



Elektromobilität
Perspektive für die Automobilindustrie?

Hannover, 06.02.2009

**Batterietechnik – Stand und technologische
Entwicklungstendenzen**

Margret Wohlfahrt-Mehrens

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)
Baden-Württemberg
Helmholtzstraße 8, 89081 Ulm

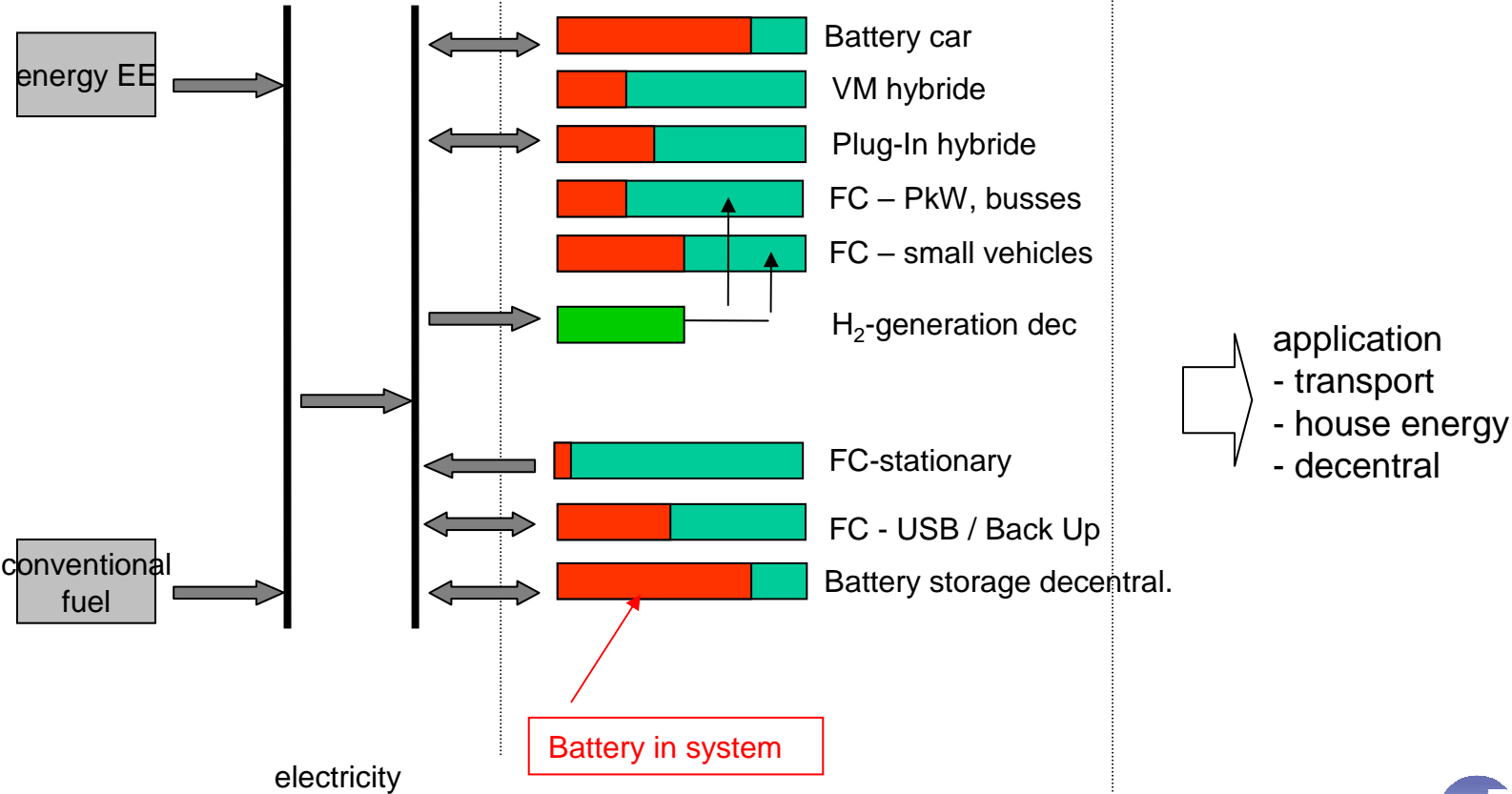
Energiespeicher – Schlüsseltechnologie für neue Antriebe

-Energy generation
-Intelligent grid distribution

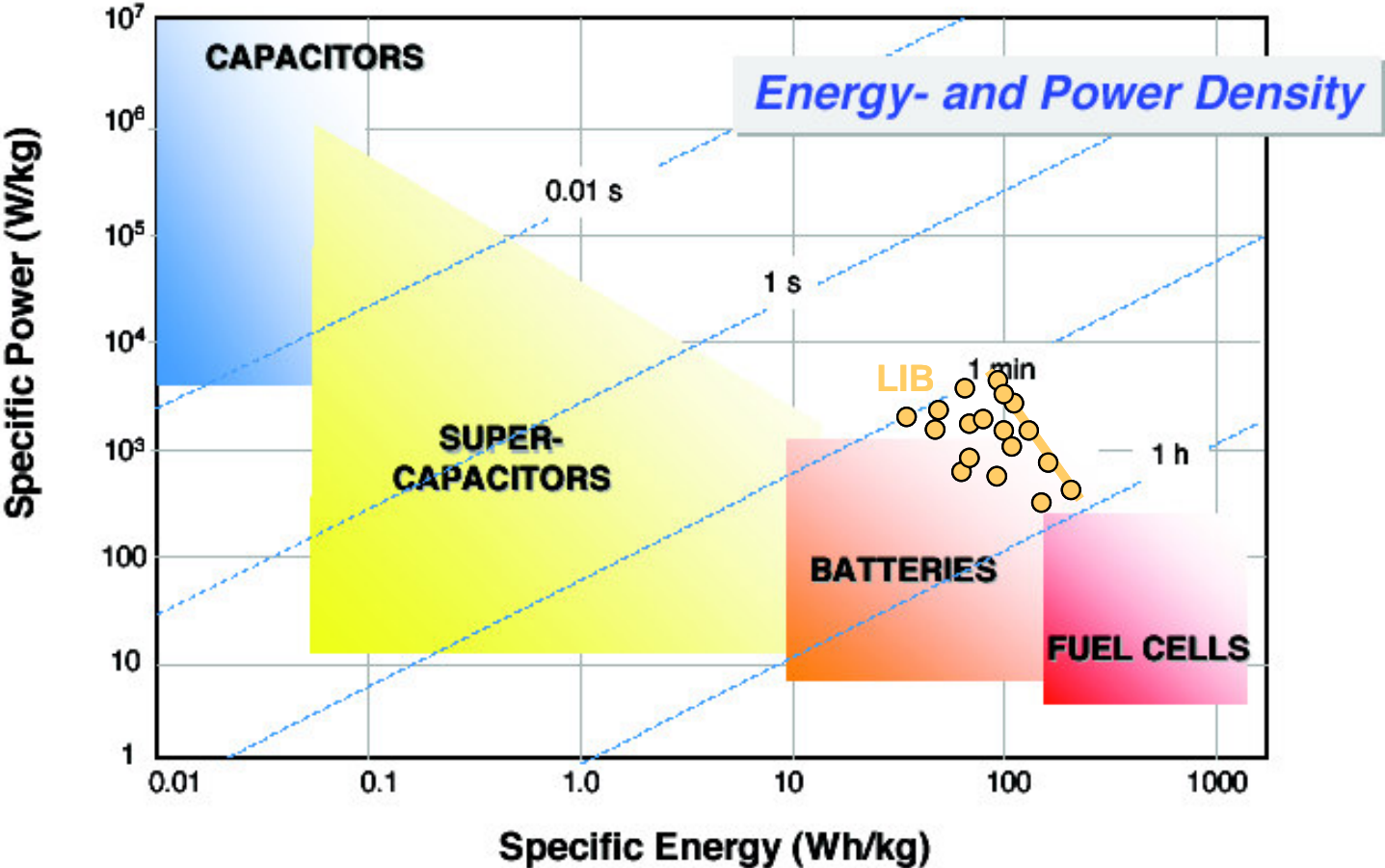
- Fundamentals
- materials

- components
- systems

- demonstration
- market introduction



Energiespeichersysteme



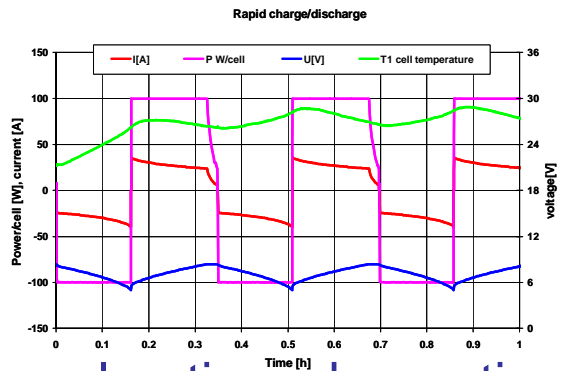
Anforderungen an EV-Batterien

Energy density

consumer: < 50 Wh
 hybride: 1-2 kWh
 plug-in HEV: 6 – 10 kWh
 traction : > 30 kWh

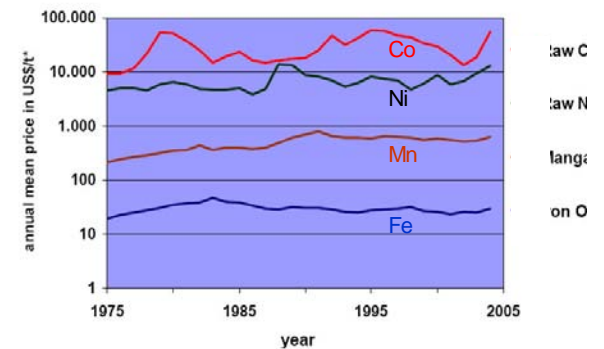


Power density



acceleration, charge time

costs



Safety



Life time

Speichersysteme in Fahrzeugen

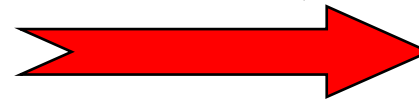
Die wichtigsten Anforderungen

- **(H)EV Antriebsbatterie**
 - Sehr hohe Leistungen
 - Lange Lebensdauer im zyklischen Betrieb
 - Geringes Gewicht / Volumen
- **Starterbatterie**
 - Hohe Leistung (Kaltstart!)
 - Mindestenergie erforderlich
 - Geringe Kosten
- **Back Up Systeme**
 - Sehr hohe Zuverlässigkeit
 - Diagnosefähigkeit
 - Geringe Selbstentladung

NiMH, Li-Ionen



Bleibatterien (Li-Ionen?)



Blei?, Li-Ionen?

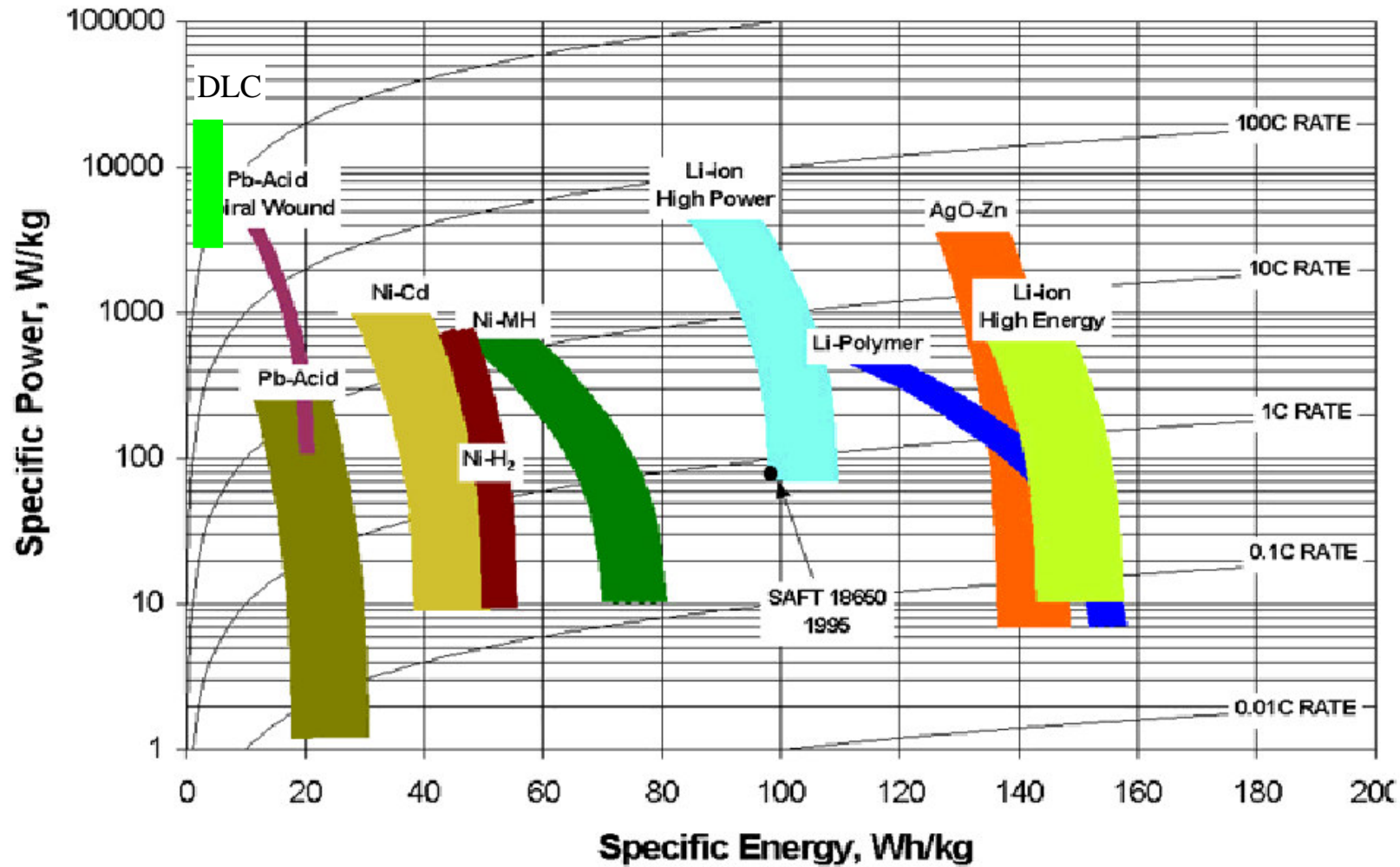
Doppelschichtkondensator?



Welche Technologien sind geeignet und was sind deren Eigenschaften?

Wiederaufladbare Batteriesysteme (Zellebene)

- praktisch erzielte Werte -



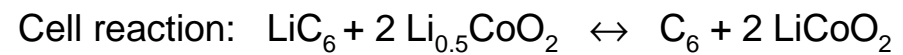
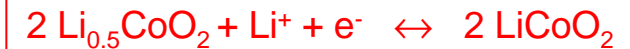
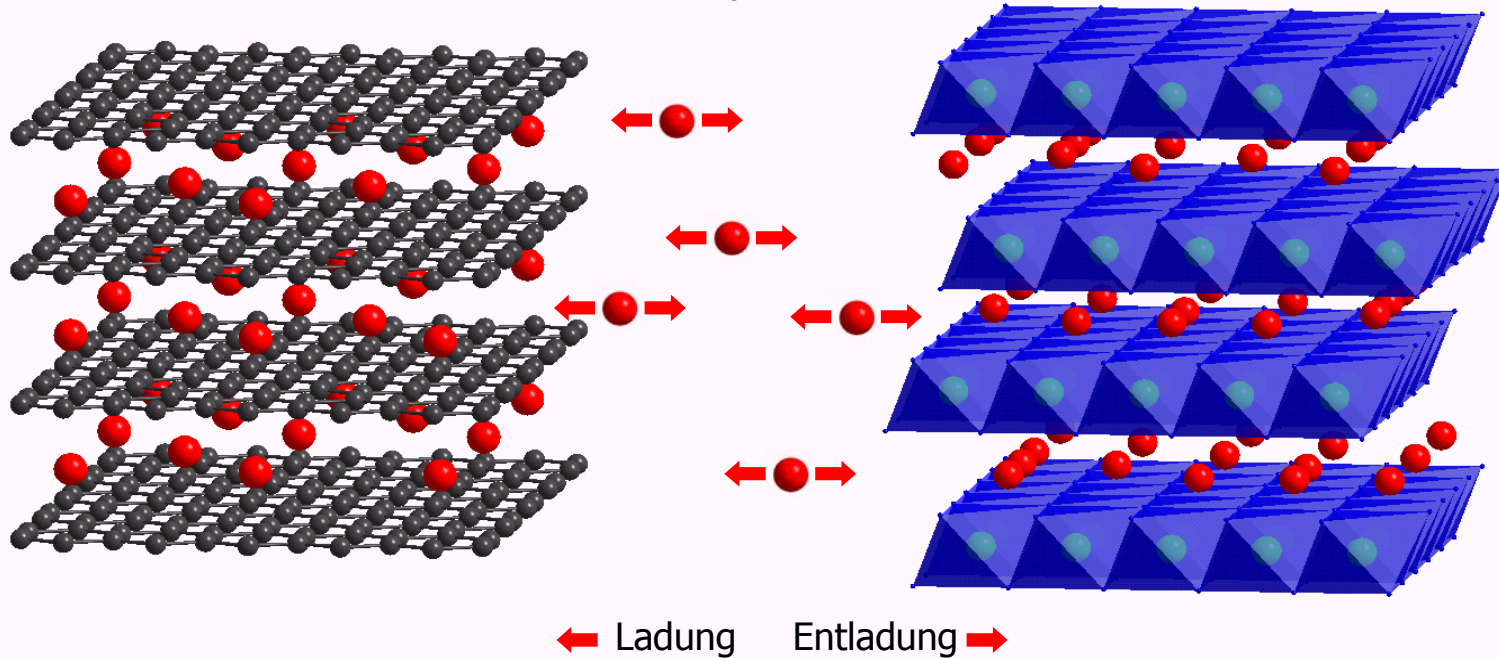
Quelle: SAFT

Funktionsprinzip der Lithium-Ionen-Batterie

Negative Elektrode / Anode
(z.B. Grafit)

Elektrolyt
(z.B. LiPF_6 / EC-DEC)

Positive Elektrode / Kathode
(z.B. LiCoO_2)



Herausforderungen an die (Li-Ionen-) Batterie

Energiedichte

- Größe und Gewicht der Batterie
- Reichweite
- LIB hat 20 bis 80 % höhere Energiedichte als Ni-MH

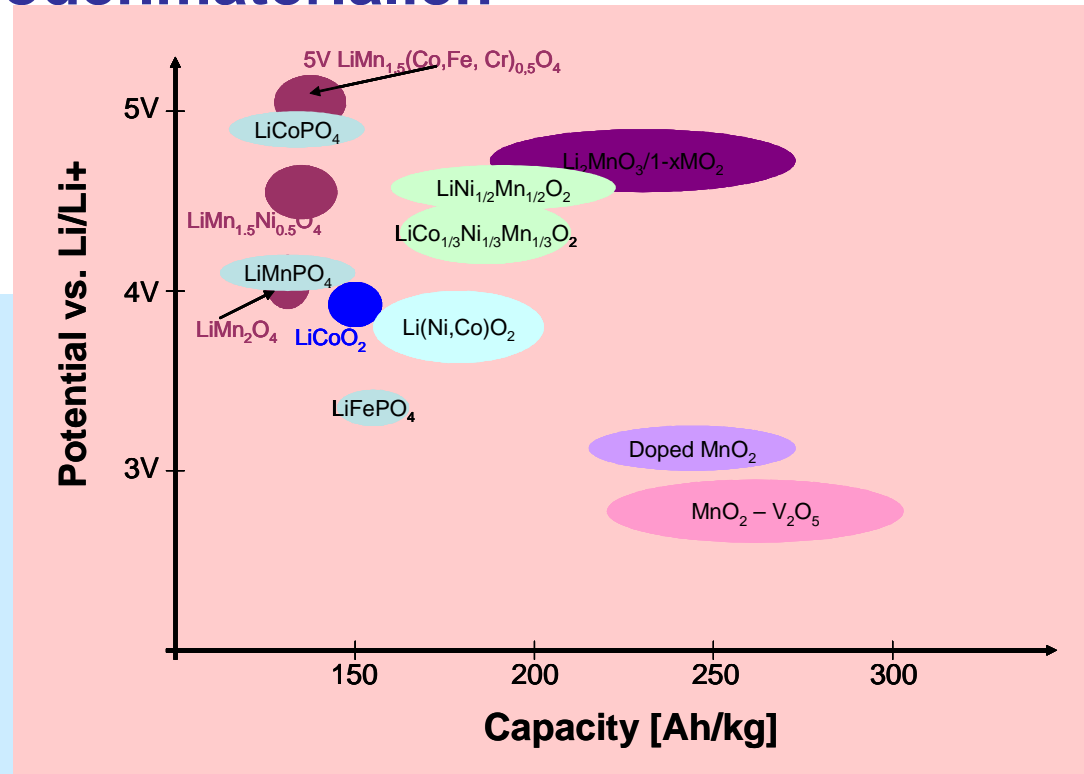
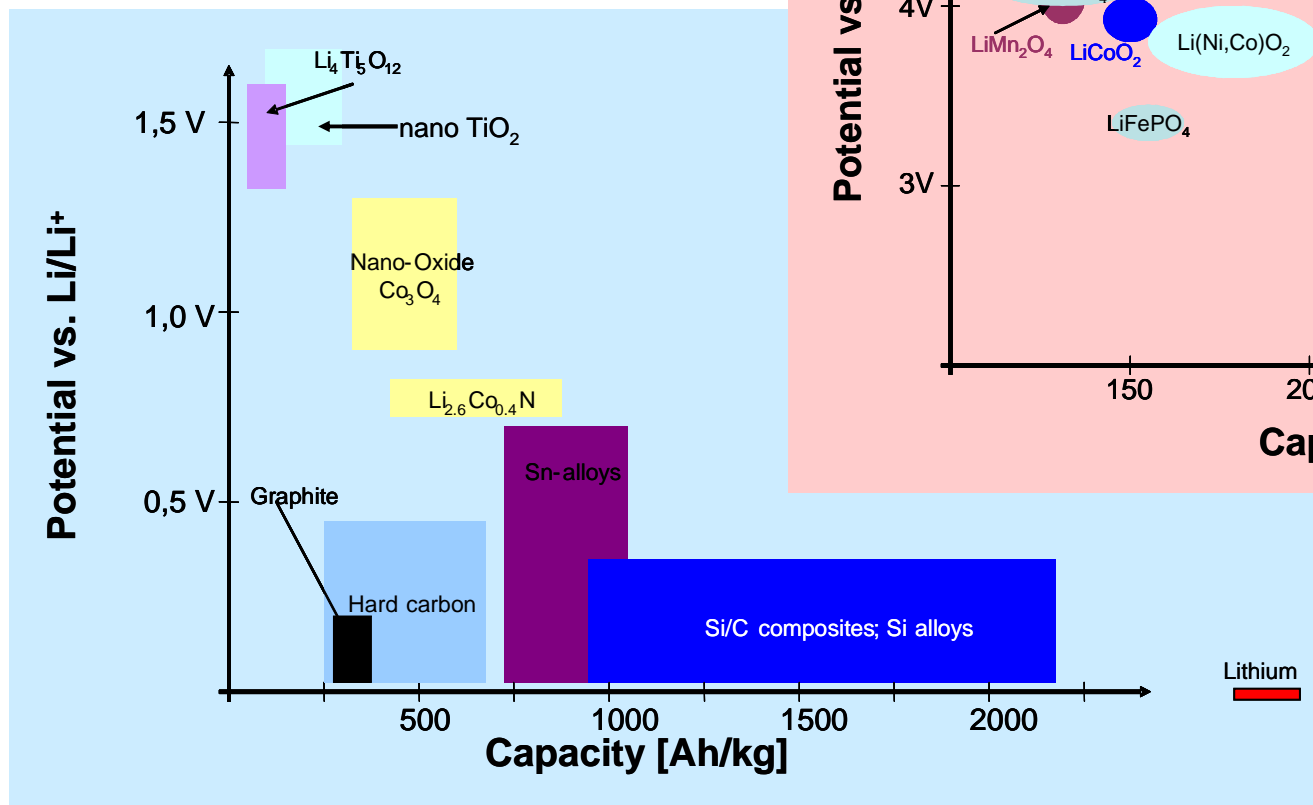
Leistungsdichte

- Beschleunigungsvermögen
- Ladezeiten (heute mehrere Stunden)
- LIB hat 40 bis 80 % höhere Leistungsdichte als Ni-MH

Elektrodenmaterialien

Kathode

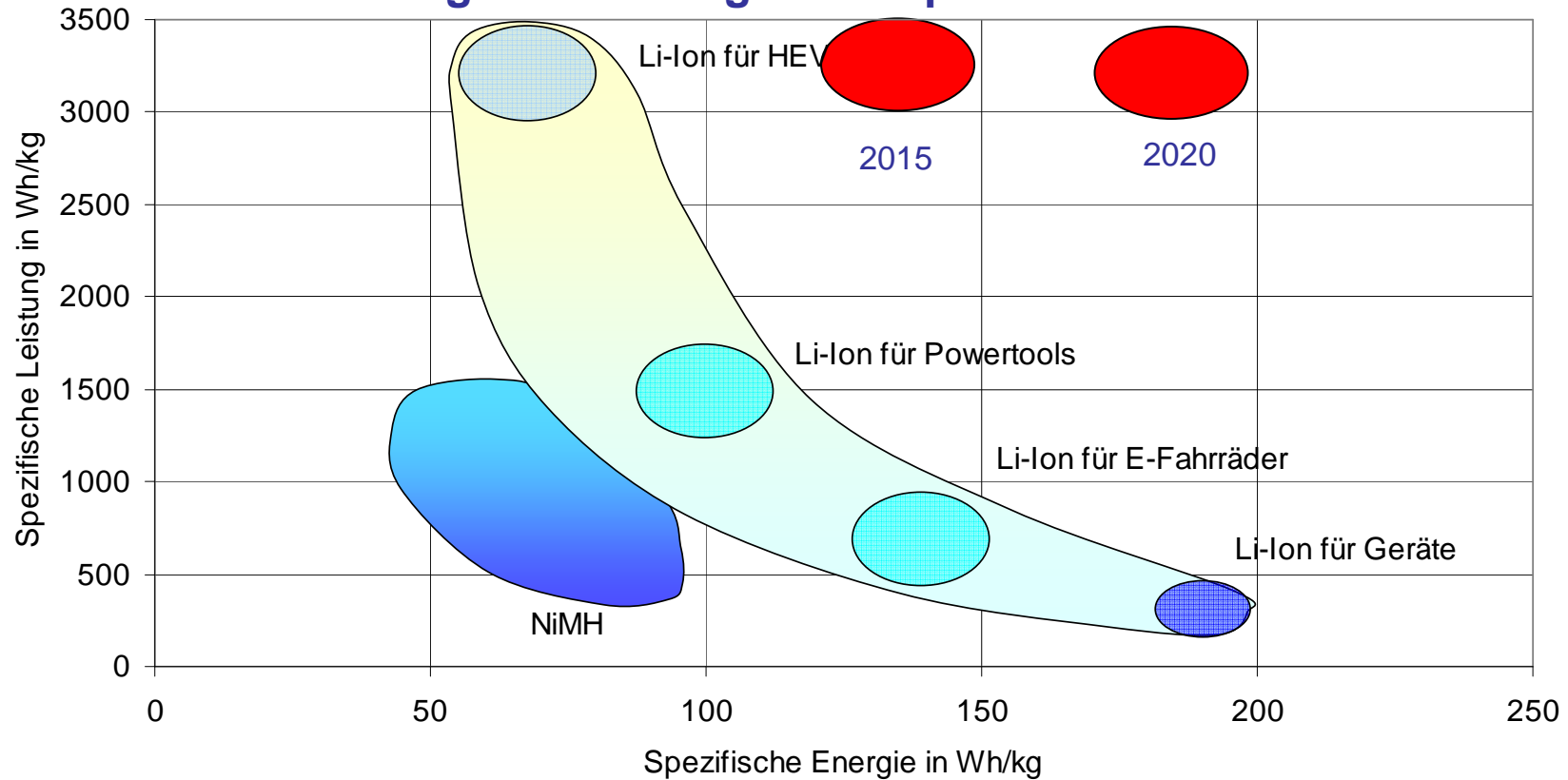
Anode



Materialien für Lithium-Ionen-Batterien

Material	Energy density	Power density	Safety	Stability	Cost
LiCoO_2	Yellow	Orange	Red	Yellow	Red
$\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$	Green	Green	Red	Green	Red
$\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	Yellow	Yellow	Orange	Green	Yellow
LiMn_2O_4	Red	Green	Yellow	Red	Green
LiFePO_4	Red	Green	Green	Green	Green

Lithium-Ionen-Batterien Leistungs- und Energiedaten praktischer Zellen



Maximal zulässiger Entladestrom bei Hochenergietypen : typisch: 2C Rate
Maximal zulässiger Entladestrom bei Hochleistungstypen: 10 – 40 C Rate

Bautypen von Li-Ionen-Zellen

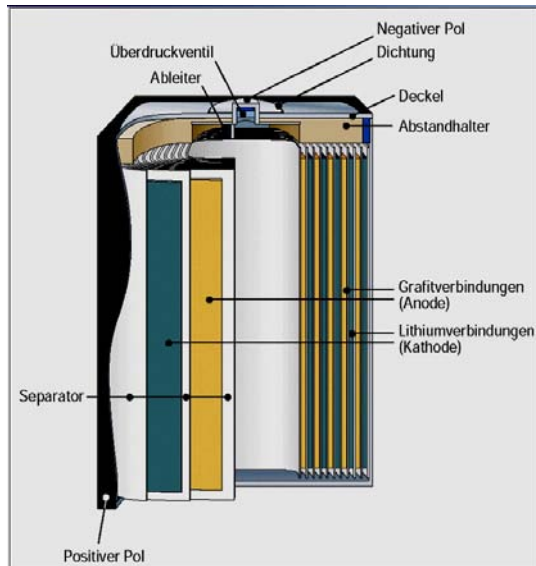
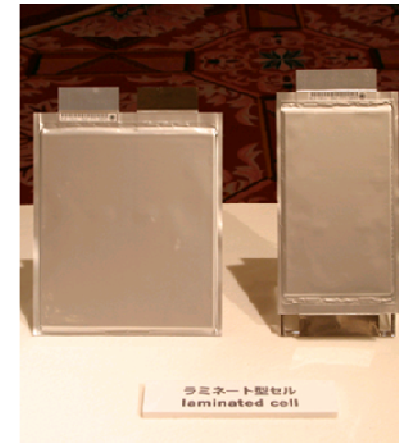
Rundzellen



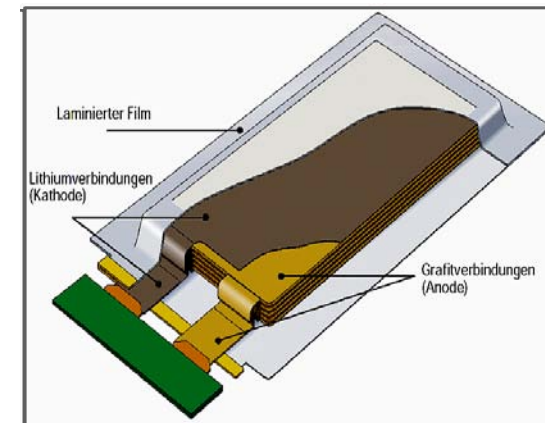
Prismatische Zellen



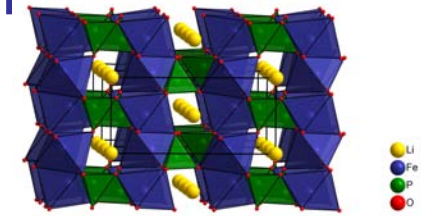
Coffee-Bag-Zellen



- Mit Wickelelektrode
- oder in Stapeltechnologie



Sicherheit von großformatigen Batterien



Intrinsisch-chemisch:

- Neue Elektrodenmaterialien
- Neue Elektrolyte
- Neue Separatoren

Bauseitig:

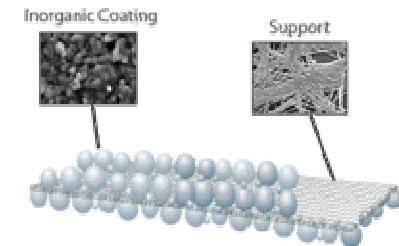
- Berstventile
- Batterie-Einhausung
- Konservative Auslegung: geringere Energieinhalte?

Batterie-Management-System (BMS):

- Elektronische Überwachung der Batterie und der Einzelzellen

Kühlung

Keramischer Separator Separion®



Quelle: Evonik Degussa

Continental Hybridbatterie



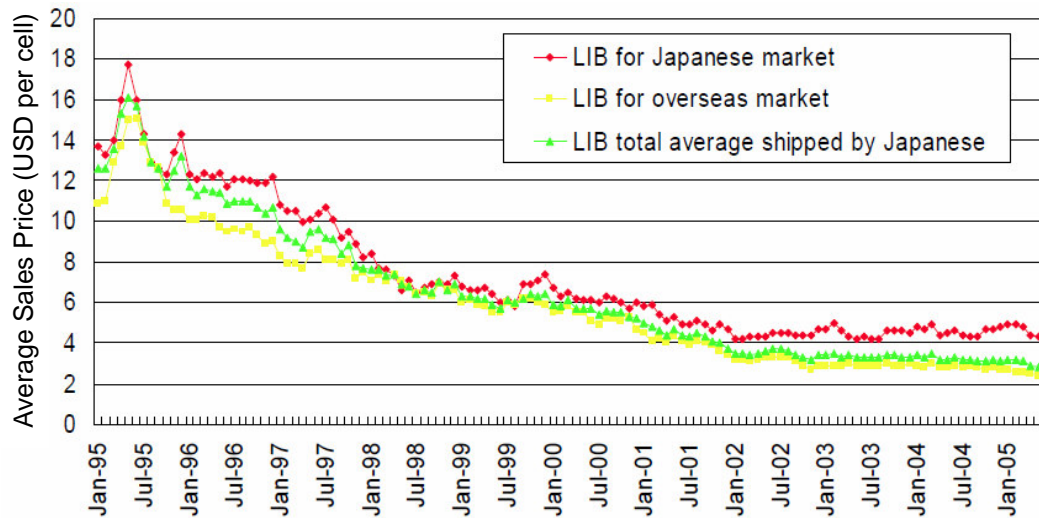
Quelle: Continental



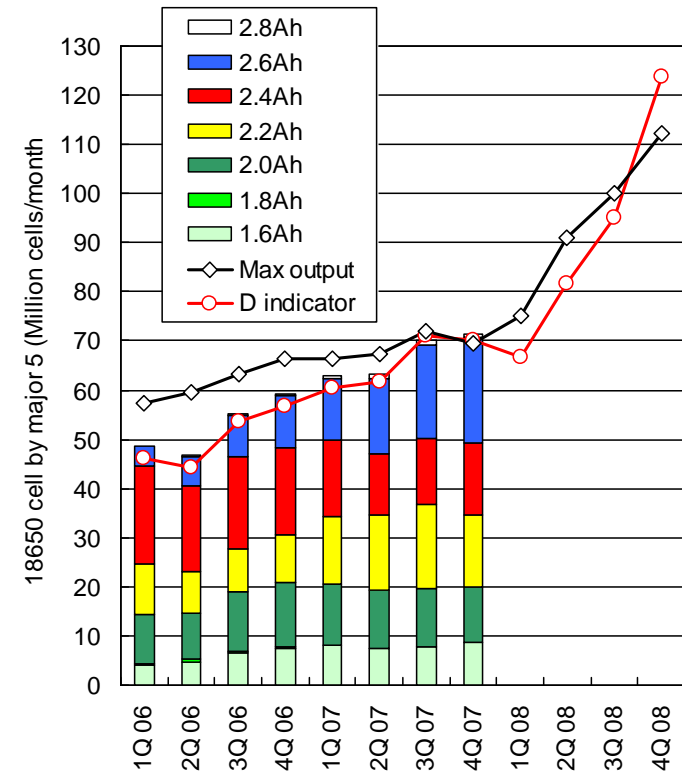
Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie (am Beispiel der 18650-Zelle)



1995: 1,3 Ah / 8 USD ➔ 2005: 2,6 Ah / 3 USD



Quelle: H. Takeshita, 25th International Battery Seminar & Exhibit, Fort Lauderdale, USA, 2006



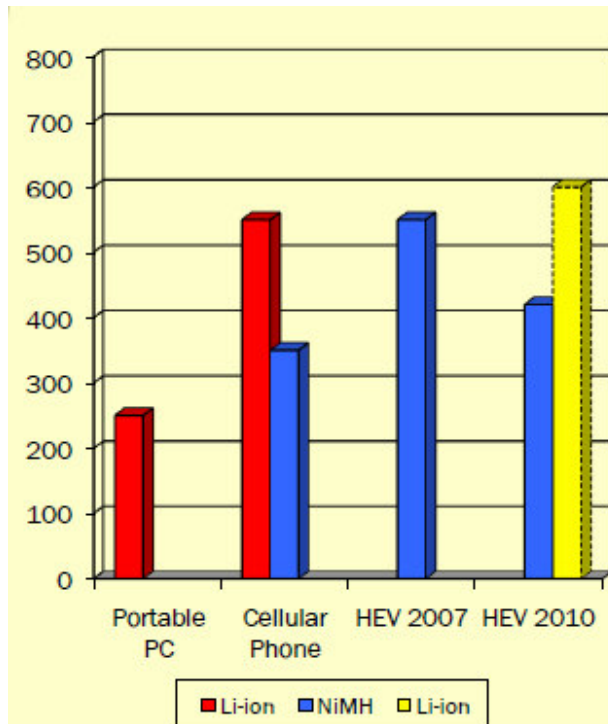
Quelle: H. Takeshita, 25th International Battery Seminar & Exhibit, Fort Lauderdale, USA, 2008

Kosten

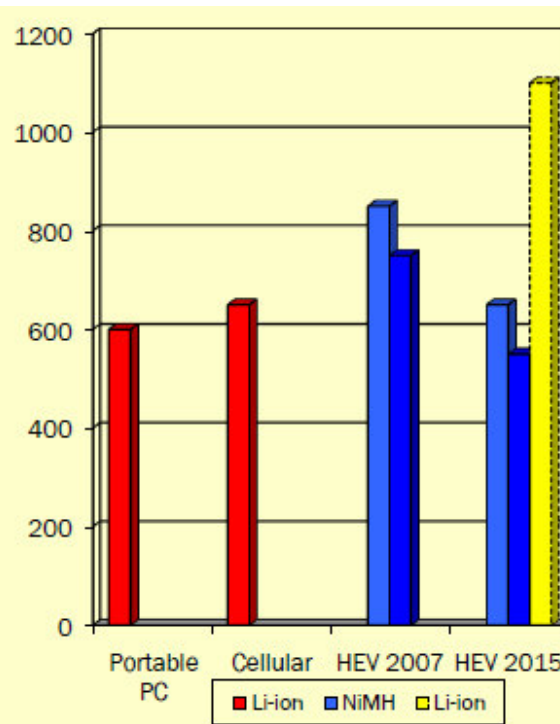
Rohstoffe und Produktionskosten

Vergleich: Zelle – Batteriemodul – Batterie inkl. Peripherie

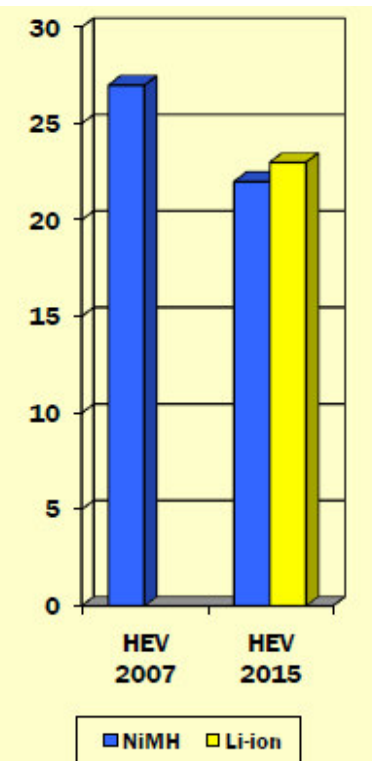
Zelle
USD / kWh



Batterie-Pack
USD / kWh



Batterie-Pack
USD / kW



Source : The rechargeable battery market, 2007-2020, SEPT2008

Quelle: Avicenne: Rechargeable Battery Market, 2007-2020, Sep 2008

Infrastruktur und Strombedarf

„Betankung“ der Batterie

- Garage
- Schnell-Ladestationen
- Batteriewechselstationen (Projekt „Better Place“)
- Standardisierung



Wartung des KFZ bzw. der Batterie

- Geschultes Personal, das mit Hoch-Volt- und Hoch-Energie-Batterien hantieren darf

Energieversorgung

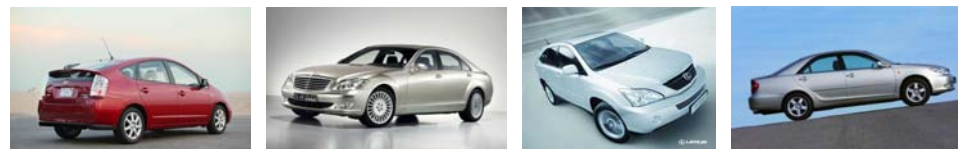
- Zusätzliche Kraftwerke notwendig? (Regenerativ oder Kohle/Gas, Atom?)
- Oder nicht-benutzte Batterien als Puffer-Speicher für Stromerzeuger und Netzbetreiber (unterstützt die regenerative Energieerzeugung (Windkraft, Solar, ...))



HEV ist nicht gleich HEV...

Hybrid Types	Main Attribute	Example	Battery Requirements			Battery Systems	
			Voltage / V	Power / kW	Energy / kWh	Today	Tomorrow
Micro-1	Stop, power idle loads, crank	Toyota Vitz, Citroen C-3	14	2-5	0.2	Lead Acid	Lead Acid
Micro-2	+ regenerative braking	Ford Fiesta, Audi prototypes	14-42	4-7	0.2	Lead Acid	Lead Acid, Lead Acid + Supercap
Mild-1	+ launch assist	Chevr. Silverado, Toyota Crown	42	4-8	0.4		Lead Acid, Lead Acid + Supercap, Ni-MH?, Li-Ion
Mild-2	+ limited power assist	Honda Accord	42	6-12	0.4		Lead Acid?, Lead Acid + Supercap?, Ni-MH?, Li-Ion
Moderate	full power assist	Honda Civic	40-150	12-30	0.7	Ni-MH	Ni-MH?, Li-Ion
Strong/full	extended power assist, limited electric drive	Toyota Prius, Ford Escape, Toyota Camry	150-600	25-60	1.1	Ni-MH	Ni-MH, Li-Ion?
Plug-in	extended electric drive	DC Sprint Van, Chevr. Volt		25-100	8-12	N/A	Li-Ion
Pure EV	pure electric drive			100	40	N/A	Li-Ion
Buses and delivery vehicles	typical Micro-2 to Mild-2	GM Allison, Eaton, BAE Orion, Hino, ISE					

Allgemein: Bordnetzstabilisierung mit Supercaps



Quelle: M. Anderman; 8th AABC - Advanced Automotive Battery & Ultracapacitor Conference 2007, 2008.

Ankündigungen von HEV & EV (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

BMW: 500 elektrifizierte Minis für Kalifornien in 2009

VW: 20 Golf TwinDrive für Berliner Behörden in 2012

Mercedes: S400 (Mild Hybrid) ab Sommer 2009

Mercedes: 200 Elektro-Smarts für Londoner Behörden,
frei käuflich ab 2012

GM: reines Elektrofahrzeug Volt ab 2010

Renault: Laguna mit Elektroantrieb

Audi: A1 in Hybrid- und Elektro-Variante

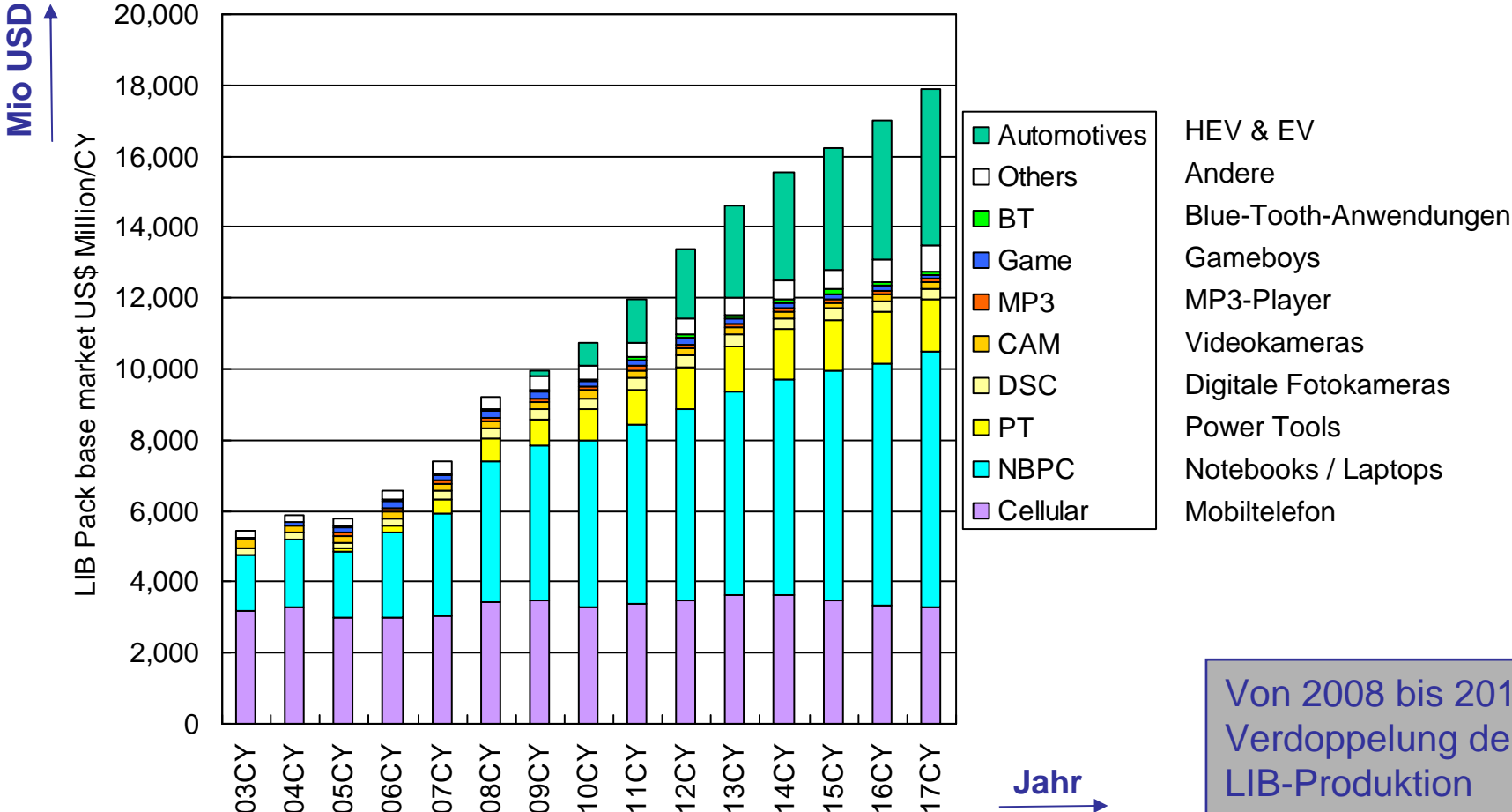
Toyota Prius PHEV: Prototypen seit 2007

Tesla: Roadster

usw.



Marktprognose zu Lithium-Ionen-Batterien



Von 2008 bis 2017
Verdoppelung der
LIB-Produktion

Quelle: H. Takeshita, 25th International Battery Seminar & Exhibit, Fort Lauderdale, USA, 2008



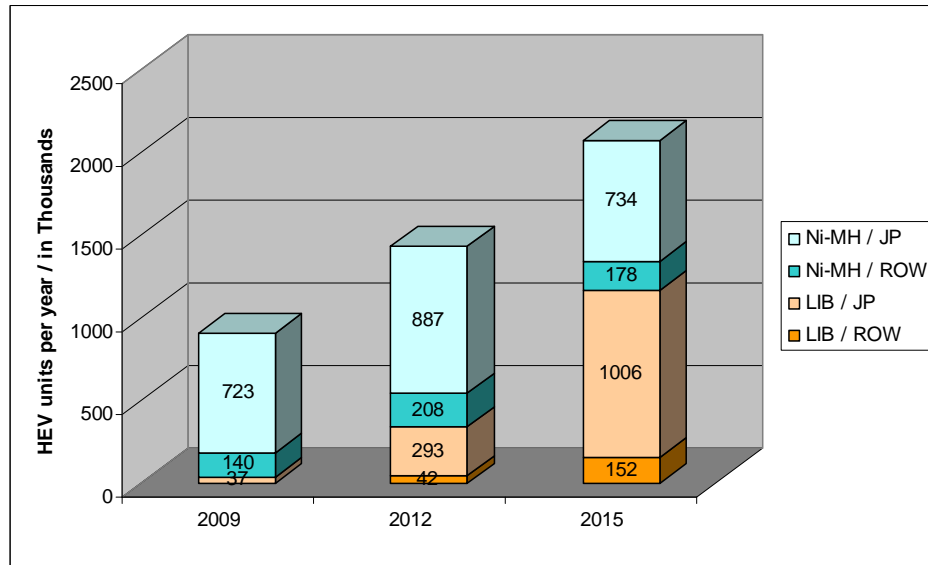
Marktprognosen zu HEV & E

Avicenne, Frankreich

Quelle: A. Madani; Batteries 2008; Nizza, France, 2008.

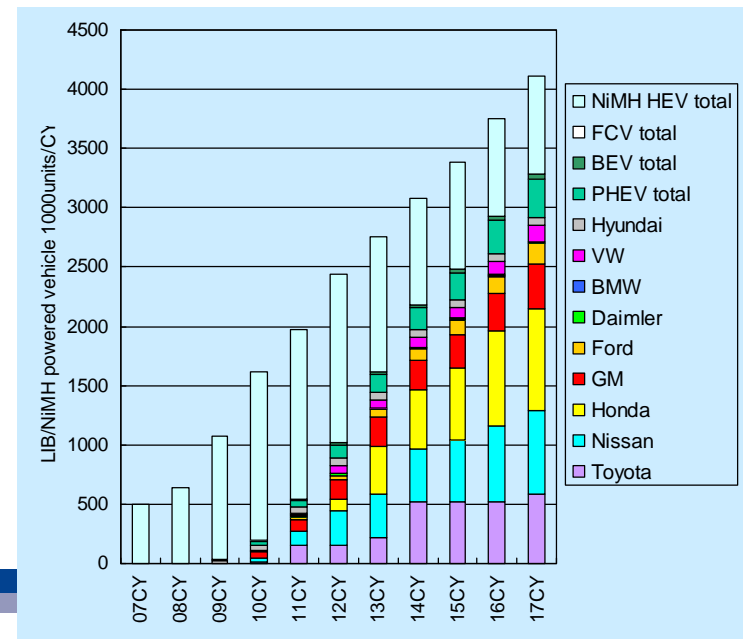
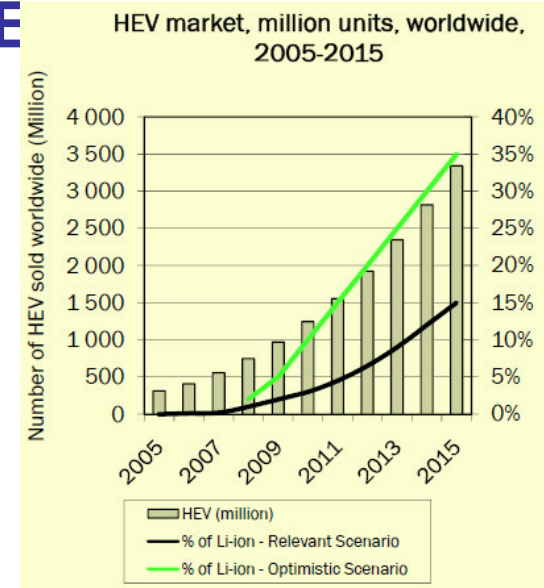
Total Battery Consulting, USA

Quelle: M. Anderman, 2006-2008



Institute of Information Technology, Japan

Quelle: H. Takeshita, 25th International Battery Seminar & Exhibit, Fort Lauderdale, USA, 2008



Ausblick (1)

- Batterie-System der Wahl (insbesondere für PHEV & EV): Li-Ionen
- In Zukunft: andere (kleinere) Fahrzeuge
- In Zukunft: anderes Fahrverhalten (Kurzstrecken)
- Primärziel: Kostenreduktion
Materialien, Zelldesign, Fertigungstechnologie, Systementwicklung, Qualitätssicherung
- Volumenmarkt ab 2015

Aufholbedarf in Europa und Amerika ggü. Japan, Korea und China

- Automobilindustrie ist Treiber für neue Generation an Lithium-Ionen-Batterien
- Lithium-Ionen-Batterien verfügen über hohe Zukunftspotenziale für mobile und stationäre Anwendungen
- Neue Aktivmaterialien und Materialkombinationen haben weitere Verbesserungspotenziale in Hinblick auf Energie, Leistung, Sicherheit

Ausblick (2)

Schwerpunkte für weitere Entwicklungen in Deutschland

- Klare Definition der Anforderungen für mobile und stationäre Anwendungen und frühe Rückkopplung an F&E aus Anwendung/Markt
- **Schaffung einer breiten technologischen Basis zu**
 - Aktivmaterialien (Kathode, Anode, Elektrolyt)
 - Struktur (Morphologie) – Eigenschafts- Beziehungen
 - Alterungs- und Degradationsmechanismen (Vorhersagen)
 - Fertigungstechnologie Komponenten und Zellen
 - Systemtechnologie und Batteriemangement
 - Aufbau qualifiziertes F&E Personal
 - Ganzheitlicher Ansatz im Entwicklungsprozess
(*Grundlagen, Materialien, Herstelltechnologie, Systementwicklung, Anwendung*)
- *Langfristige explorative Forschung für zukünftige Hochenergiesysteme*

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

www.zsw-bw.de

Industriennahe Forschung für eine nachhaltige Energietechnik
Batterien – Brennstoffzellen – Photovoltaik – Biomasseumwandlung
Materialien – Modellierung – Komponenten – Systeme – Testzentrum



Stuttgart



Widderstall



Ulm