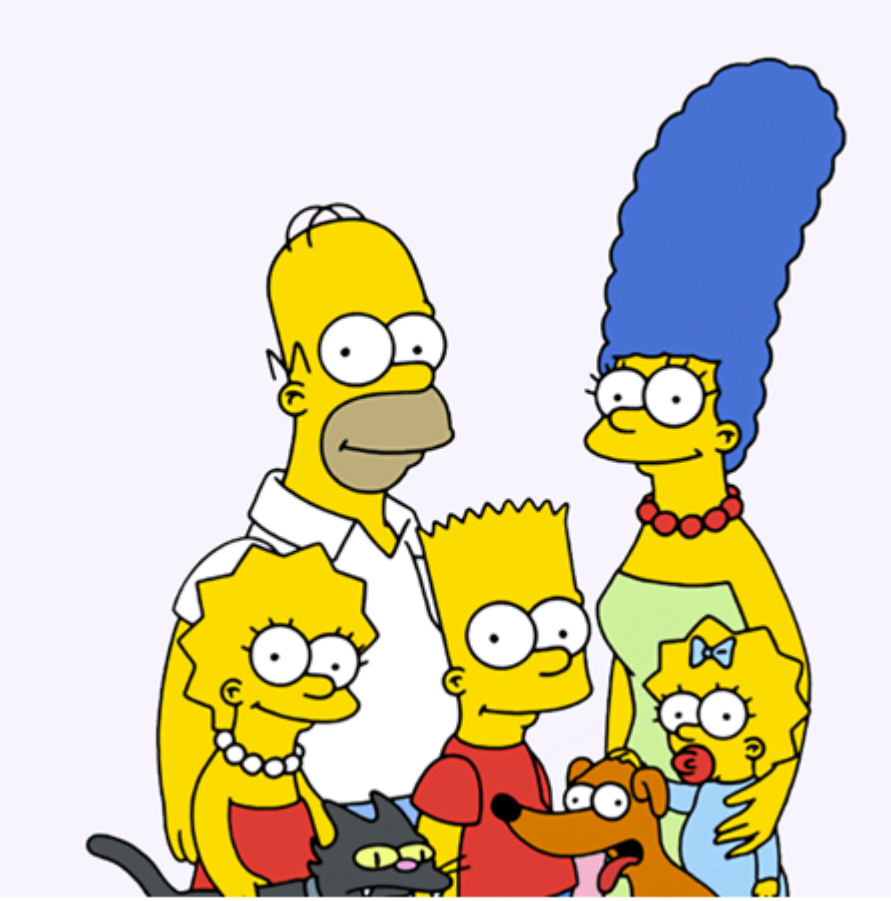
Lithium-Ionen Batterien für Elektrofahrzeuge

Eine Marktübersicht

Kurt Hug
http:www.ti.bfh.ch

Vergessen Sie bitte für die nächsten 15 Minuten diesen Mann

und denken Sie dafür an Familien-planung



Was muss erreicht werden damit das EV eine echte Alternative zum ICE-V wird (Basisszenario)?

Quelle: SB LiMotive

Lebenszeit

> 10 Jahre
> 250‘000 km

Geschlossene Wertschöpfungs-kette

Recycling

Sicherheit

Null thermische Störfalle

QUALITÄT

Alle Zellen gleiches Verhalten

Leistungs-merkmale

HEV: Leistung > 5 kW/kg
EV: Energie > 200 Wh/kg

Kosten

HEV: 40 €/kW → 25 €/kW
EV: 500 €/kWh → 300 €/kWh
→ Standardzellen und EoS

Normierung Infrastruktur

Standardgehäusung analog 18650

Stand der Technik für Kathodenmaterialien

LCO	Lithium-Kobalt-Dioxid
NCA	Lithium-Nickel -Kobalt-Aluminium
NMC	Lithium-Nickel-Magnesium-Kobalt-Dioxid
LMO	Lithium-Mangan-Spinell
LFP	Lithium-Eisenphosphat

Vergleich der Kathodenmaterialien (Aussagen zum Teil überlappend mit andern Quellen)

Quelle: ZSW

Chemie	Energie-dichte	Leistungs-dichte	Sicherheit	Stabilität	Kosten pro Ah
LCO $LiCoO_2$	170 Wh/kg				
NCA $LiNi_{0.80}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$	HEV	HEV			
NMC $LiNi_{0.33}Mn_{0.33}Co_{0.33}O_2$					
LMO $LiMn_2O_4$	150 Wh/kg	HEV			
LFP $LiFePO_4$	140 Wh/kg	EV /PHEV			

C D E Fx F

Die Familie der Li-Ionen Batterien im Automotiven Bereich hat 4 Mitglieder
Quelle: Advanced Automotive Batteries, Company Reports, Deutsche Bank

Figure 16: Battery technology comparison

Chemistry	Wh/Kg	Positives	Negatives	Makers	Applications
Lithium Nickel Cobalt Aluminum (NCA)	170 Wh	Most proven High energy density High power	Safety Cost (cobalt / nickel) Life expectancy Range of charge	JCI/Saft PEVE	HEV
Lithium Manganese Spinel (LMO)	150 Wh	Cost	life expectancy Safety Low temp performance	LG Chemical Electrovaya	HEV
Lithium Titanate (LMO/LTO)	150 Wh	Safety Life expectancy Discharge time Range of charge	Cost vs. LMO Energy density	EnerDel Toshiba AltairNano	HEV
Lithium Iron Phosphate (LFP)	140 Wh	Safety Life expectancy Range of charge Cost	Low temp performance	A123	EV / PHEV

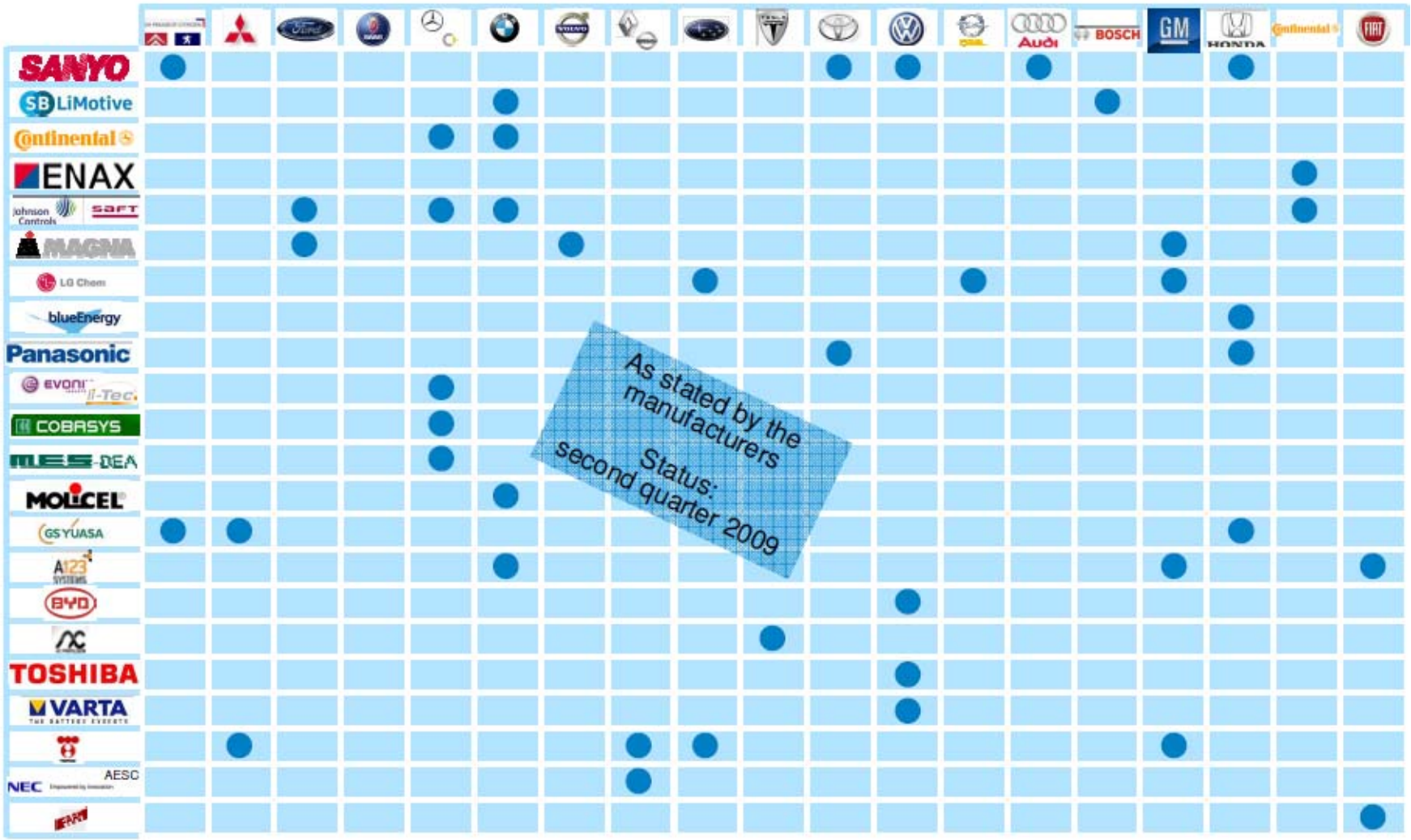
Source: Advanced Automotive Batteries, Company reports, Deutsche Bank

Li-Ion HEV Key Developers Cell Design Matrix

Quelle: Advanced Automotive Batteries, Company Reports, Deutsche Bank

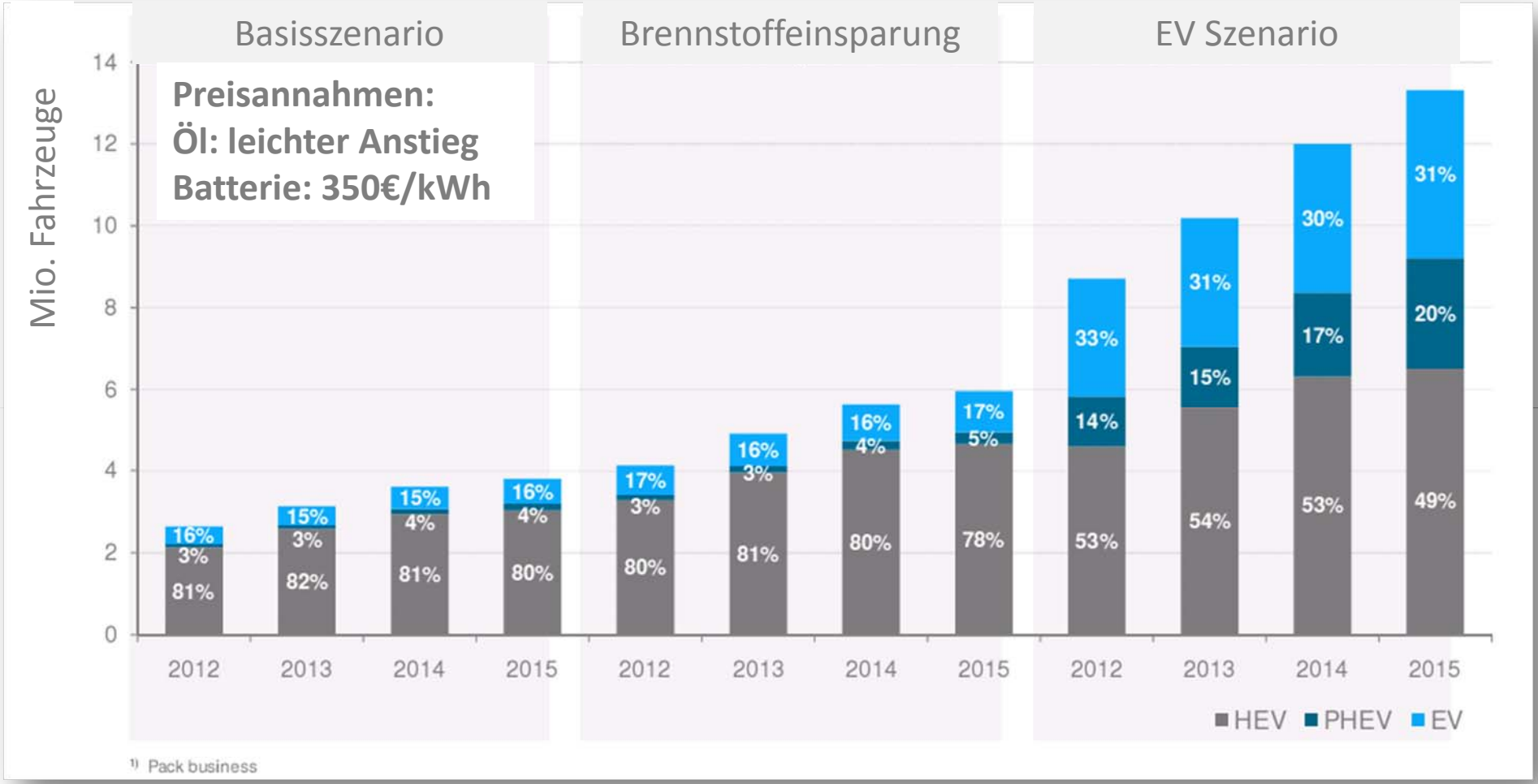
Supplier	Packaging, shape, cell structure	cathode	anode	electrolyte
Toyota	hard case, elliptic, spiral	NCA	graphite	liquid
Panasonic	hard case, elliptic, spiral	NMC	Am. carbon	liquid
JCS (Johnson Controls & SAFT)	hard case, cylindrical, spiral	NCA	graphite	liquid
Hitachi *	hard case, cyl./ell., spiral	LMO / NMC	Hard Carbon	liquid
AESC (Nissan & NEC)	Pouch, prismatic, stacked	LMO / NCA	Hard Carbon	liquid
Sanyo *	hard case, cylindrical, spiral	NMC / LMO	graphite	liquid
GS Yuasa	hard case, elliptic, spiral	LMO / NMC	Hard Carbon	liquid
A123	hard case/Pouch, cyl., spiral	LFP	graphite	liquid
LG Chem	Pouch, prismatic, stacked	*NMC* / LMO	Am. carbon	Gel
SB-LiMotive (Samsung & Bosch)	hard case, prismatic, spiral	NMC / LMO	graphite	liquid
SK	Pouch, prismatic, spiral	LMO	graphite	liquid
Toshiba & EnerDel	Pouch/hard case, prism., spiral	LMO	LTO	liquid
AltairNano	Pouch, prismatic, stacked	LMO	LTO	liquid
Li-Tec (Evonik & Daimler)	Pouch, prismatic, stacked	NMC	graphite / Hard Carbo	liquid
Gaia	hard case, cylindrical, spiral	NCA, LFP	graphite	liquid
Leclanché Lithium	Pouch, prismatic, stacked	NMC, LFP	graphite / LTO	liquid

Partnerschaften zwischen alten und neuen automotiven Wertschöpfungspartnern



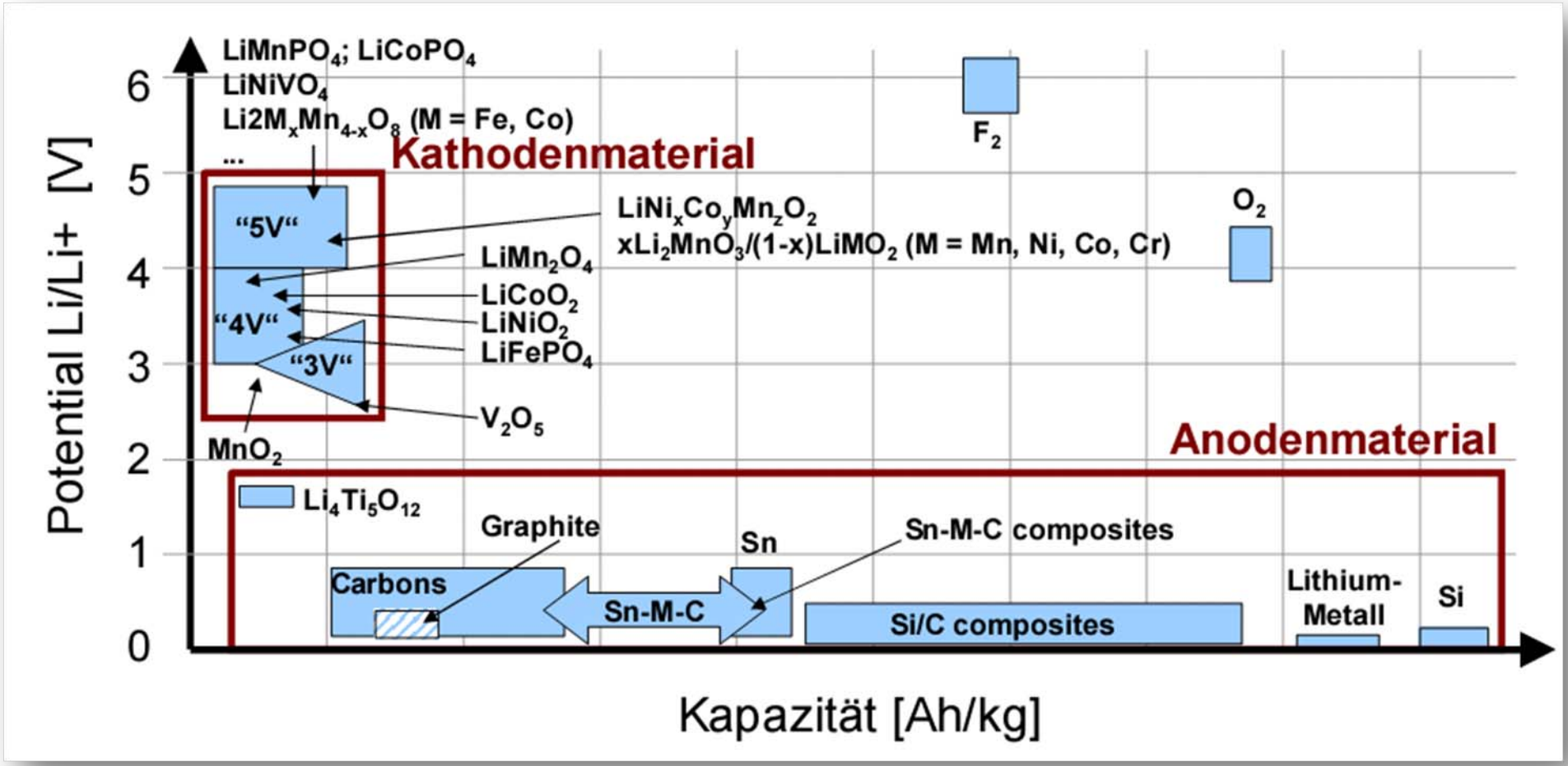
Explorative Szenarien für die Elektrifizierung

Quelle: SB LiMotive



Was für Möglichkeiten haben wir

Quelle: Konzernforschung



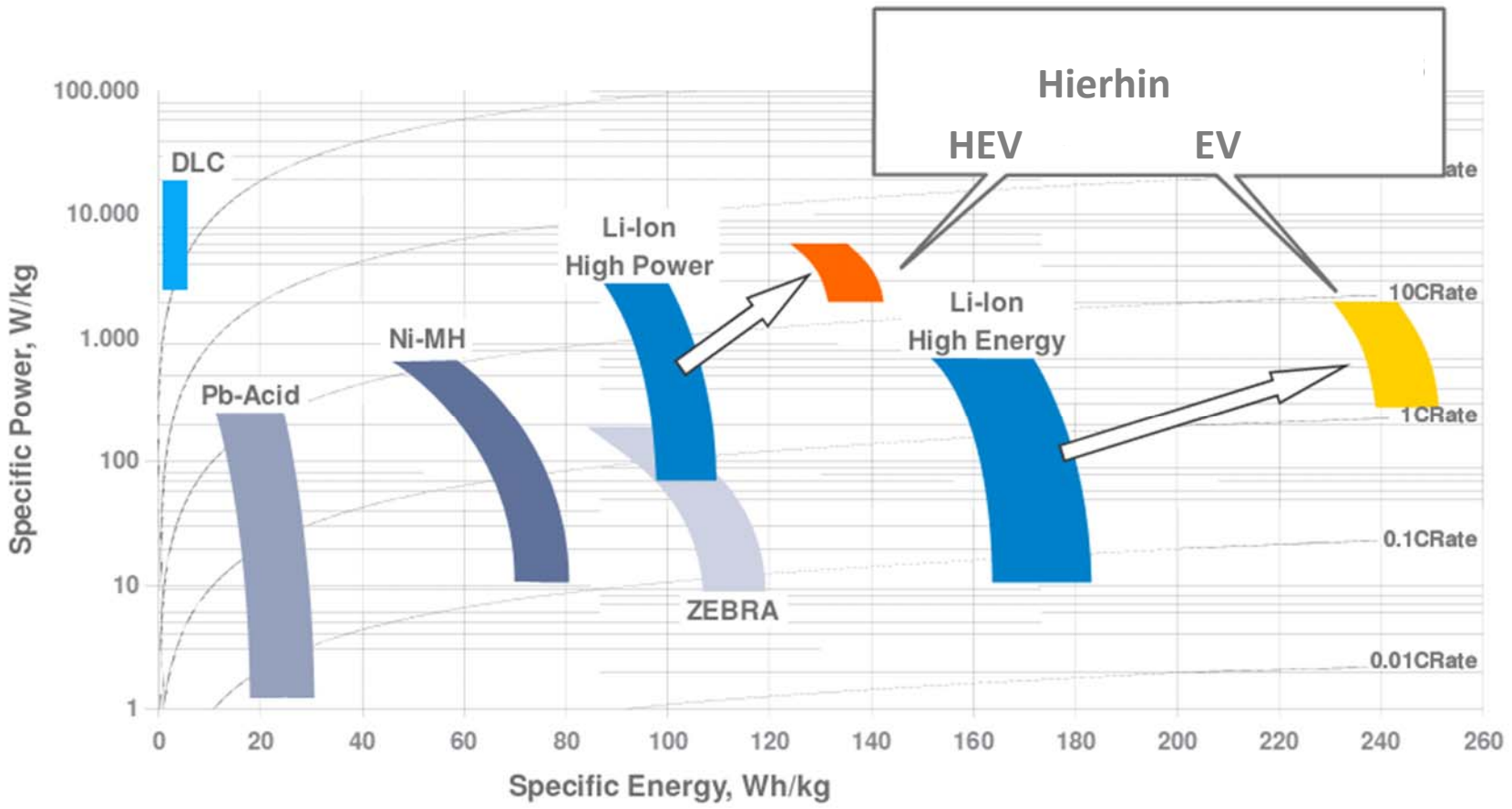
Was wird gebraucht und was steht zur Verfügung (basierend auf NMC und LMO)

Quelle: SB LiMotive

1.) http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity
2.) The economics of Lithium, 11th edition, 2009, Roskill Information

Rohstoff	Basis-szenario	Brennstoff-einsparung	EV-Szenario	Welt-produktion	Reserve
Aluminium	35‘000 t	64‘000 t	264‘000 t	92 Mio. t	12‘150 Mio. t [1]
Kupfer	27‘000 t	48‘000 t	187‘000 t	16 Mio. t	550 Mio. t [1]
Lithium	3‘000 t	5‘000 t	18‘700 t	27‘000 t	28 Mio. t [2]
Nickel	5‘000 t	9‘000 t	35‘000 t	1.6 Mio. t	70 Mio. t [1]
Kobalt	5‘000 t	9‘000 t	35‘000 t	71‘000 t	7.1 Mio. t [1]
Mangan	17‘000 t	31‘000 t	132‘000 t	14 Mio. t	500 Mio. t [1]

Wo stehen wir heute
Wo müssen wir morgen hin



Notwendige Verbesserungen:

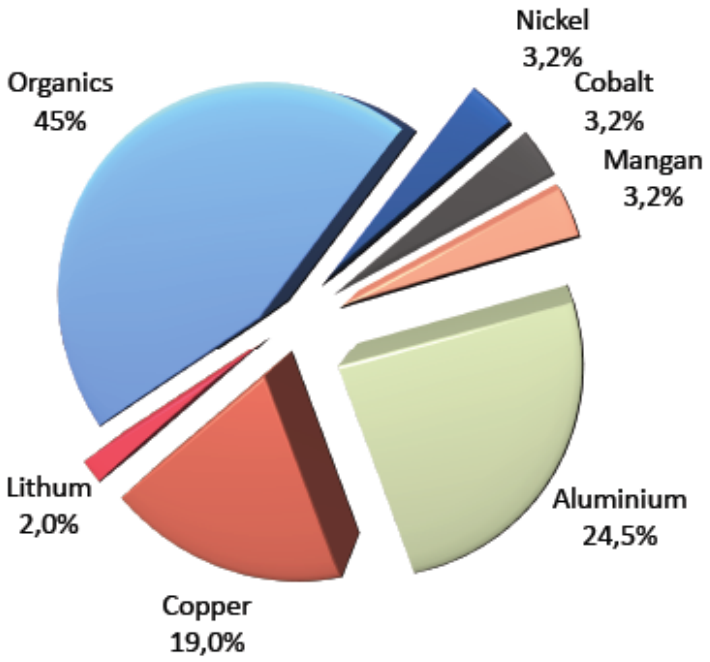
Leistung	• Erhöhung der Leitfähigkeit durch Beschichtung • Erhöhung der aktiven Fläche durch Nanopartikel
bei tiefen Temperaturen	• Neue Elektrolyte • Kleinere Partikelgrössen • TiO_2 basierte Anoden
Batteriesicherheit	• $LiFePO_4$, manganbasierte Kathoden • Neue Separatoren • Sicherere Elektrolyten
Lebensdauer	• Kathodenauswahl • Verbesserte Elektrolyten • Optimiertes BM • Kalendarische Lebensdauer bei hohem SOC ev. kritisch

Recycling von Li-Ionen EV Batterien

Quelle: ACCUREC RECYCLING GMBH

RE Recycling Efficiency > 50% **> Sept. 2012**

exemplary composition of a battery **cell**



max. recycable components

Nickel	3,2 %
Cobalt	3,2 %
Mangan	3,2 %
Copper	19,0 %
Total	**28,6 %**

with consideration of C / Al counted as reducing agent
Total **55,0%**

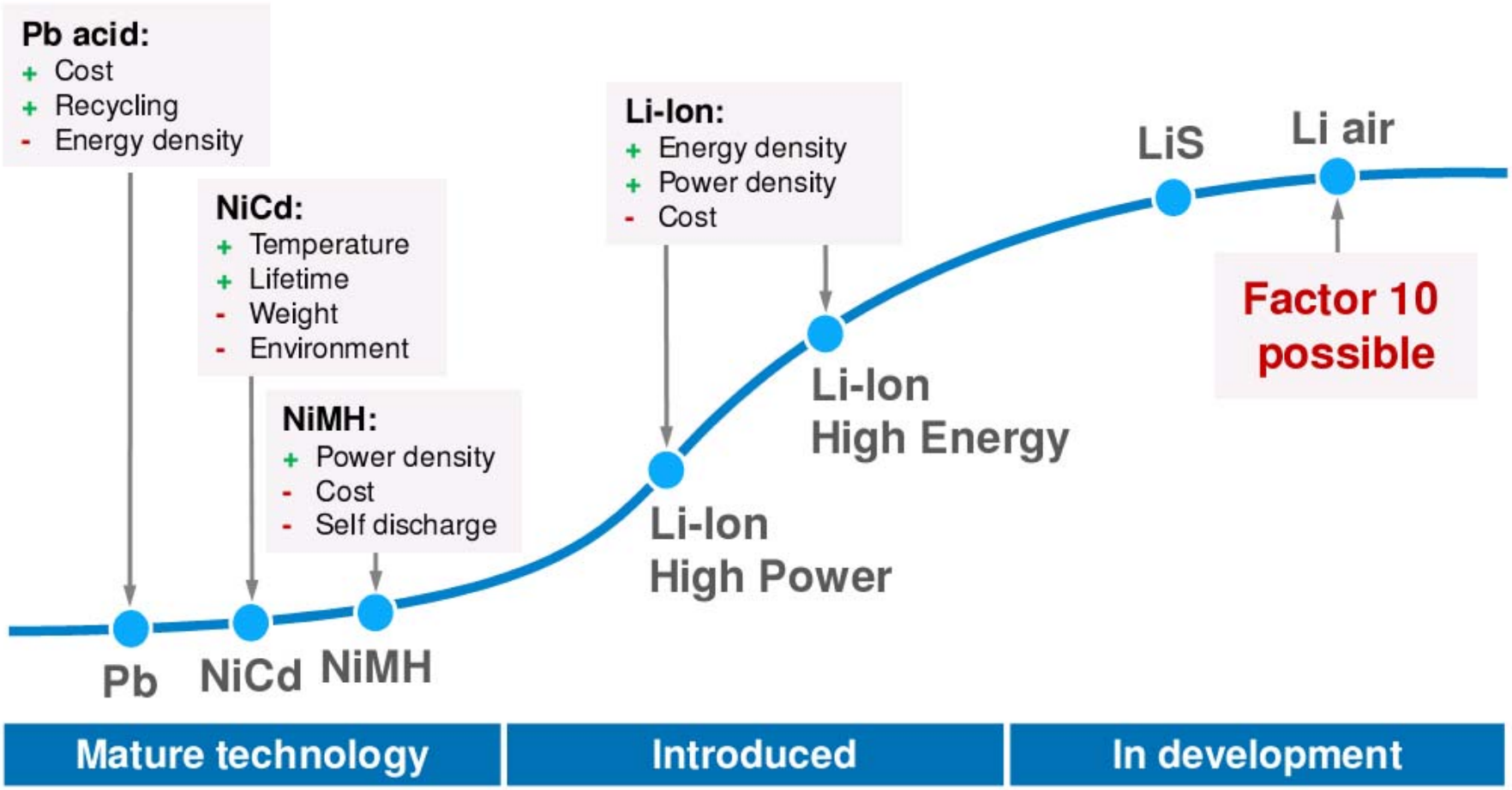
Aktueller Stand der Recyclingoperationen

Quelle: ACCUREC

Company	Country	Process	Capacity	Comments
Xstrata Nickel Corp.	Canada (Falconbridge)	Pyrolisation with subsequent Hydrometallugy	> 2000 t/a	no dedicated treatment, recovery of primary Co/Ni ore
Umicore S.A.	Sweden (Hofers)	Pyro- and subsequent Hydrometallurgy	< 2000 t/a announced 7000	direct melting in shaft furnace, only Ni and Co recovery
BATREC Ind. AG	Schweiz (Wimmis)	Granulation / Sieving	< 300 t/a	only pretreatment
INMETCO Inc.	USA (Ellwood City)	Pyrometallurgy	unknown	mainly dedicated for NiCd´s, only small tolerance for Li-Ion-Battery Input
RECUPLY S.A.	Frankreich (Grenoble)	Granulation / Sieving	< 300 t/a	only pilot plant for pretreatment
TOXCO Inc.	Canada (B.C.)	Granulation/Sieving, Neutralisation	< 300 t/a	only pretreatment

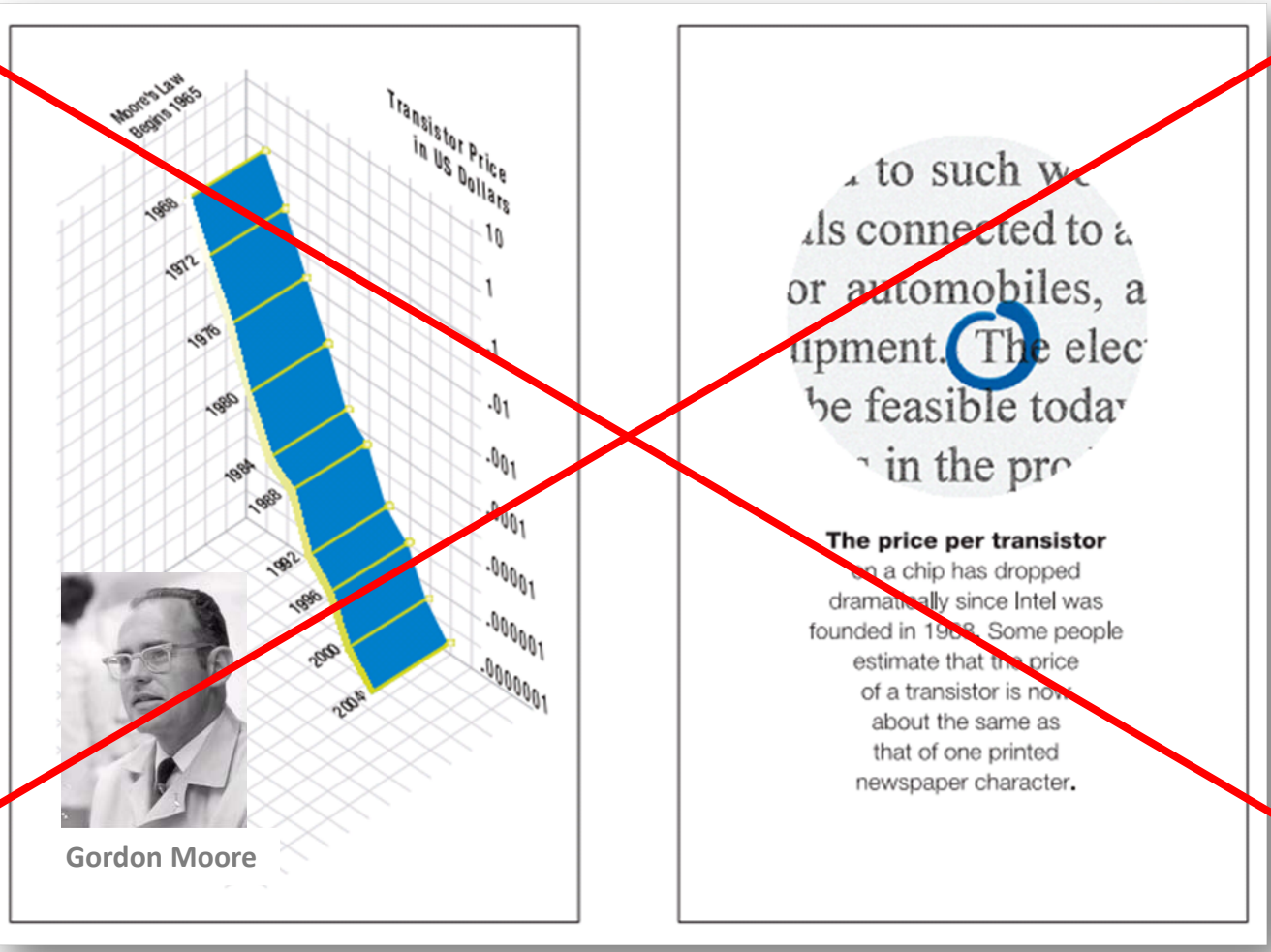
Ausblick in die nahe Zukunft

Quelle: SB LiMotive



Das Moore'sche Gesetz: nichts für Batterien

Quelle: intel



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
und Prosit beim Apéro

Kurt Hug
Berner Fachhochschule BFH-TI
Abteilung Automobiltechnik
Biel/Vauffelin
Tel. +41 32 321 64 49
Fax +41 32 321 65 00
email: kurt.hug@bfh.ch
Internet: www.ti.bfh.ch