

Technologie und Auslegung von Batteriesystemen für die Elektromobilität

Solar Mobility
Berlin, 18.02.2010

B. Lutz, D. U. Sauer

Professur für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA)
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Flächenverbrauch Biotreibstoff vs. Elektroantrieb



→ Ertrag aus **Biomasse** der 2. Generation BTL (erwartet):
60.000 km/ha/Jahr



→ Ertrag aus **Photovoltaik** in Deutschland:
1.000.000 km/ha/Jahr

Annahmen: Einstrahlung in Deutschland: 1000 kWh/m²/a, Photovoltaik mit 10% Wirkungsgrad, Flächenbelegung 1/3, Fahrzeugverbrauch 20 kWh / 100 km, Wirkungsgrad Netz & Fahrzeug 60%

→ **16x höherer Fahrleistungsertrag mit PV gegenüber Biomasse**

Energieeffizienz Brennstoffzellen- vs. Elektrofahrzeug

→ Ausgangspunkt: elektrischer Strom (aus CO₂-freier Quelle)



→ Nutzungsgrad bei Brennstoffzellenfahrzeugen:
25 – 30%

→ **Eingangsennergiebedarf bei Wasserstoffnutzung etwa 2,5 x höher als bei Elektrofahrzeugen**



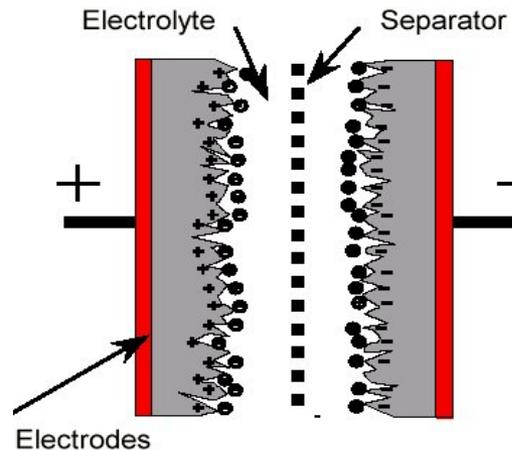
→ Nutzungsgrad bei batteriegetriebenen Elektrofahrzeugen:
70 – 75%

Gliederung

- Aktuell verfügbare Speichertechnologien
- Lithium-Ionen-Batterietechnologie
- Auslegung von Batteriesystemen
- Zusammenfassung

Aktuell verfügbare Speichertechnologien - SuperCaps

- Supercaps für Start/Stop-Technologie
 - geringe Energiedichte, hohe Leistung, nur drei Anbieter
 - ungeeignet für Elektrofahrzeuge
- „Wunder“-Kondensatoren sind angekündigt (basierend auf Barium-Titanat mit sehr hoher Dielektrizitätskonstante, EESTORE)
 - ➔ Technologie und Ökonomie in Bezug auf Elektrofahrzeuge unklar



Doppelschichtkondensatoren

Aktuell verfügbare Speichertechnologien – Blei-Batterie

- Herstellungskosten für Bleibatterie liegen strukturell bei nur etwa 1/5 gegenüber Li-Ionen-Batterien
- Derzeit viele (auch neue) Produkte im Markt (kleine Elektro-PKW, Roller, Transporter, Fahrräder)
- Lebensdauer begrenzt (bis 1000 Zyklen)
- Gewicht hoch (ca. 320 kg für 80 km Reichweite in einem Kleinwagen)
- Aber: hohe Wahrscheinlichkeit, dass eine Reihe von (Billig-)Fahrzeugen mit Blei-Technologie auf den Markt kommen werden



Abbildung: Exide

Aktuell verfügbare Speichertechnologien - NiMH

- NiMH für alle aktuellen Hybridfahrzeuge am Markt
 - technisch ausgereift, sicher
 - gute Lebensdauer im teilzyklischen Betrieb
 - Ausbau der Kapazitäten in Japan
 - bis 2012 steigender Absatz erwartet
 - geringes Potential für Kostensenkung und Erhöhung der Energiedichte
 - Keine nachhaltige Option für PHEV und EV



Quelle: Toyota



Quelle: Cobasys

Aktuell verfügbare Speichertechnologien – Hochtemperaturbatterien

- ZEBRA-Batterie (NaNiCl) in vielen Elektrotraktionsanwendungen (aktuell meist verkaufte Batterie für Elektrofahrzeuge)
 - Kosten um 500 €/kWh im System (heute !)
 - Produktionskapazitäten bei nur einem Hersteller sehr klein
 - Betriebstemperatur 300°C, thermische Verluste ca. 100 W
 - nicht optimal für Privatkunden wg. thermischen Verlusten
 - Gute Technologie für Flotteneinsatz



Quelle: NGK, MES-DEA

Aktuell verfügbare Speichertechnologien – Lithium-Ionen

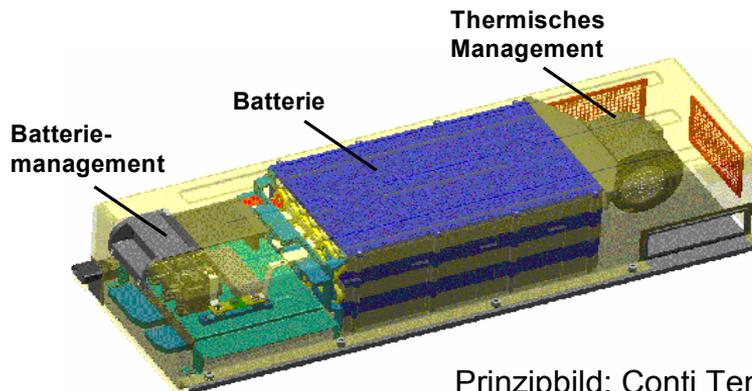
- Lithium-Ionen erst seit 2009 in ersten Serienfahrzeugen im Einsatz
- Großer Markt im Bereich tragbare Geräte, PowerTools, Elektrofahrräder, Gartengeräte, etc.



Quelle: Kokam



Quelle: Daimler



Prinzipbild: Conti Temic



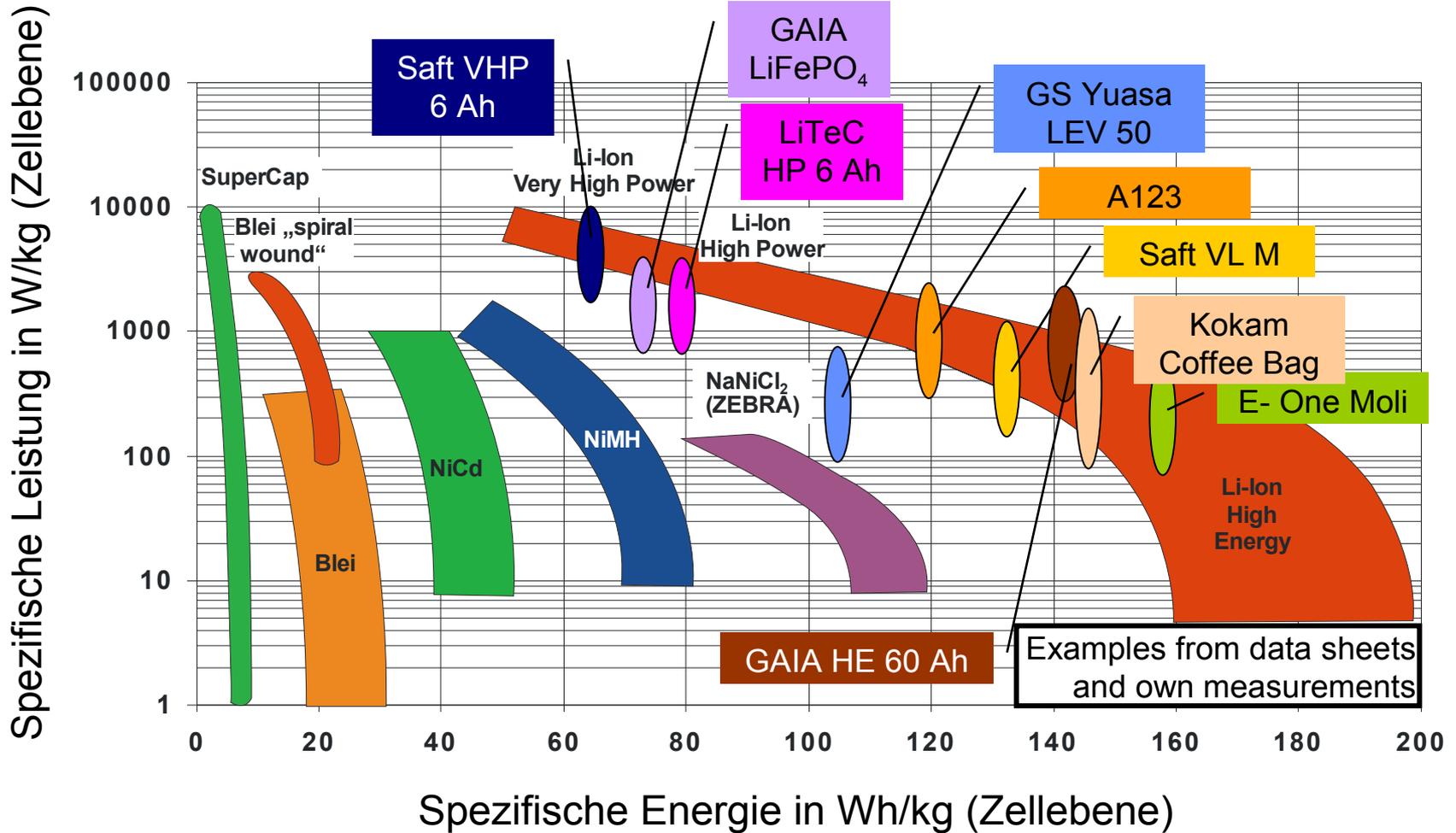
Quelle:
Saft

Gliederung

- Aktuell verfügbare Speichertechnologien
- Lithium-Ionen-Batterietechnologie
- Auslegung von Batteriesystemen
- Zusammenfassung

Gravimetrische Leistungsdichte vs. Energiedichte

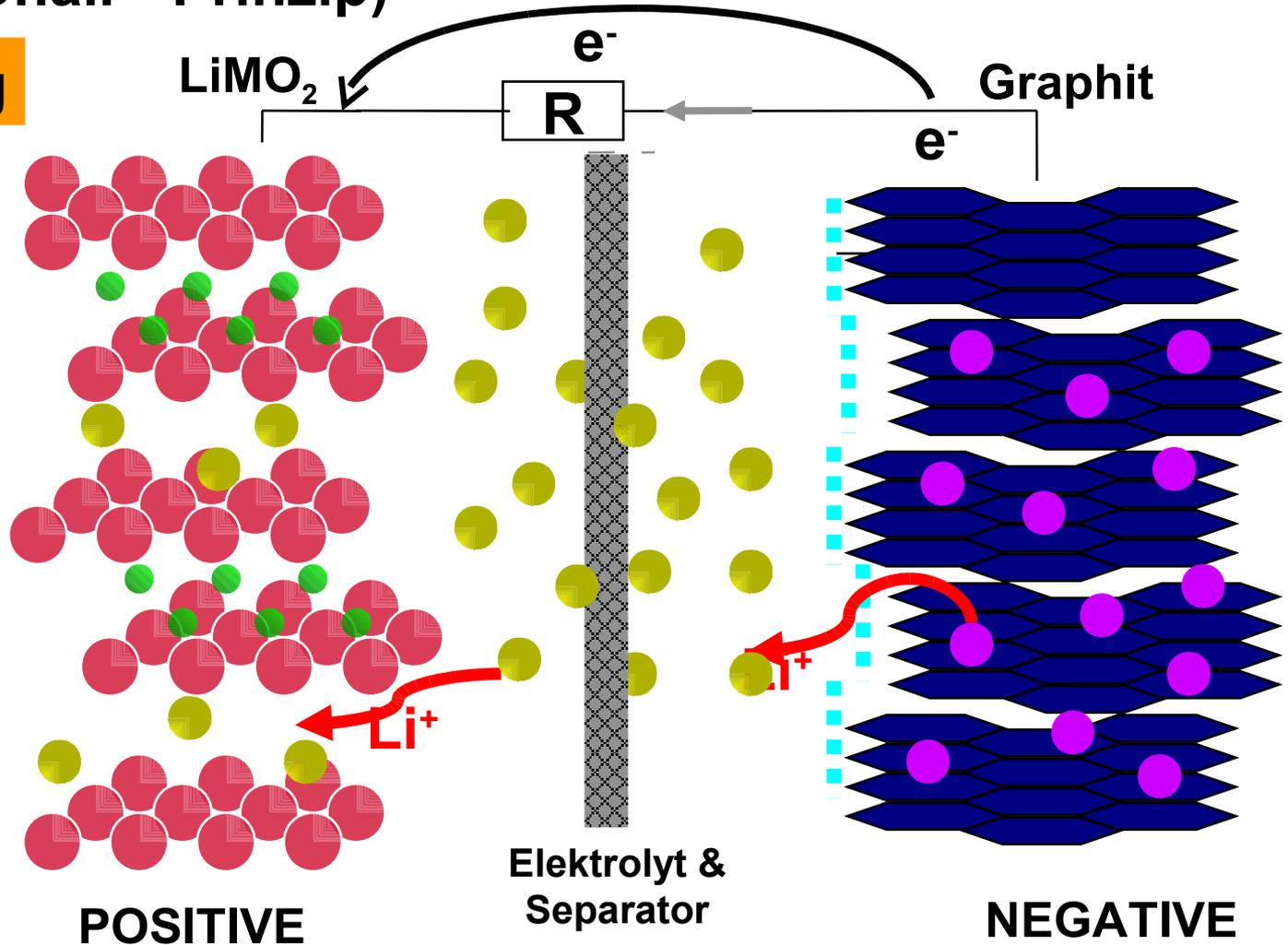
(Leistungs- und Energiedichten spezifischer Produkte aus Datenblättern und eigenen Messungen)



Das Lithium-Ionen System (Interkalationselektroden, „Rocking Chair“-Prinzip)

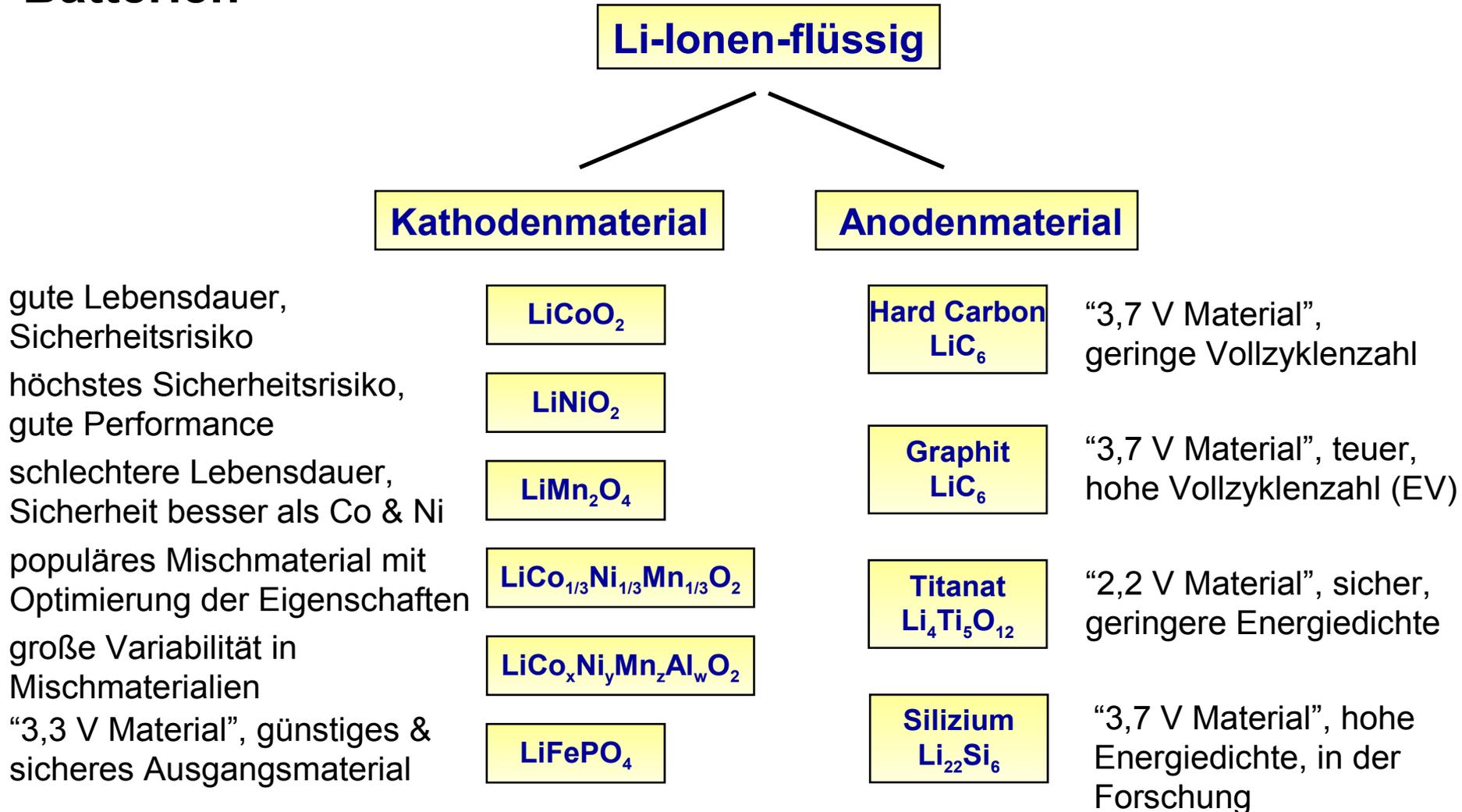
Entladung

- Sauerstoff
- Li^+ LiC_6
- Metall-Ion
- Graphit
- Separator



Graphik: Saft

Aktuelle Hauptentwicklungslinien bei Lithium-Ionen-Batterien



Unterschiedliche Zellkonzepte



Rundzelle

- Viel Erfahrung im Zelldesign
- Hohe Lebensdauererwartung
- Kühlung aufwändig



Pouch („Coffee bag“)-Zelle

- Sehr gute Kühleigenschaften
- Hohe Energiedichte
- Dichtigkeit der Folie zentrale Fragestellung



Prismatische Zelle

- einfacher Verbau
- schlechte Kühleigenschaften
- Vereint einige Vorteile von Rund- und Pouch-Zellen

Kosten von Li-Ionen-Batterien

heute

- Hochenergiebatterien bei ca. 1000 - 1500 €/kWh (Kleinserie), aber Preisangaben sehr schwierig, da kein echter Markt existiert

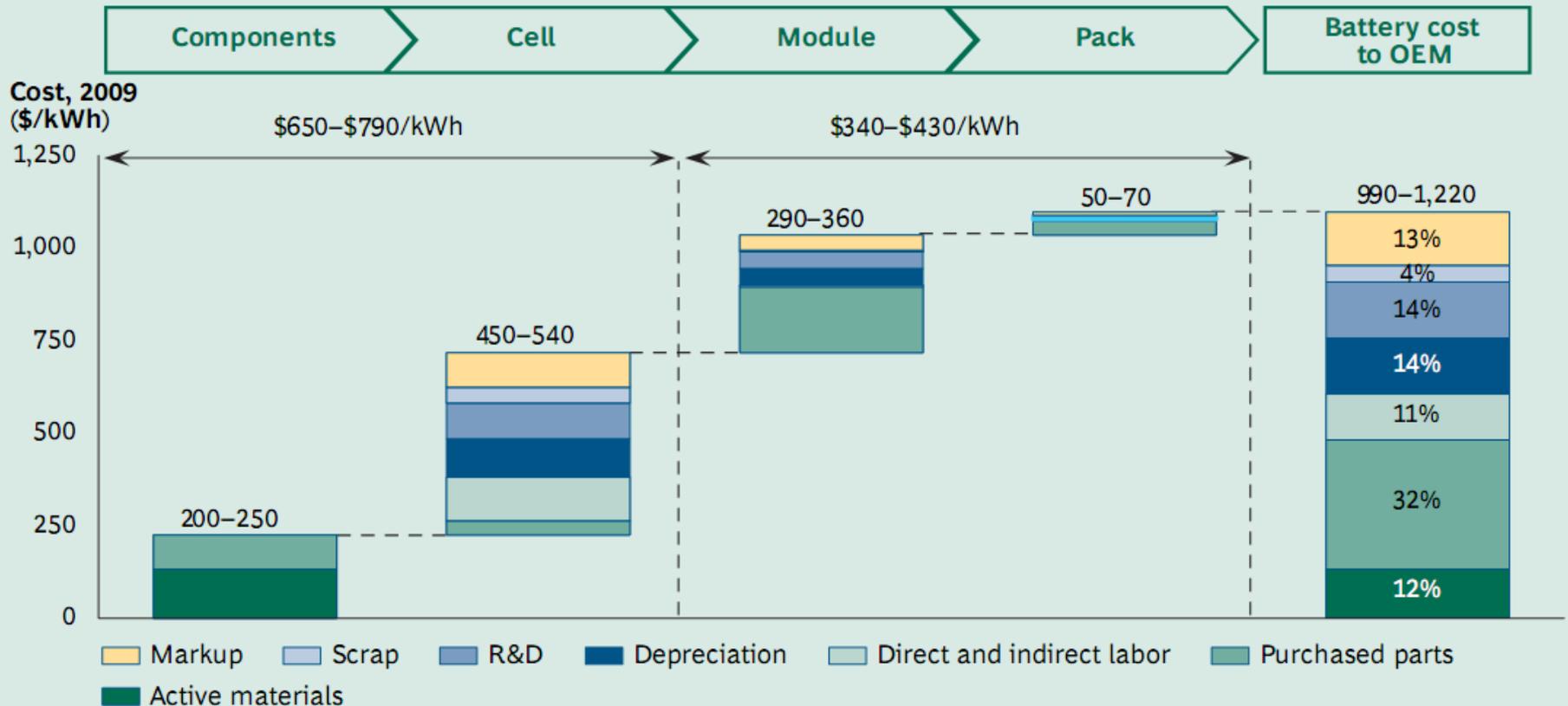
Einschätzung bzw. Marktforderung der erreichbaren Kosten bei Massenproduktion:

- 500 €/kWh für Hochleistungsbatterien
- 300 €/kWh für Hochenergiebatterien (Schätzung aus Japan liegen bei 160 €/kWh)

Warum?

- Kokam liefert heute bei großen Stückzahlen heute für < 500 €/kWh (HE)
- Hochenergiebatterien aus China heute schon für 300 €/kWh erhältlich (Markt für Elektrofahrräder), Qualität fraglich
- Laptop-Batterien heute bei 220 €/kWh, Kostenreduktion 1995 – 2005 etwa Faktor 5

Exhibit 3. Batteries Cost OEMs About \$1,100 per kWh at Low Volumes

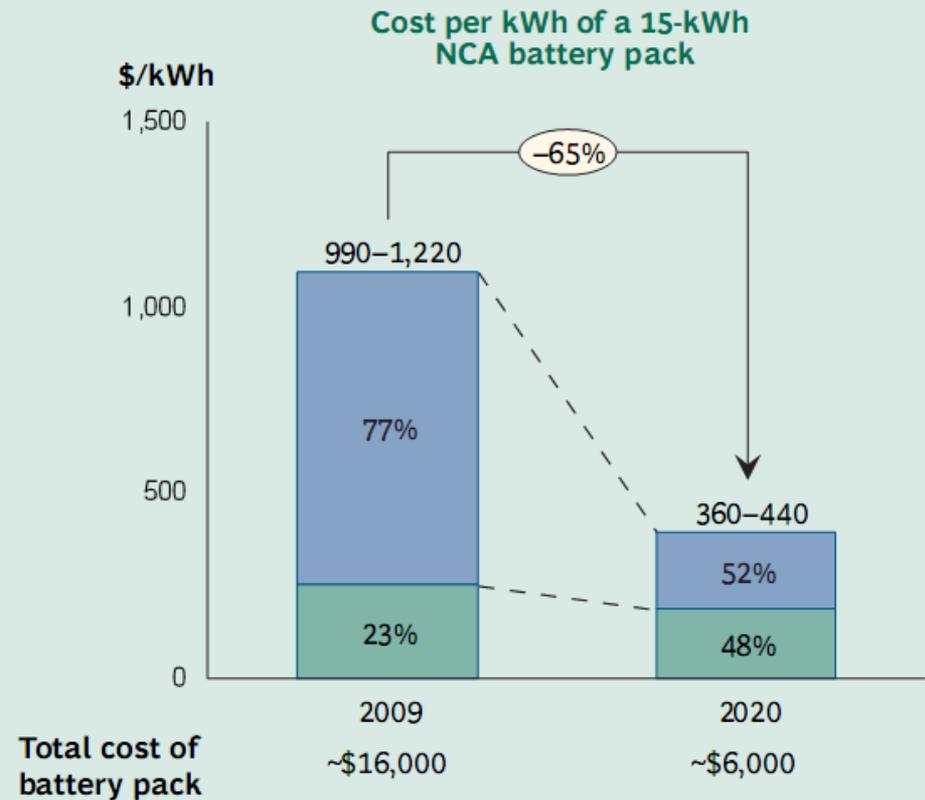
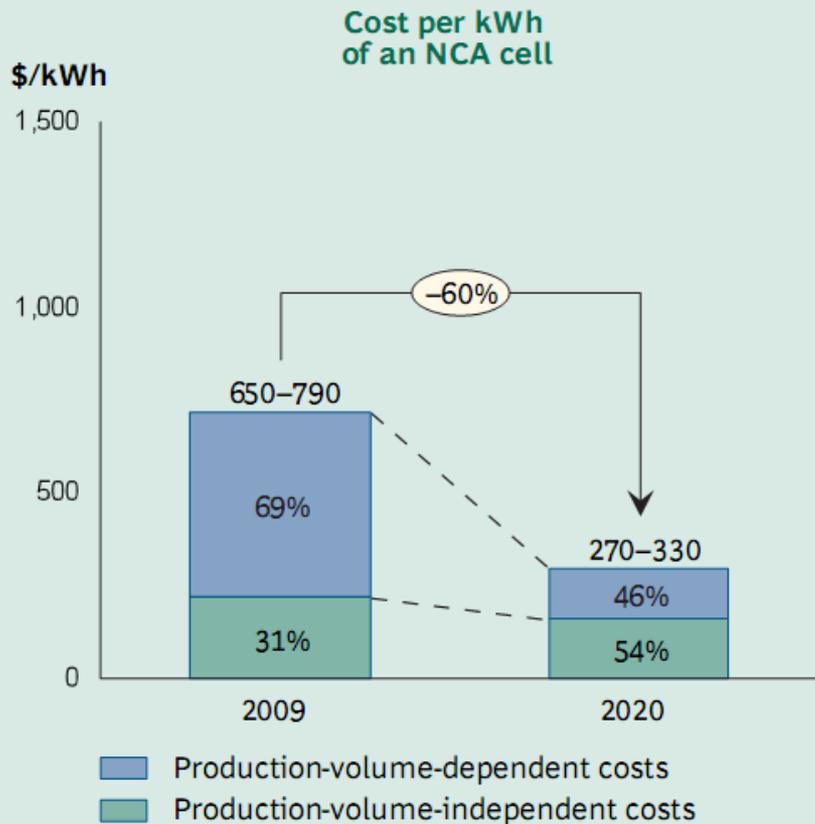


Sources: Interviews with component manufacturers, cell producers, tier one suppliers, OEMs, and academic experts; Argonne National Laboratory; BCG analysis.

Note: Exhibit shows the nominal capacity cost of a 15-kWh NCA battery and assumes annual production of 50,000 cells and 500 batteries, as well as a 10 percent scrap rate at the cell level and a 2 percent scrap rate at the module level. Numbers are rounded.

Quelle: Boston Consulting Group, 2009

Exhibit 4. Battery Costs Will Decline 60 to 65 Percent from 2009 to 2020



Sources: Interviews with component manufacturers, cell producers, tier one suppliers, OEMs, and academic experts; Argonne National Laboratory; BCG analysis.

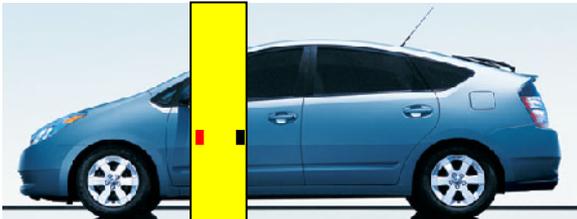
Note: Exhibit assumes annual production of 50,000 cells and 500 batteries in 2009 and 73 million cells and 1.1 million batteries in 2020. Numbers are rounded.

Quelle: Boston Consulting Group, 2009

Gliederung

- Aktuell verfügbare Speichertechnologien
- Lithium-Ionen-Batterietechnologie
- Auslegung von Batteriesystemen
- Zusammenfassung

Elektrifizierung des Individualverkehrs



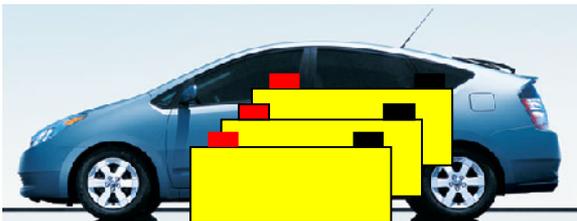
Hybridfahrzeug

Speicher ca. 1 kWh, Ladung nur während Fahrt, Treibstoffeinsparung max. 20%



Plug-in Hybrid

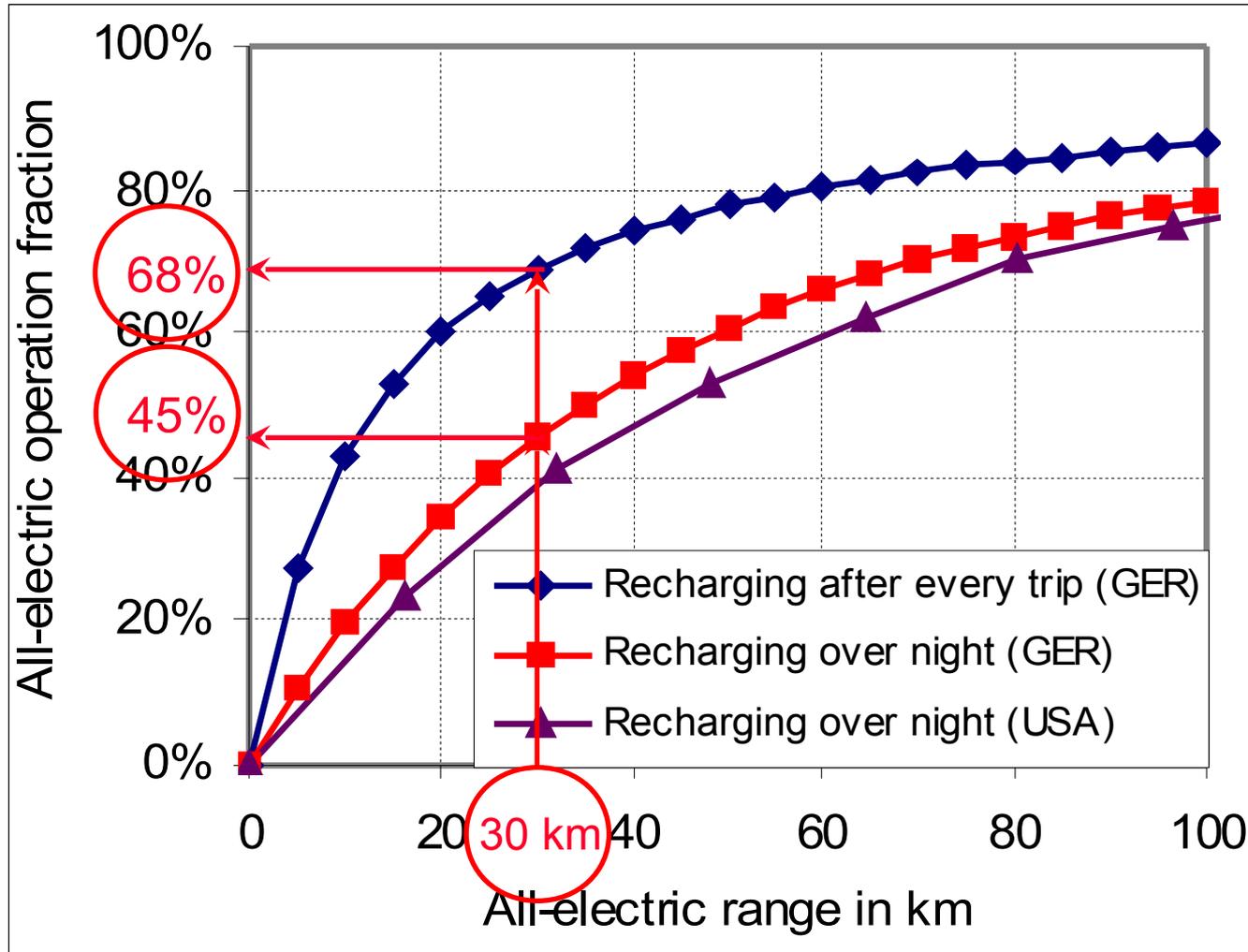
Speicher 5 – 10 kWh, Ladung aus dem Netz, 20 – 50 km Reichweite ohne Treibstoff, volle Reichweite, volle Leistungsfähigkeit



Elektrofahrzeug

Speicher 15 – 40 kWh, Ladung aus dem Netz, 100 – 300 km Reichweite ohne Treibstoff,

Auslegung des Speichers von Plug-in Hybriden

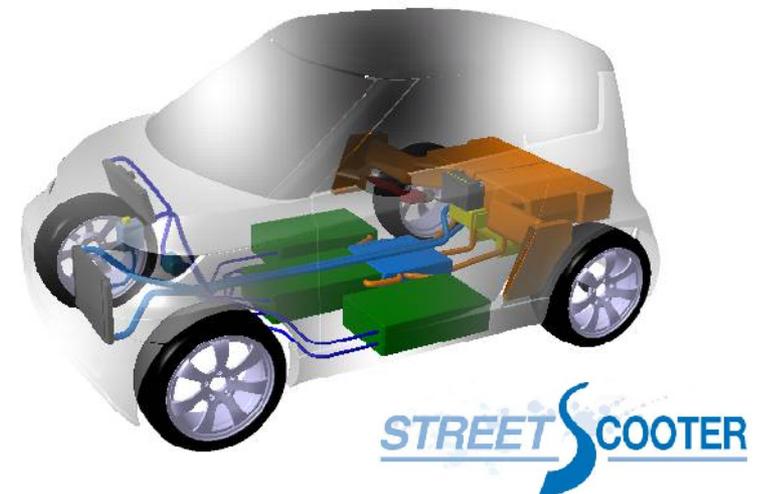


➔ sehr hohes Kraftstoffeinsparpotential mit kleiner Batterie

Auslegung des Batteriespeichers – Elektroauto

Größe der Batterie wird durch Kundenwunsch bestimmt

- Größe in Abhängigkeit des Energiebedarfs (typisch 10 bis 20 kWh/100km)
- **Wichtig:** Wirtschaftlichkeit von Elektroautos ergibt sich vor allem durch Substitution von Treibstoff durch günstigeren Strom
- **Wichtig:** Batterien haben eine Zyklen- und eine kalendarische Lebensdauer.
- Modulare Batteriekonzepte mit Batterien für z.B. 50, 100 oder 150 km sind interessant



Warum sind langreichweitige reine Elektrofahrzeuge wirtschaftlich schwierig darzustellen?

Größe der Batterie für 200 km elektrische Reichweite: ca. 30 kWh
(sehr sparende Stadtfahrzeuge ggf. 20 kWh, große Fahrzeuge eher 40 kWh)

Kosten der Batterie (nur Einkauf Batteriesystem durch Automobilhersteller):
ca. 30 x 300 € = 9.000 €

➔ Mehr als Produktionskosten eines Mittelklassefahrzeugs

➔ Gewicht bei 100 Wh/kg ➔ 300 kg

- Batterie ist nach 10 bis 15 Jahren kaputt, auch wenn sie nicht genutzt wird
- Mittlere Nutzung von 37 km/Tag ➔ 80% der Batterie stehen sich im Wesentlichen kaputt

Gliederung

- Aktuell verfügbare Speichertechnologien
- Lithium-Ionen-Batterietechnologie
- Auslegung von Batteriesystemen
- Zusammenfassung

Elektromobilität muss intelligent eingesetzt und vermarktet werden ...

→ **Vollelektrische Fahrzeuge für kurze Distanzen („Zweitfahrzeuge“, Stadtverteildienste, Handwerker, etc.)**

oder teure Oberklassewagen bei denen der Preis keine entscheidende Rolle spielt oder für Nutzer, die täglich große Distanzen zurücklegen

→ **Plug-in Hybridfahrzeuge als Ersatz für das heutige Universalfahrzeug**

... dann ist auch mit den derzeit verfügbaren Batterien die Wirtschaftlichkeit näher als oft diskutiert wird.

Technologie und Auslegung von Batteriesystemen für die Elektromobilität

Solar Mobility
Berlin, 18.02.2010

B. Lutz, D. U. Sauer

Professur für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA)
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen