

# Fachkonferenz Energietechnologien 2050 – »Energiespeicher«

Dr. Christian Doetsch  
Fraunhofer-Institut UMSICHT

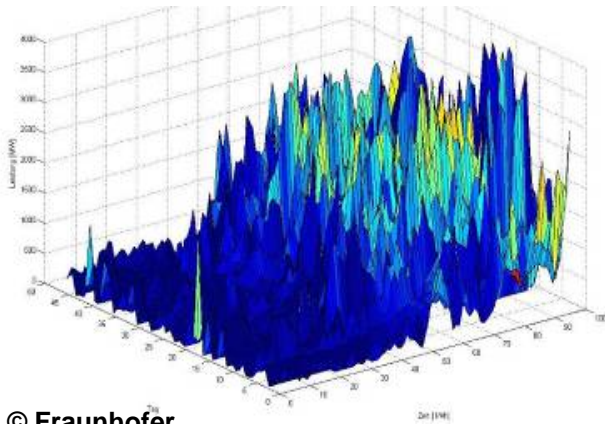
Berlin, 26. Mai 2009

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



© Fraunhofer

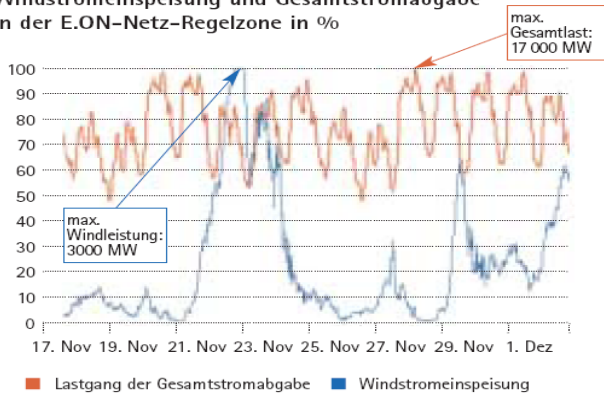
## Einspeisung fluktuierender Energien erzeugen starke Schwankungen im Netz

- ▶ Netzüberlastung
- ▶ Unterversorgung

## Ausgleich Erzeugung / Verbrauch ist jederzeit notwendig

- ▶ **Regel-/Reserveleistung (positiv/negativ)** bis zu 20 % Regel-/Reserveleistung der installierten Windkraft\*
- ▶ **massiver Netzausbau /-verstärkung erforderlich**  
Höchstspannungsnetz in 2015  
Verstärkung von 392 km, Neubau 850 km\*

Windstromeinspeisung und Gesamtstromabgabe in der E.ON-Netz-Regelzone in %



© EON

\* (dena Netzstudie I, 2005)

# Relevanz

## Massiver Ausbau EE

### ► bis 2030

Wind bis 50 GW  
Solar bis 12 GW

### ► bis 2050

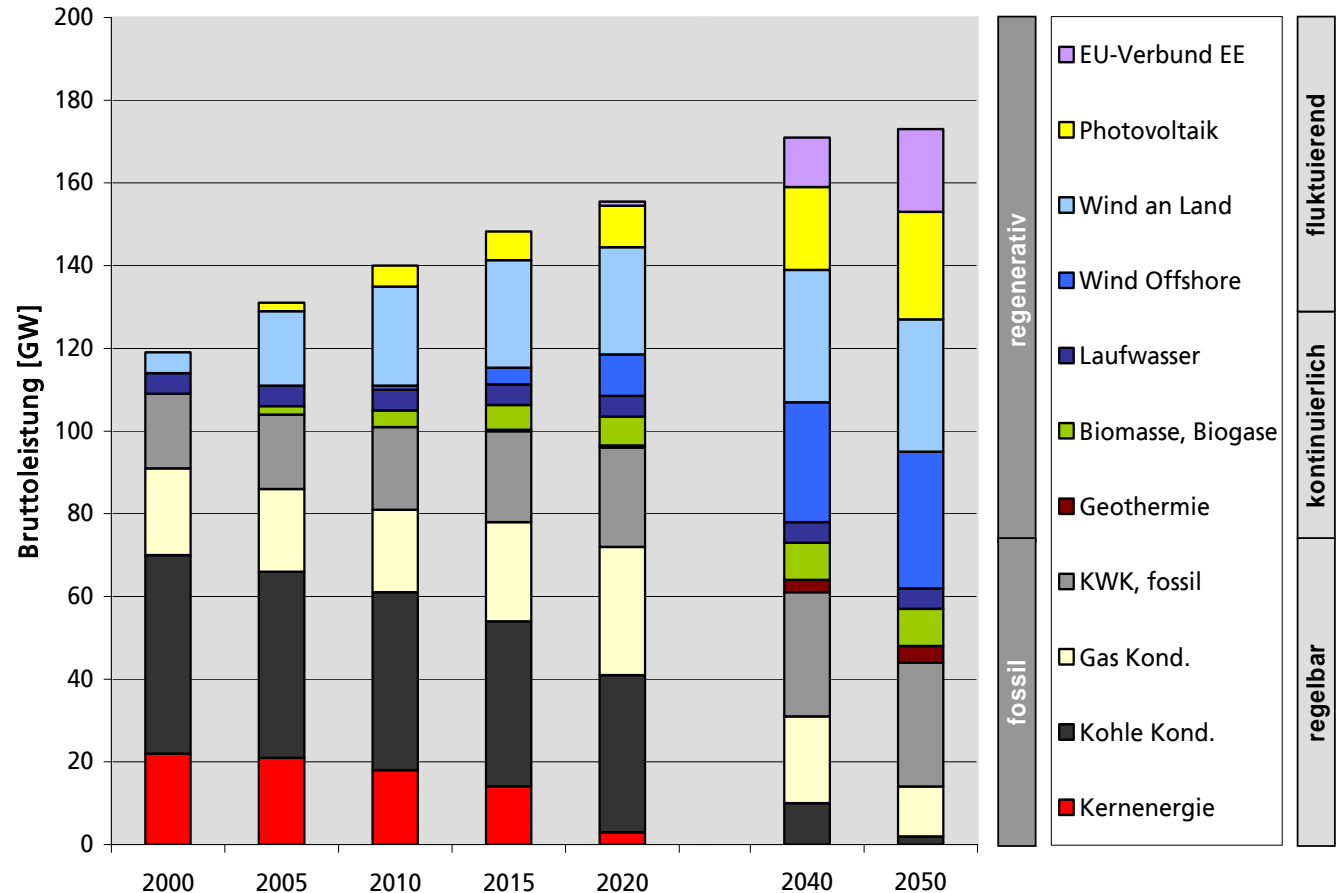
Fluktuierende >90 GW  
Leistungsbedarf bei ca. 80-90 GW

## Verhältnis fluktuierender zu regelbarer Leistung

► heute: 1 zu 6

► 2030: 1 zu 1,3

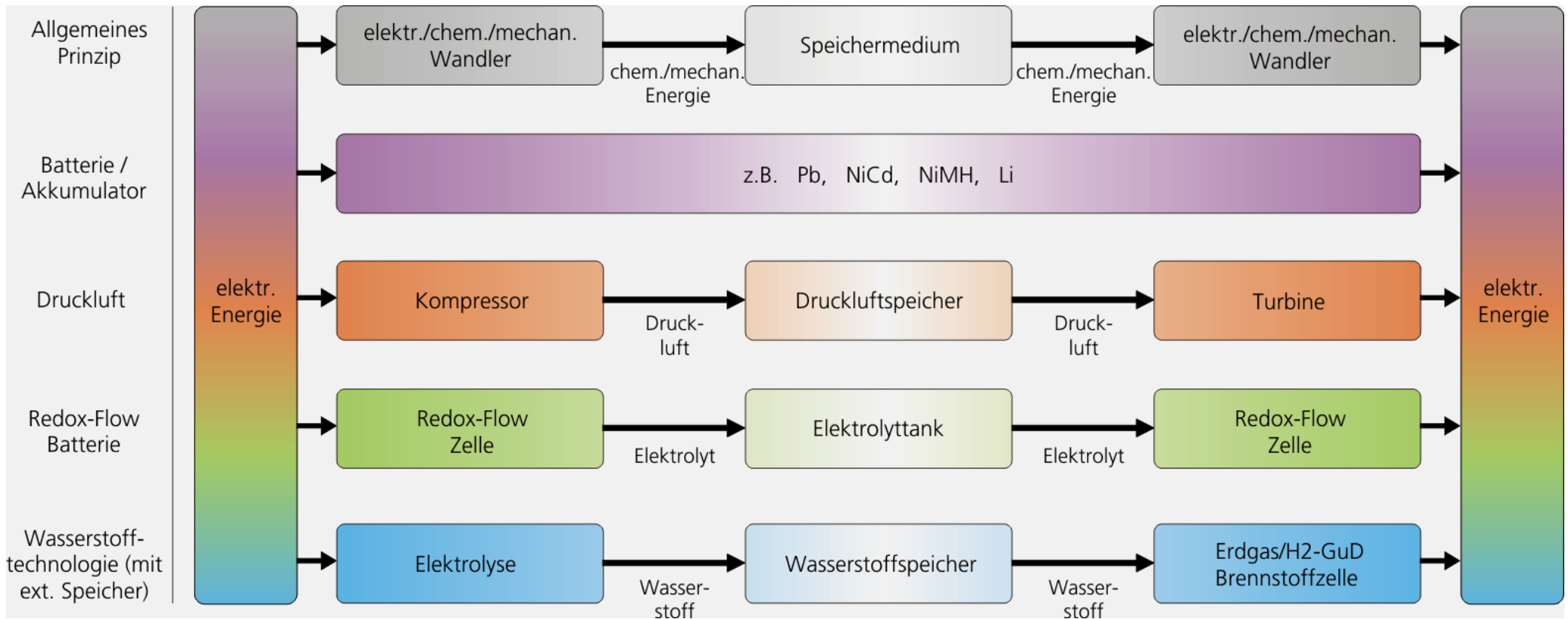
► 2050 1 zu 0,5



(Grafik: Fraunhofer, Daten: BMU Leitstudie 2007)

# Funktionsweise realer elektrischer Energiespeicher

energietechnologien  
2050



# Anwendungsbereiche elektrischer Energiespeicher

energietechnologien  
2050

*Netzqualitäts-  
verbesserung*

*Energie  
Management*

**Hohe Leistung**

**Hohe Energie**

*Ein- /Ausspeicherdauer:*

**Sekunden**

**Minuten**

**Stunden**

Flickerkompensation  
Spannungstabilisierung  
Frequenzstabilisierung

Rotierende Reserve  
Schwarzstartfähigkeit  
Unterbrechungsfreie  
Stromversorgung

Lastspitzenglättung  
Lastausgleich  
Stromhandel  
Integration fluktuierender  
Einspeisung  
Inselnetze

**Schwungrad**

**NaNiCl/NaS**

**DSK**

**NiCd/NiMH**

**Redox Flow**

**SMES**

**Li**

**Druckluftspeicher**

**Pb**

**Pumpspeicher**

**Wasserstoff**

© FraunhoferUMSICHT

# Relevante Energiespeichertechnologien

energietechnologien  
2050

## ➤ **Zentrale Speicherkraftwerke**

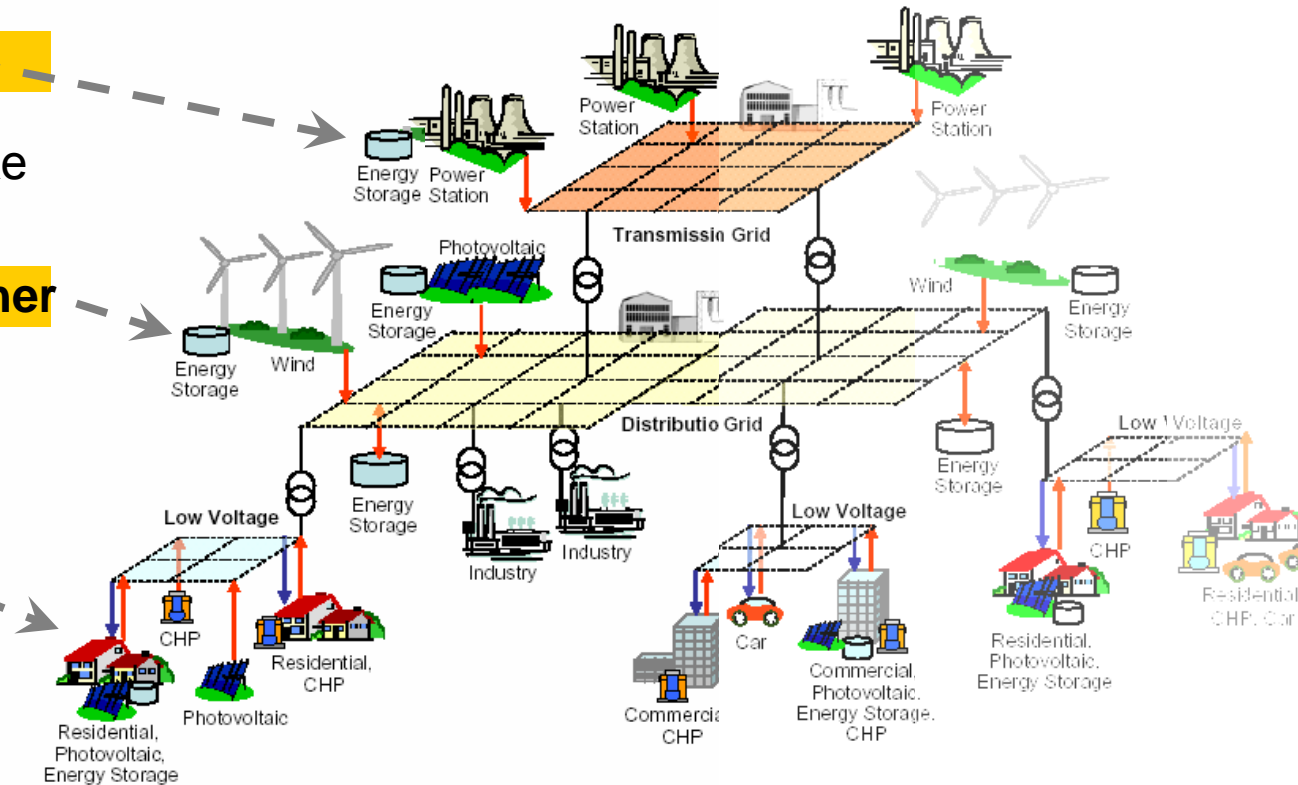
- Pumpspeicherkraftwerke
- Wasserstoffspeicher-Kraftwerke
- Druckluftspeicher-Kraftwerke

## ➤ **Dezentrale Großbatteriespeicher**

- Blei-Säure-Batterien
- Natrium-Schwefel-Batterien
- Redox-Flow Batterien

## ➤ **Lokale Kleinspeicher**

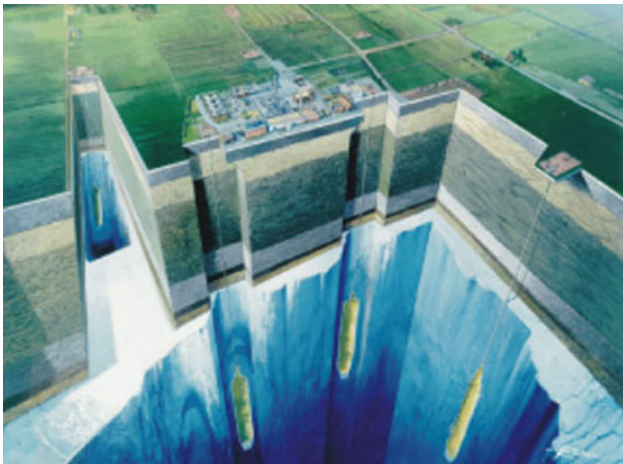
- Lithium-Ionen-Batterien
- NiMh-Batterien
- NiCd-Batterien
- Blei-Säure-Batterien



## ➤ **Kurzzeit-Speicher**

## ➤ **Thermische Speicher**

## Wasserstoffspeicher- kraftwerk (H<sub>2</sub>-GuD)



© KBB Underground Tech. – Wasserstoffkaverne

### Technologie

- Wasserstofferzeugung mittels Groß-(HD)-Elektrolyseur
- Wasserstoffspeicherung in Erdkavernen / Beimischung ins Erdgasnetz (evtl. Komprimierung notwendig)
- Rückverstromung mittels Erdgas/H<sub>2</sub>-GuD-Anlagen

### Vorteile

- höchste Energiedichte eines Großspeichers
- freie Skalierbarkeit von Ein-/Auspeicherleistung, Kapazität

### Nachteile

- geringer Gesamtwirkungsgrad (<40%)
- Kavernenbau notwendig

### Anwendung

- kurz-/mittelfristig: Anstatt Windparks abzuregeln, H<sub>2</sub>-Einspeisung in das Erdgasnetz
- mittel-/langfristig: Grundlaststrom aus großen Windparks (inkl. Flautenüberbrückung)

## Druckluftspeicher- kraftwerk CAES (A-CAES)



© EON – Druckluftspeicherkraftwerk Huntorf

### Technologie

- Druckluffterzeugung mittels (adiabater) elektr. Kompressoren
- Druckluftspeicherung in Erdkavernen, (Wärmespeicherung)
- Rückverstromung mittels Erdgas-Turbinen (Turbinen)

### Vorteile

- CAES: mäßiger Gesamtwirkungsgrad (42 - 54 %)
- A-CAES: voraus. guter Gesamtwirkungsgrad (60 - 70 %)
- freie Skalierbarkeit von Ein-/Auspeicherleistung, Kapazität

### Nachteile

- geringe Energiedichte
- Kavernenbau notwendig

### Anwendung

- kurz-/mittelfristig: tageszyklische Speicherdienstleistung
- mittel-/langfristig: Anstatt Windparks abzuregeln, speichern im Tageszyklus



## F&E-Themen

### Allgemein

- weiterer relevanter Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken in Deutschland ist nicht zu erwarten
- zuverlässige stabile Rahmenbedingungen (politisch, legislativ, wirtschaftlich) für Großinvestitionen (A-CAES, H<sub>2</sub>-GuD)

### A-CAES

- Entwicklung adiabater Verdichter
- Entwicklung kostengünstiger, evtl. druckfester Hochtemperatur-Wärmespeicher

### H<sub>2</sub>-GuD

- Entwicklung von effizienten und preiswerten Hochdruck-Elektrolyseuren
- Brennerentwicklung für reinen H<sub>2</sub>-Betrieb von Gasturbinen

### Systemisch

- Optimiertes Anlagenlayout bei Druckluftspeicherkraftwerken



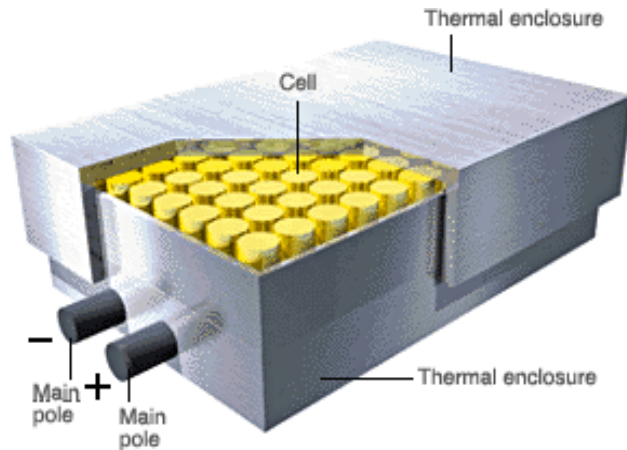
## Natrium-Schwefel-Batterie (NaS)

### Technologie

- elektrochemischer Speicher
- Modularer Aufbau auf Basis von Einzelzellen

### Vorteile

- marktnah/marktverfügbar  
(Erfahrungen aus ca. 200 Anlagen mit 270 MW)
- hoher Wirkungsgrad (70 - 80%)



© NGK Insulators Ltd. – Natrium-Schwefel-Batterie

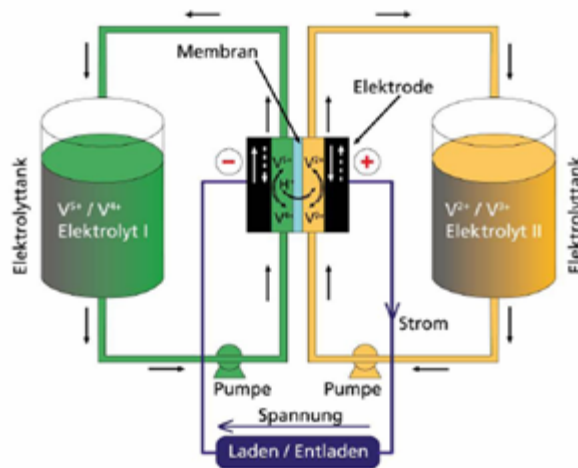
### Nachteile

- Hochtemperaturspeicher (320°C); d.h. Dämmung gegen Wärmeverlust bzw. Zusatzheizung bei langer Standzeit
- nur ein Hersteller weltweit (NGK Insulators Ltd. Japan)

### Anwendung

- Integration von fluktuierenden Energien (MW-Bereich) durch tageszyklischen Ausgleich
- Demand-Side-Management und Besicherung bei Großkunden

## Redox-Flow Batterie (Redox-Flow)



© Fraunhofer UMSICHT – Redox-Flow Batterie

### Technologie

- Speicherung der Energie in zwei flüssigen Elektrolyten mit verschiedenen Oxidationsstufen
- Energetische Umwandlung im Leistungsteil (Stack)

### Vorteile

- einfaches Scale-up und Kostendegression
- guter Gesamtwirkungsgrad (ca. 75 %)
- freie Skalierbarkeit von Leistung und Kapazität

### Nachteile

- in großer Leistung bisher nicht marktverfügbar
- noch hohe Kosten

### Anwendung

- kurzfristig: „Insel“- Lösungen
- mittel- und langfristig: Integration von fluktuierenden Energien (MW-Bereich); Demand-Side-Management bei Großkunden

## F&E-Themen

### Allgemein

- Blei-Säure-Batterien sind weit entwickelt: geringer F&E Bedarf
- NiCd-Batterien werden aus Umweltgründen kaum noch eingesetzt werden: kein F&E Bedarf
- NaS-Batterien sind vergleichsweise weit entwickelt und das Know-how ausschließlich in Japan

### Redox-Flow

- Entwicklung geeigneter Stack- und Zelldesigns
- Kostensenkung bei Membranen und Stackbau
- Entwicklung neuer Elektrolyte („beyond Vanadium“) und Membranen

### Systemisch

- Energiespeichermanagement



## Lokale Kleinspeicher

- **Lithium-Ionen-Batterien**  
sehr hohes Potenzial; großer Entwicklungsvorsprung in Japan
- **NiMh-Batterien**  
praktisch: „State of the art“, geringes Entwicklungspotenzial

## Kurzzeit-Speicher

- **Doppelschichtkondensatoren**  
neue nicht-toxische Elektrolyte
- **Schwungradspeicher**  
magnetische Lagerung
- **Supraleitende Magnetische Spulen**  
Hochtemperatursupraleiter

## Thermische Speicher

- **sensible Speicher**
- **latente Speicher**
- **chemische Speicher**



## Ranking nach

### ■ Relevanz

- für das europäische Energiesystem
- für europäische Firmen

### ■ F&E-Potenzial

- technische Entwicklungsmöglichkeiten
- Erschließbarkeit des Potenzials durch deutsche /europäische Firmen

