

Elektrische Speicher für Kfz-Anwendungen  
(Blei-Säure, Blei-Gel, NiMH, Li-Ionen, SuperCap)

3.5.2005

# Elektrische Speicher für Kfz-Anwendungen

## Inhalt

Geschichte der Elektrik im Auto

*konventionelle Kraftfahrzeuge - heute*

Komponenten der Autoelektrik: Verbraucher, Generator, Bordnetz und Batterie

Anforderungen an die Batterie

### Batterien

allgemeine Funktionsprinzip

#### Blei-Säure Batterie

Chemikalische Funktionsprinzip

Aufbau

Kenngößen

### Battrien für elektrische Fahrzeuge und Hybridfahrzeuge

Anforderungen an die Batterien

Lithium-Ionen Batterien

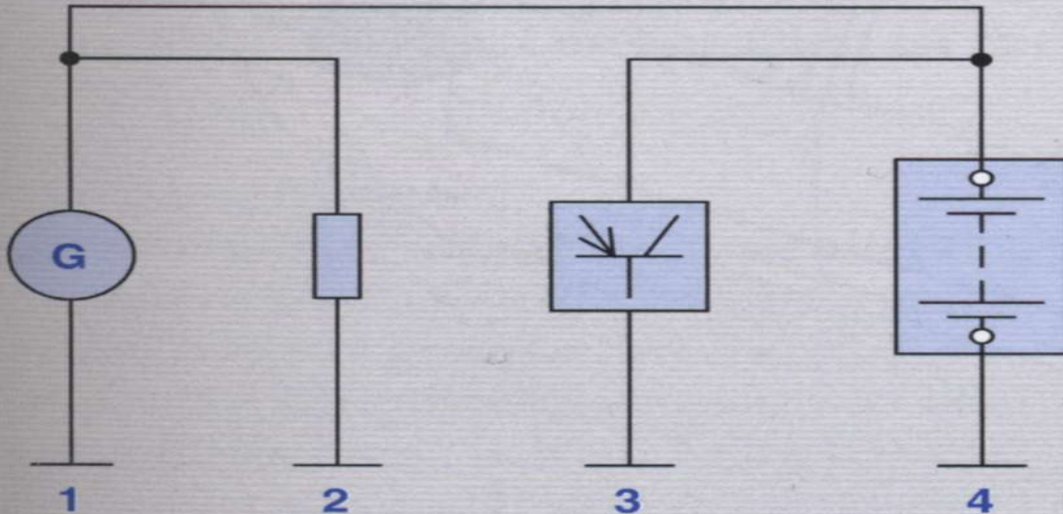
NiMH

SuperCap

# Schematischer Aufbau des Bordnetzes

6

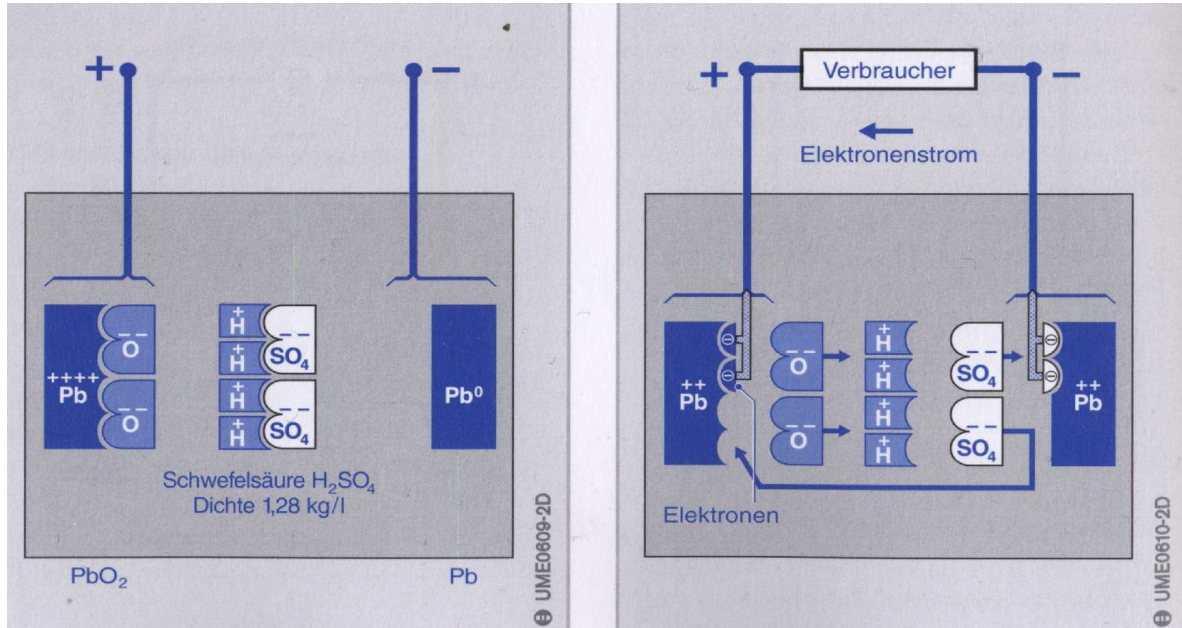
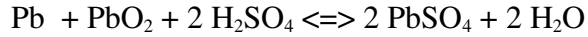
Bordnetz mit Anschluss der Verbraucher an Generator und Batterie



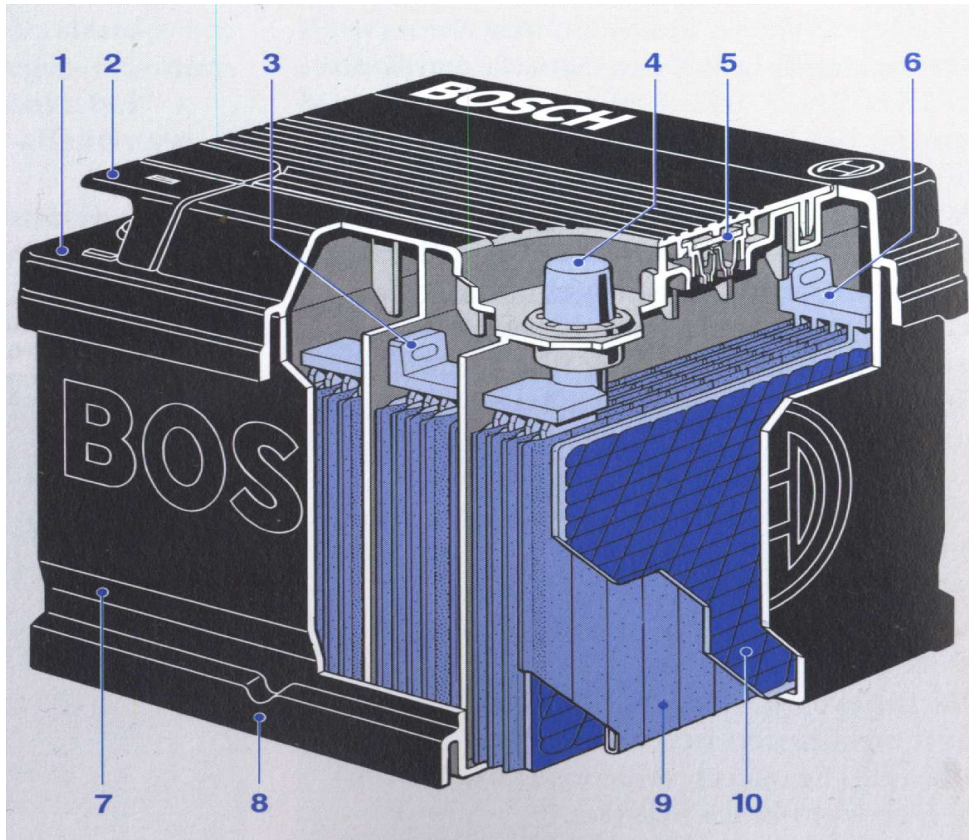
⊕ UME0600-1D

# Die Chemie der Blei-Säure Batterie

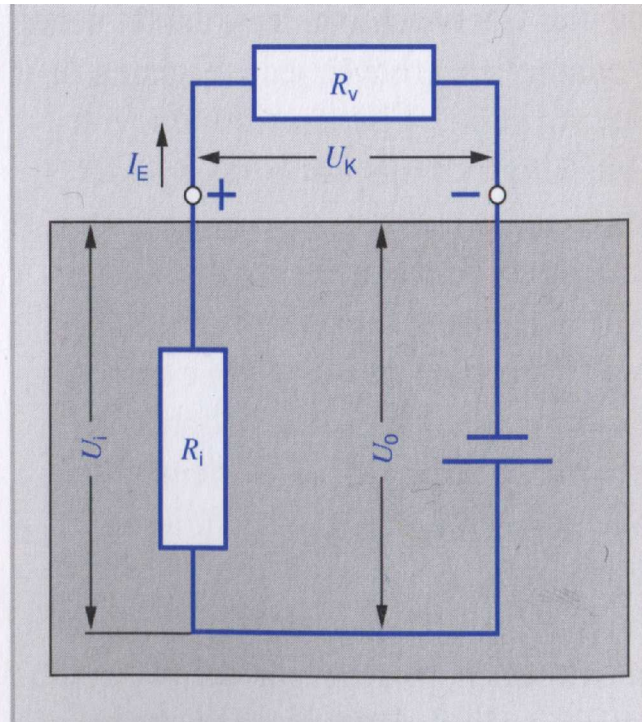
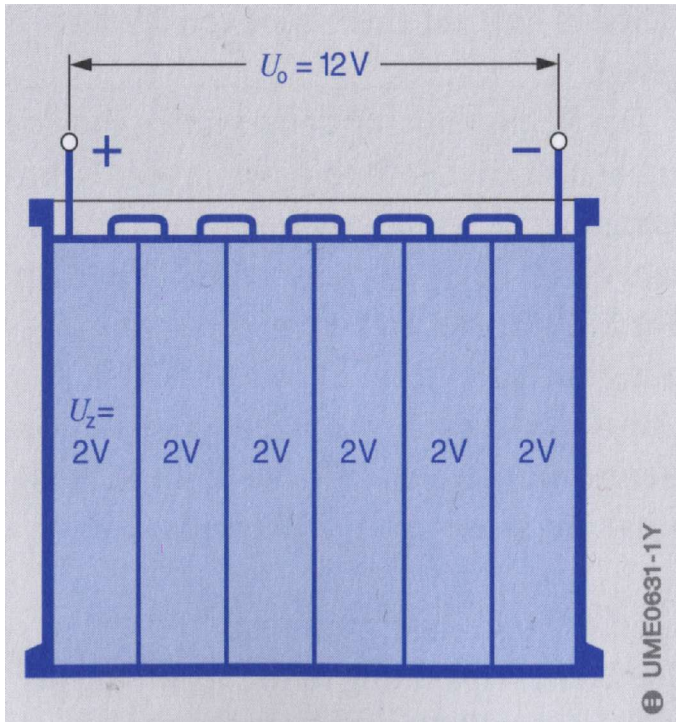
Reaktionsgleichungen (Q5 S132)



## Aufbau der Blei-Säure Batterie

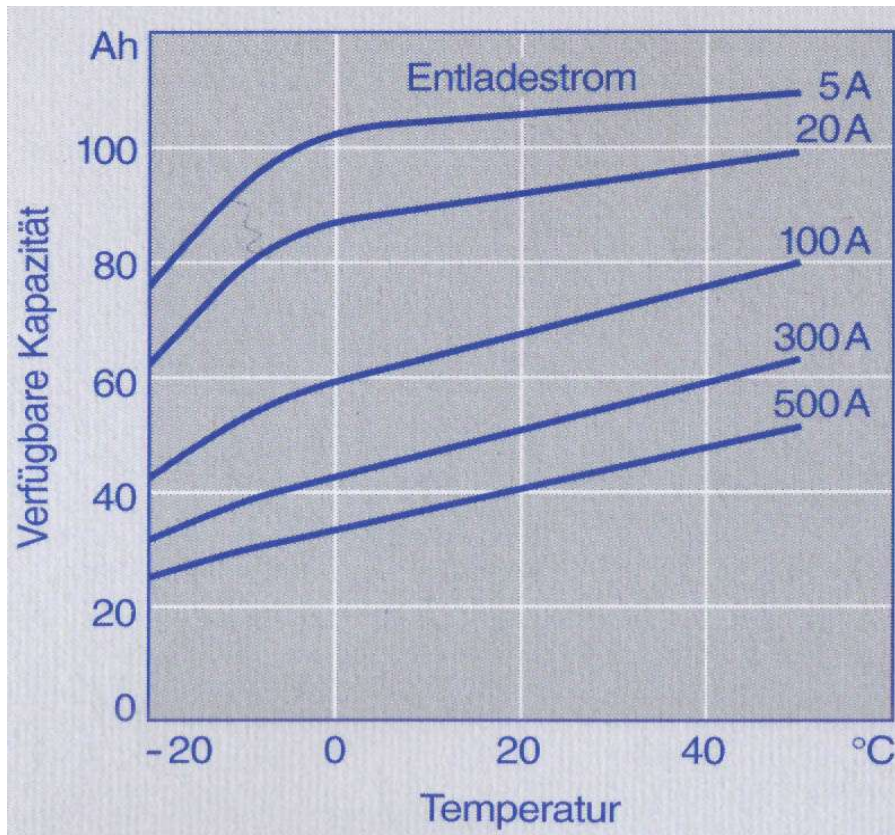


# Zusammenschaltung der Zellen / einfaches ESB der Blei-Säure-Batterie





## Abhängigkeit der Kapazität der Blei-Säure-Batterie vom Entladestrom



## **Energie - und Leistungsdaten**

spezifische Energie: 35 Wh/kg – 40 Wh/kg

Energiedichte : 70 Wh / L

spezifische Leistung 250 W/kg

### zum Vergleich

#### **Benzin**

spezifische Energie: 12 kWh/kg

Energiedichte: 9 kWh/L

#### **Wasserstoff**

Energiedichte: 2,3 kWh/L im flüssigen Zustand



## Vor- und Nachteile der Blei-Säure-Batterie

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
geringe Kosten, weltweite Produktion	geringe Zyklenlebensdauer (50 – 500 Zyklen)
große Leistungsdichte (aber NiMH unterlegen)	Energiedichte von 30 bis 40 Wh/kg
halbwegs gute Tief-und Hochtemperatur-Leistung	
70 % Energieeffizienz, bei moderater Entladung bis zu 90 %	
hohe Zellspannung von 2,0 V	
gut recyclebar	

## USABC - Kriterien für die gewünschte Batterieleistung elektrischer Fahrzeuge

USABC = United States Advanced Batterie Consortium

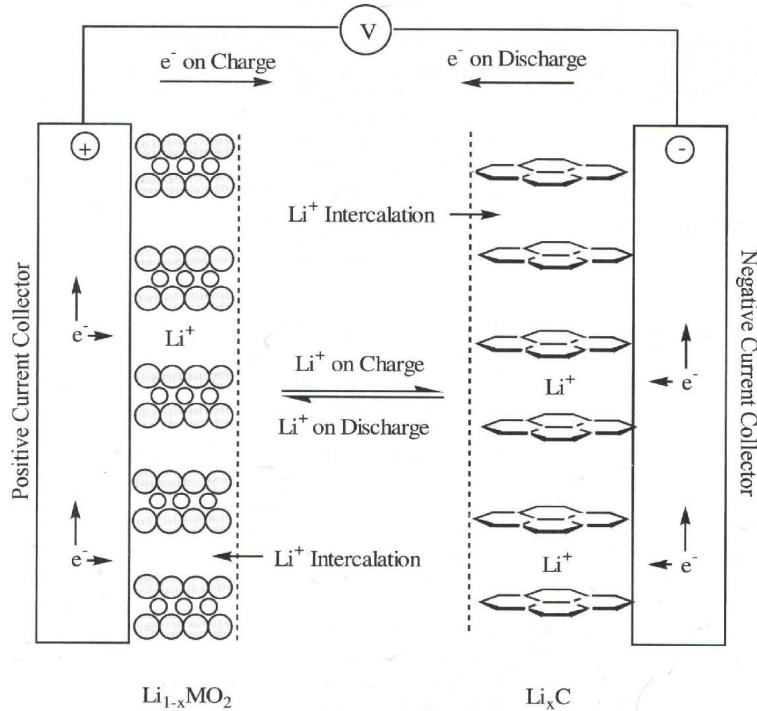
	<i>Mid-term</i>	<i>Long-term</i>
Specific energy, Wh/kg (C/3 discharge rate)	80 (100 desired)	200
Energy density, Wh/L (C/3 discharge rate)	137	300
Specific power w/kg (80% DOD/30s)	150( 200 desired)	400
Power density, W/L	250	600
Cycle life, cycle (80% DOD)	600	1000
Ultimate price, \$/kWh	<150	<100

# Chemie der Lithium-Ionen-Batterie

positive Elektrode:  $\text{LiMO}_2 \rightleftharpoons \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^-$

negative Elektrode:  $\text{C} + x\text{Li}^+ + xe^- \rightleftharpoons \text{Li}_x\text{C}$

Gesamtreaktion:  $\text{LiMO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons \text{Li}_x\text{C} + \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2$



## **Energie- und Leistungsdaten der Lithium-Ionen Batterie**

spezifische Energie: 80 Wh/kg – 200 Wh/kg

Energiedichte : bis zu 500 Wh/L

spezifische Leistung: 300 – 3000 W/kg

### zum Vergleich

#### **Benzin**

spezifische Energie: 12 kWh/kg

Energiedichte: 9 kWh/L

#### **Blei-Säure Batterie**

spezifische Energie: 35 Wh/kg – 40 Wh/kg

Energiedichte : 70 Wh / L

spezifische Leistung 250 W/kg

#### **USABC-Kriterien**

spezifische Energie: 80 Wh/kg (kurzfristig), 200 Wh/kg (langfristig)

Energiedichte : 137 Wh/L (kurzfristig), 300 Wh/L (langfristig)

spezifische Leistung: 150 W/kg (kurzfristig), 400 W/kg (langfristig)

## Vor- und Nachteile der Lithium-Ionen Batterie

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
versiegelte Zellen, keine Wartung nötig	Anschaffungskosten
viele Lebenszyklen	Degeneration bei hohen Temperaturen
großer Temperaturbereich	braucht Schutzelektronik
gute Lagerfähigkeit	Kapazitätsverlust bei Überladen
niedrige Selbstentladung	Gasaustritt und mögliches thermisches Durchgehen, falls zerquetscht
Schnellladung möglich	Sicherheit
hohe Leistungsdichte	
hohe Energieeffizienz	
große Energiedichten	
kein memory-effect	

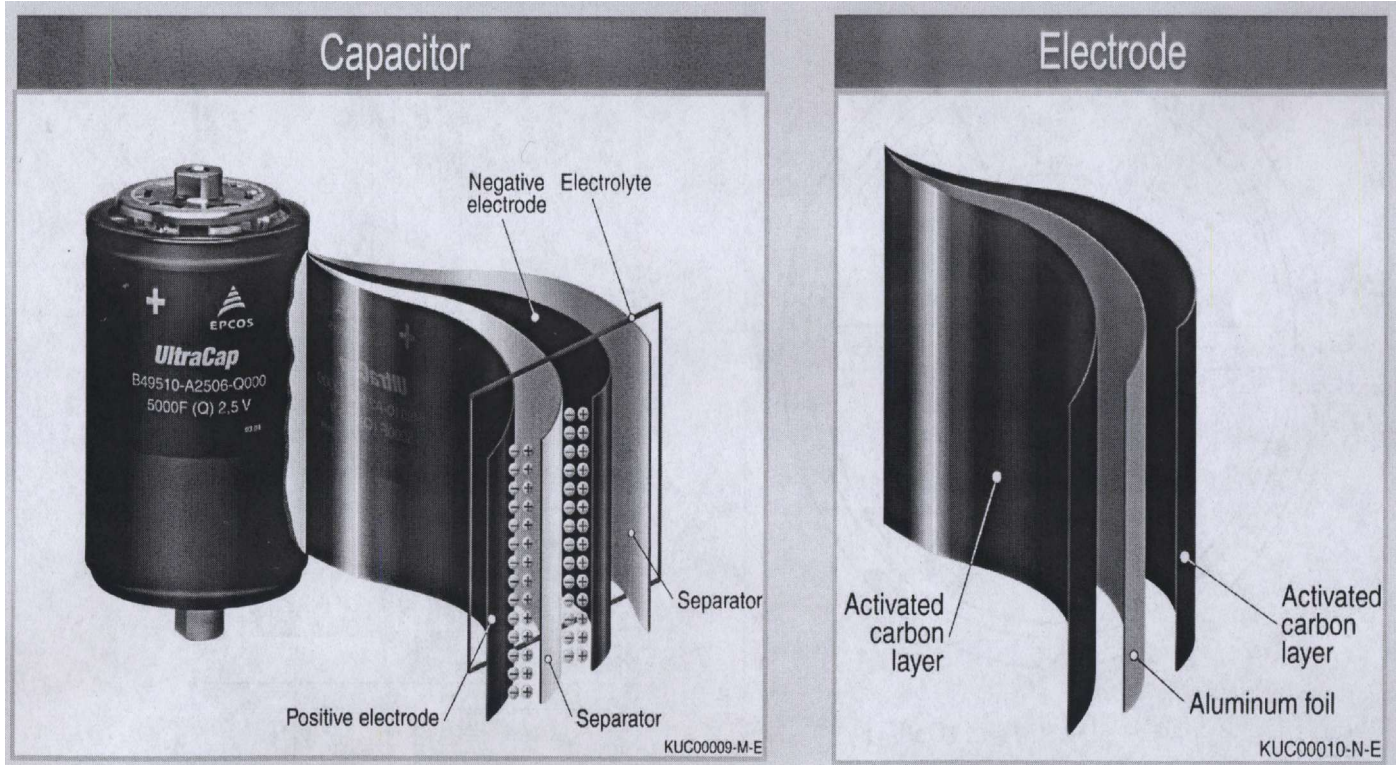
## NiMH-Akku

Vergleich der NiMH-Leistungsdaten mit den USABC-Kriterien

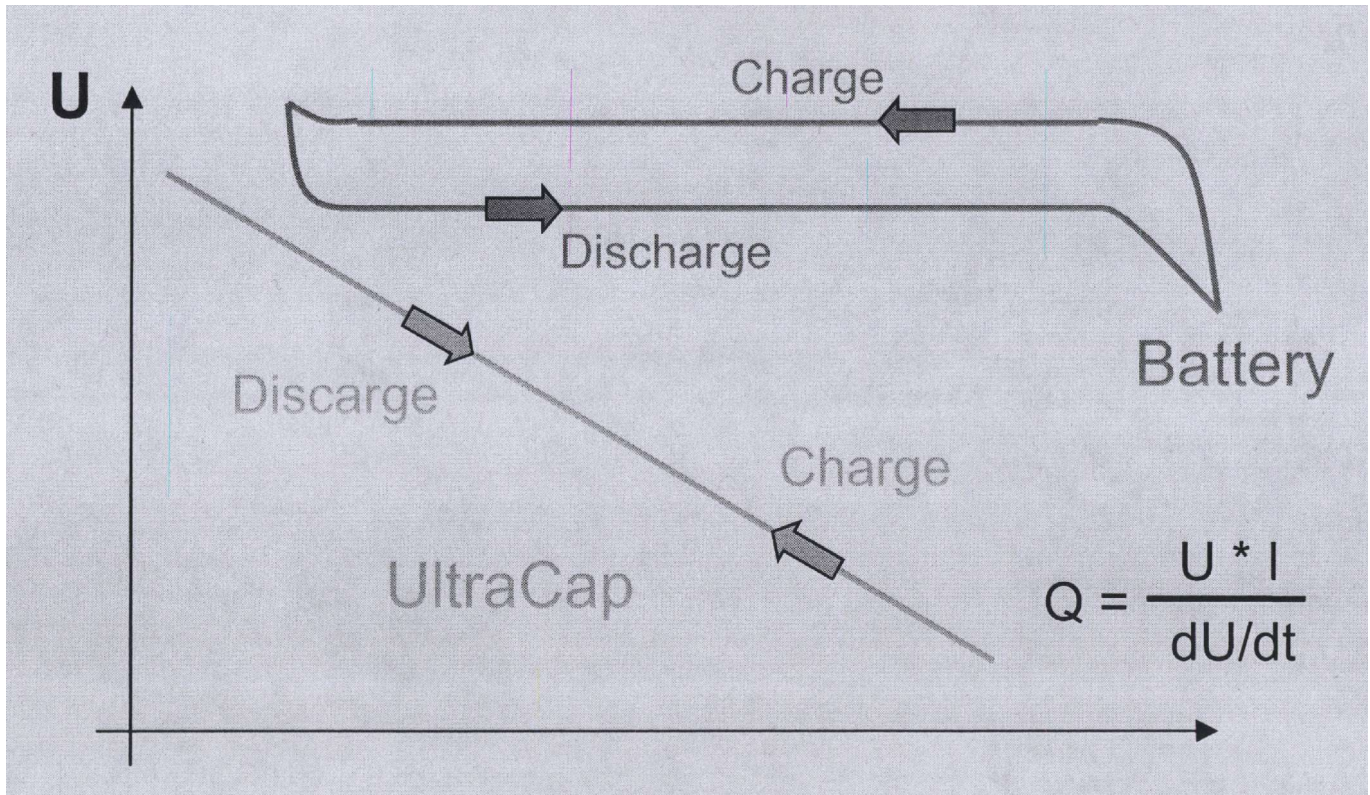
	<i>Mid-term</i>	<i>NiMH</i>	
		<i>Commerical</i>	<i>prototype</i>
Specific energy, Wh/kg (C/3 discharge rate)	80 (100 desired)	63-75	85-90
Energy density, Wh/L (C/3 discharge rate)	137	220	250
Specific power w/kg (80% DOD/30s)	150(> 200 desired)	220	240
Power density, W/L	250	850	1000
Ultimate price, \$/kWh	<150	\$220-400	\$150



# Aufbau eines Superkondensators



# Lade-/Entladekurve eines Supercaps im Vergleich zu einer Batterie



## **Energie- und Leistungsdaten**

Energiedichte: 3 Wh/kg

Leistungsdaten: 2000 W/kg

### **USABC-Kriterien**

spezifische Energie: 80 Wh/kg (kurzfristig), 200 Wh/kg (langfristig)

Energiedichte : 137 Wh/L (kurzfristig), 300 Wh/L (langfristig)

spezifische Leistung: 150 W/kg (kurzfristig), 400 W/kg (langfristig)

## **Zusammenfassung**

### konventionelle Kfz

Blei-Säure Batterie als bewährter Energiespeicher

Eventuell NiMH-Batterien als Ersatz

### Entwicklung von Batterien für Hybridfahrzeuge und Elektrofahrzeuge

#### USABC-Kriterien

Am weitesten ist die NiMH-Batterie fortgeschritten.

SuperCap hat als Energiepuffer potential.

#### Reihenfolge der spezifischen Energie

Supercap, Blei-Säure (gering), NiMH, Lithium-Ionen