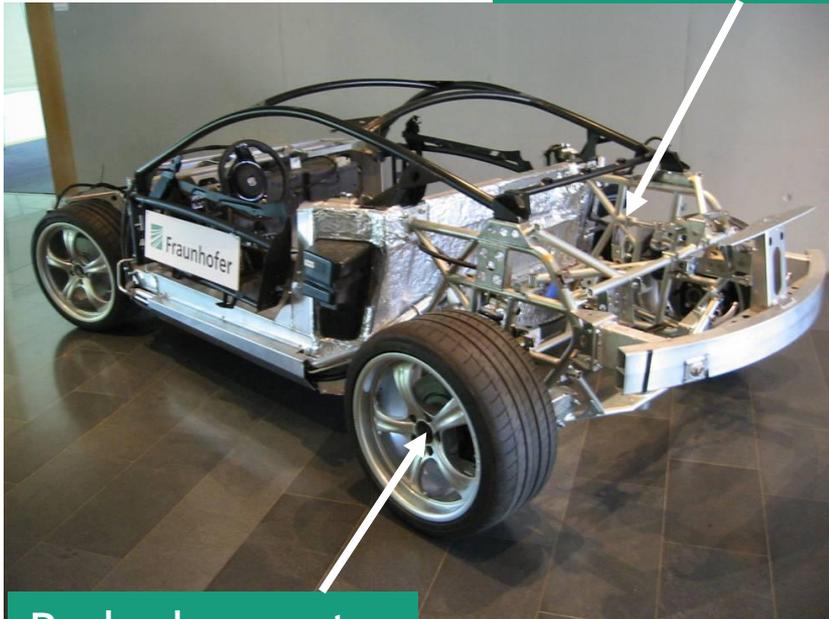
- Chemical Technology **ICT**
- Ernst-Mach-Institute **EMI**
- Manufacturing Technology and Applied Materials Research **IFAM**
- Integrated Circuits **IIS**
- Ceramic Technologies and Systems **IKTS**
- Silicate Research **ISC**
- Systems and Innovation Research **ISI**
- Integrated Systems and Device 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

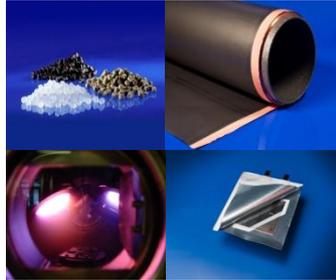
# Forschungsfeld der IFAM Projektgruppe

## Elektrische Energiespeicher

Zellchemie  
und  
Werkstoffe



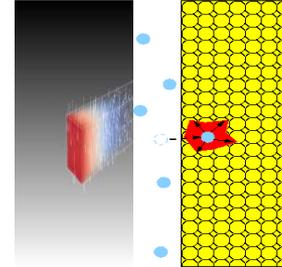
Fertigungs-  
und  
Prozess-  
technik



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](mailto:julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de)**