

# Elektrische Energiespeicher – Bedarf – Stand der Technik – Ausblick

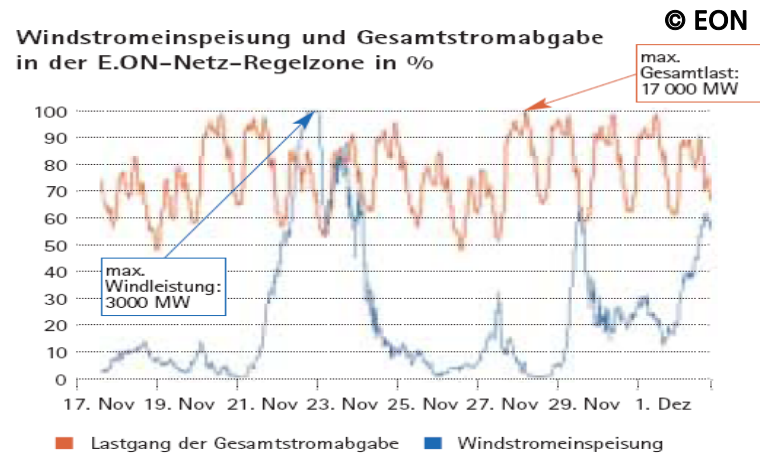
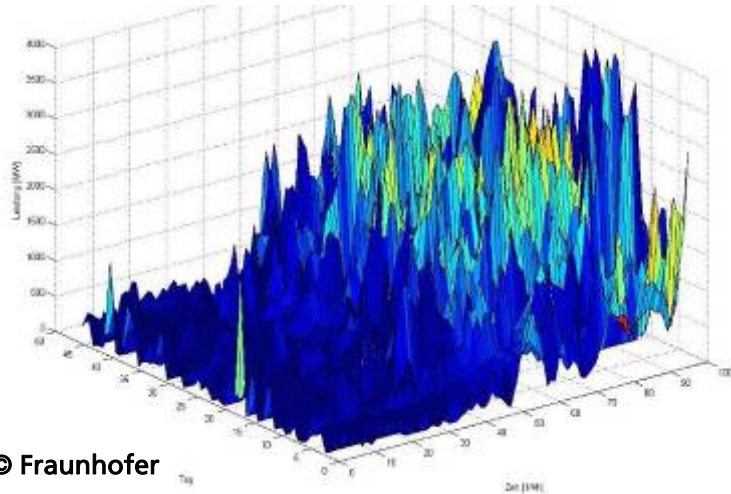
Dr. Christian Doetsch

Fraunhofer Institut UMSICHT

Fraunhofer Netzwerk  
»Energiespeichersysteme  
und Netze«



# Warum brauchen wir Stromspeicher ?



- Einspeisung fluktuierender Energien erzeugen starke Schwankungen im Netz

- ▶ Netzüberlastung
- ▶ Unterversorgung

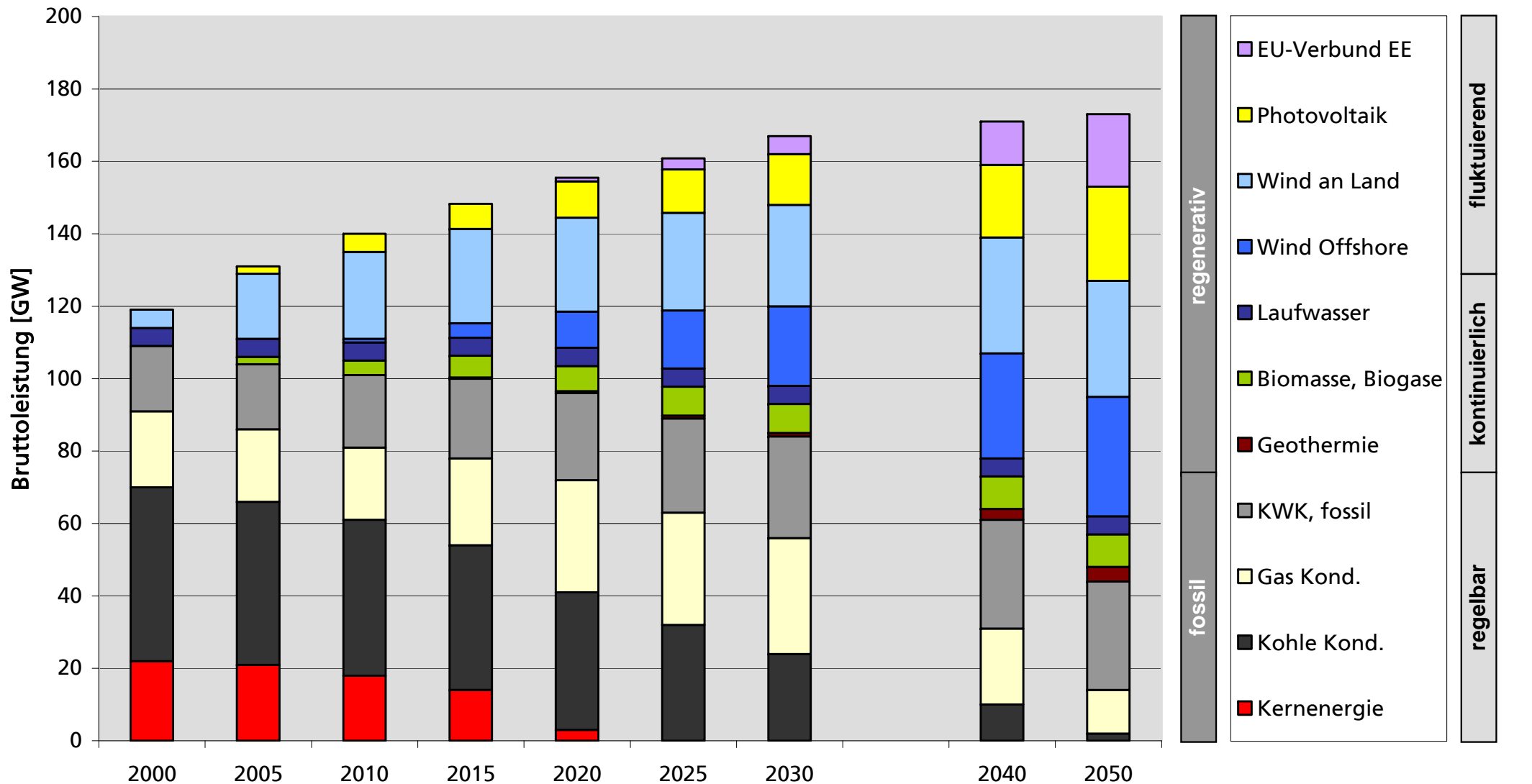
- Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch ist jederzeit notwendig

- ▶ Regel-/Reserveleistung (positiv/negativ) notwendig (bis zu 20 % Regel-/Reserveleistung der installierten Windkraft)\*

- ▶ massiver Netzausbau / -verstärkung erforderlich (Höchstspannungsnetz in 2015 Verstärkung von 392 km, Neubau 850 km)\*

\* (dena Netzstudie I, 2005)

# Was ändert sich in Zukunft ?



(Grafik: Fraunhofer, Daten: BMU Leitstudie 2007)

# Warum brauchen wir in Zukunft vermehrt Stromspeicher ?

## ■ Massiver Ausbau erneuerbarer Energien

### ▶ bis 2030

Wind bis 50 GW

Solar bis 12 GW

### ▶ bis 2050

Fluktuierende über 90 GW

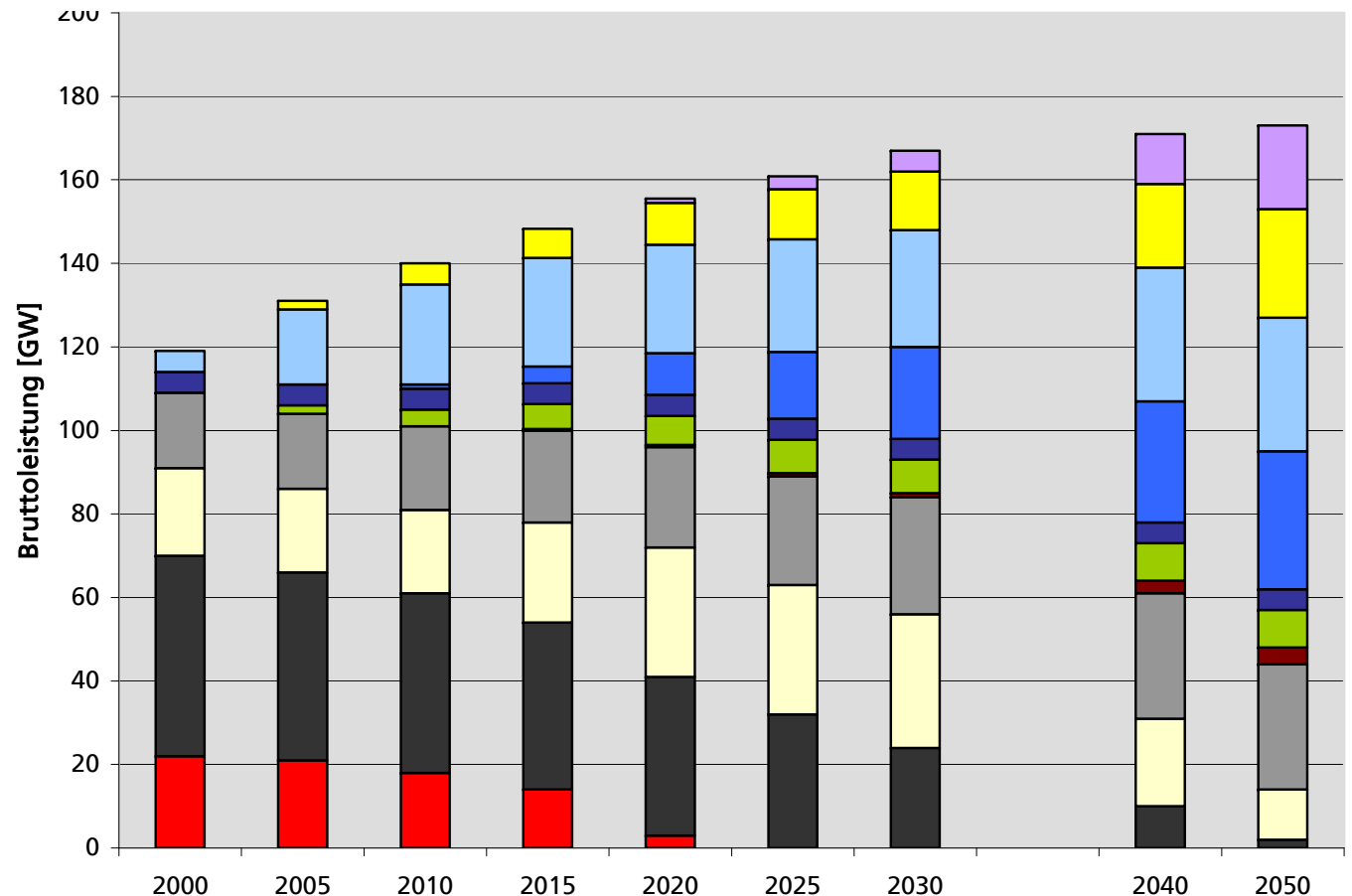
▶ Leistungsbedarf bei ca. 80-90 GW

## ■ Verhältnis fluktuierender zu regelbarer Leistung

▶ heute: 1 zu 6

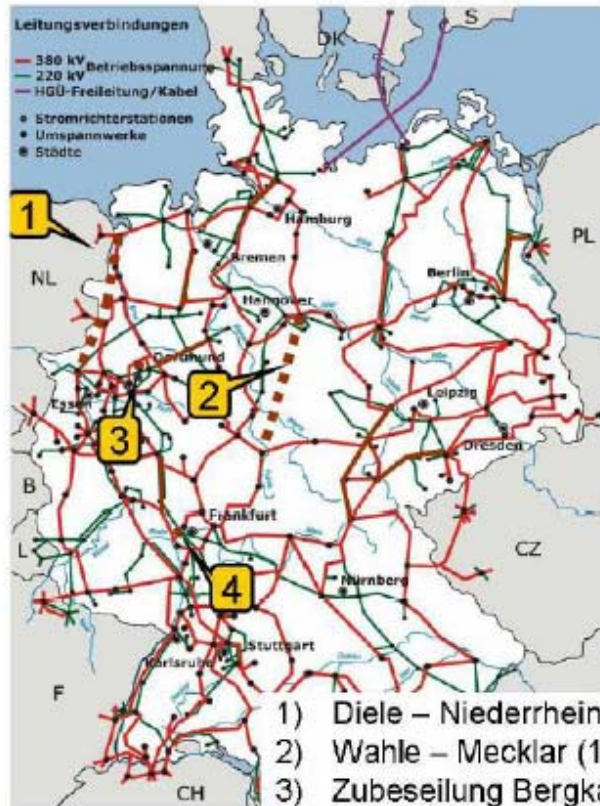
▶ 2030: 1 zu 1,3

▶ 2050: 1 zu 0,5



(Grafik: Fraunhofer, Daten: BMU Leitstudie 2007)

# Gleichen sich nicht die ganzen Erneuerbaren Energien aus ?



## ■ Kurzfristige Schwankungen im Netz

- ▶ Windböen, Wolkendurchgang gleichen sich aus.

## ■ Regionaler Energieausgleich

- ▶ eher gering, da die regionalen Wetterverhältnisse ähnlich sind.

## ■ Großräumiger/internationaler Energieausgleich

- ▶ nur sehr begrenzt möglich, da
  - Hochlastzeiten europaweit ähnlich,
  - Netzkapazitäten begrenzt
  - internationale Koppelstellen häufig ausgelastet sind

© dena Netzstudie I

# Können vorhandene Speicherseen genutzt oder ausgebaut werden ?

## ■ Nutzung von Speicherseen

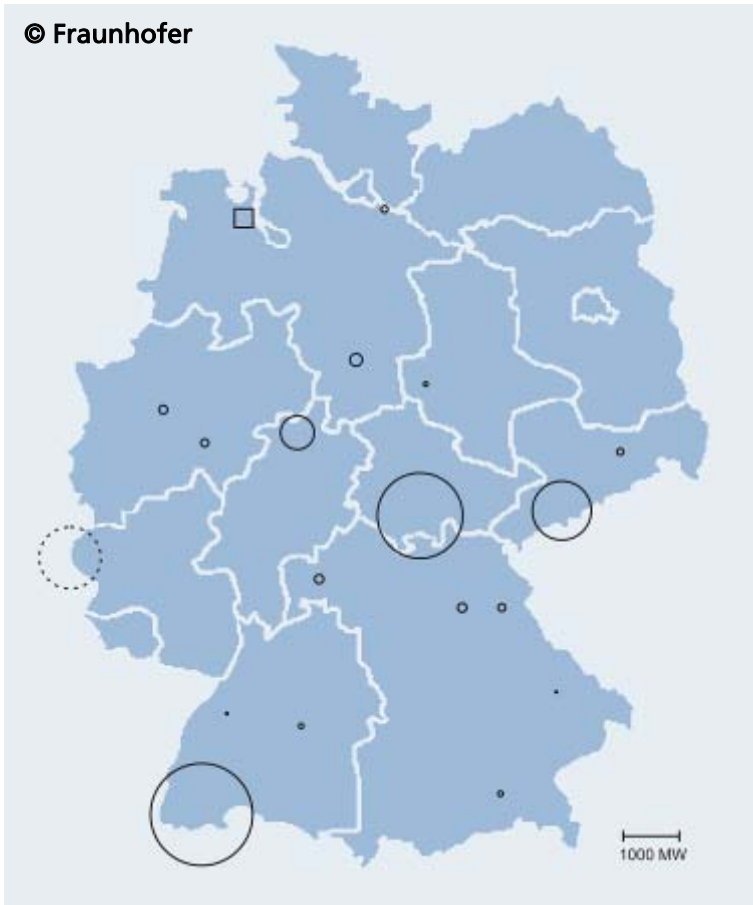
- ▶ werden in Deutschland schon intensiv genutzt

## ■ Ausbau der Speichersee-Kapazität

- ▶ massiver Eingriff in die Landschaft
- ▶ in Deutschland nur in sehr geringem Umfang noch möglich

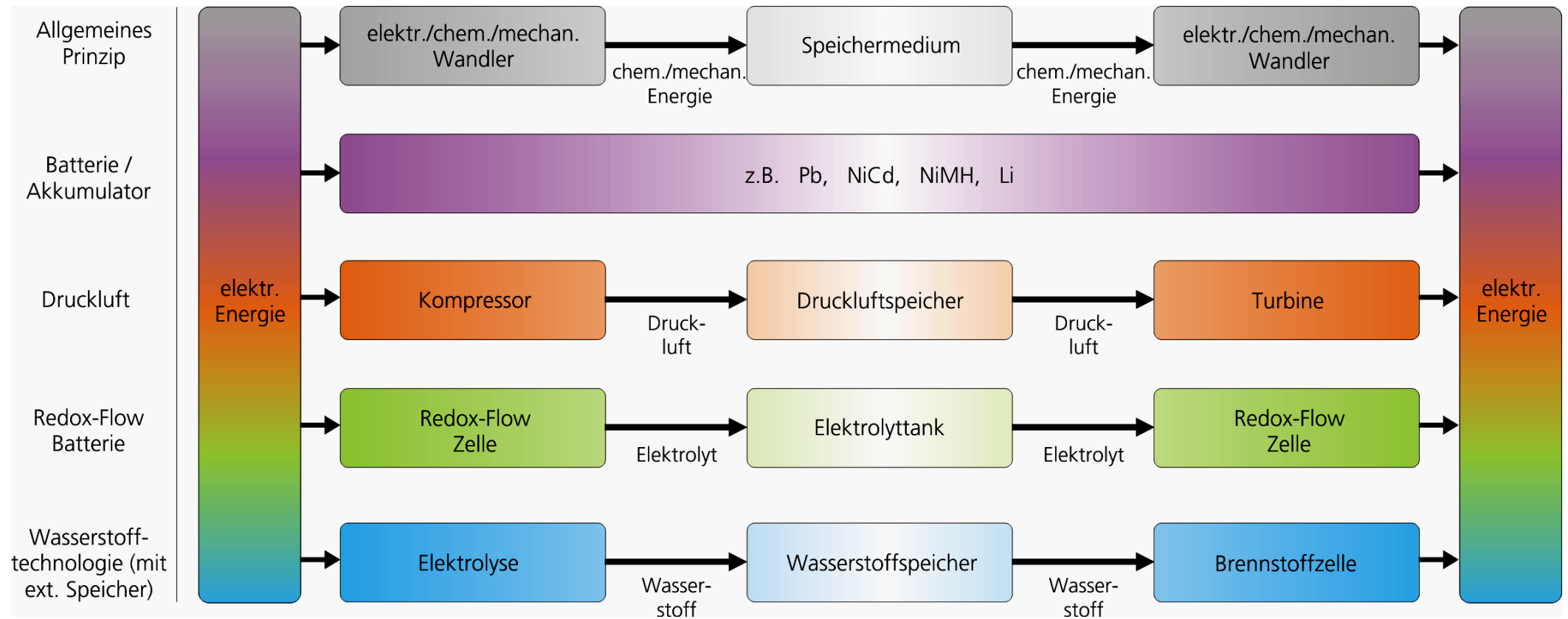
## ■ Anschluss weiterer Speicherseen im Ausland

- ▶ Nutzung der Speicherseen durch das Übertragungsnetz/Koppelstellen (bisher) begrenzt
- ▶ Evtl. Einbindung der Speicherseen in Norwegen



# Wie funktionieren Energiespeicher?

## Funktionsweise realer Energiespeicher



© Fraunhofer

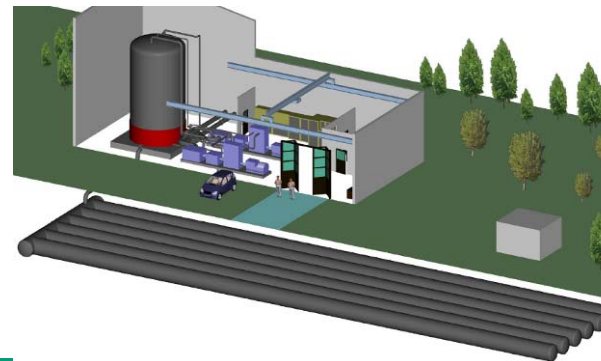
# Welche Technologien für Energiespeicher werden eingesetzt ?

- Pumpspeicherkraftwerke (PH)
  - effizient
  - topologische Anforderungen
  - problematischer Ausbau



© RWE.

- Druckluftspeicherkraftwerk (CAES)
  - bisher (noch) wenig effizient
  - Kompressorentwicklung notwendig
  - besondere geologische Anforderungen



© Fraunhofer.

- Vision Micro-CAES
  - bisher nur Konzept



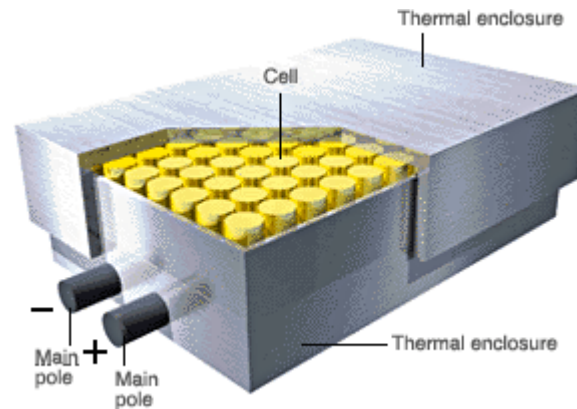
© EON.



# Welche Technologien für Energiespeicher werden eingesetzt ?

## ■ Natrium-Schwefel-Batterie (NaS)

- Einsatz kritischer Materialien
- hohe Temperaturen
- Stand-by Verluste



© NGK Insulators Ltd.

## ■ Bleibatterie (LA)

- Stand der Technik
- kostengünstig
- geringe Lebensdauer



© Fraunhofer  
(Batteriespeicher Mont Cenis)

## ■ Redoxflow-Batterien (Redox)

- günstiges Scale-up
- hoher Entwicklungsbedarf /  
hohes Entwicklungspotenzial



© Fraunhofer  
Fraunhofer Stack

# Wie unterscheiden sich die Technologien für Energiespeicher?

## ■ Mittel-/Langfrist

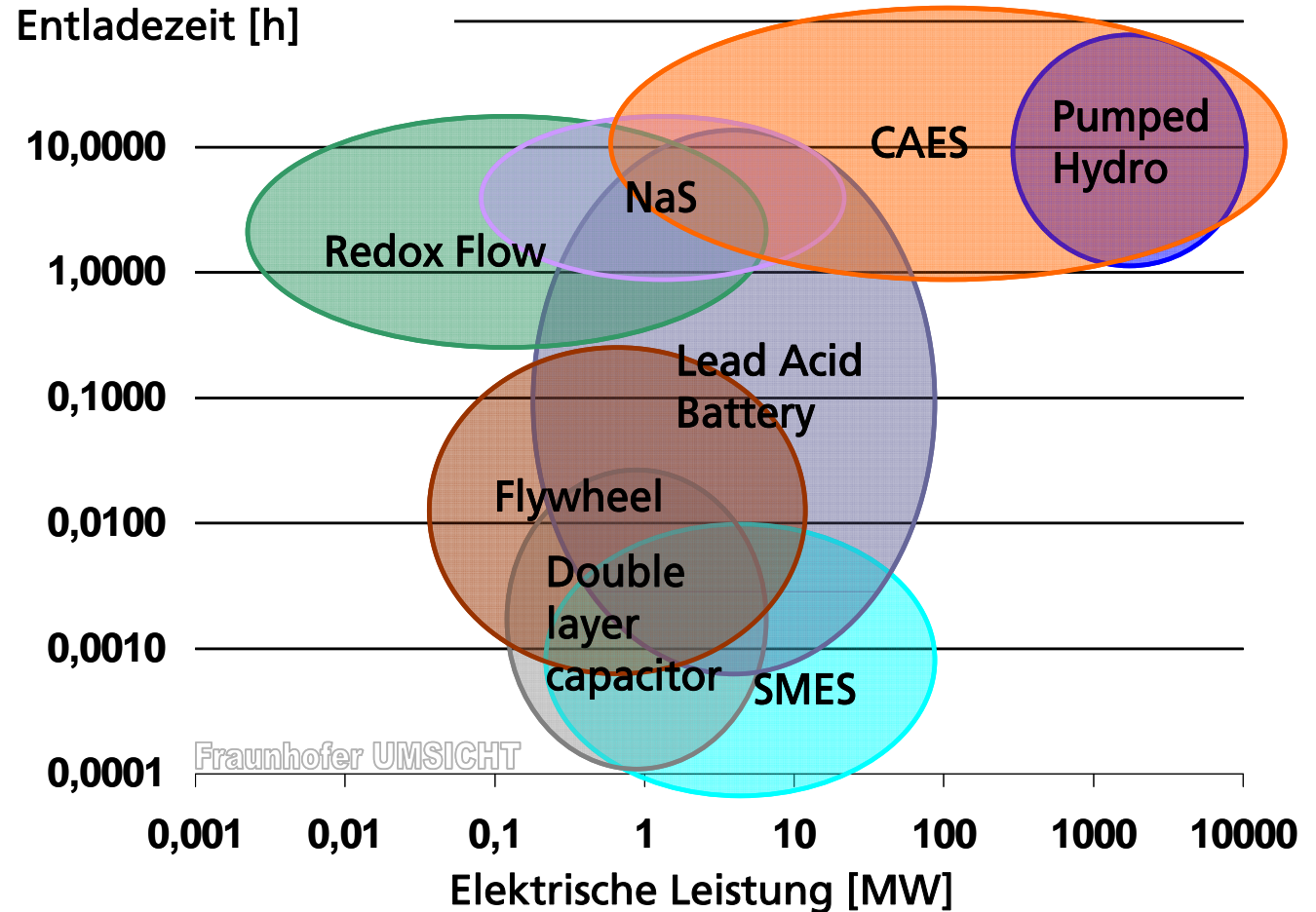
- ▶ Pumpspeicherkraftwerke
- ▶ Druckluftspeicherkraftwerke
- ▶ Redox-Flow Batterien
- ▶ Bleibatterien

## ■ Kurzfrist

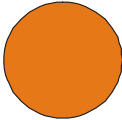
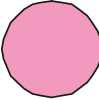



- ▶ Bleibatterien
- ▶ Schwungradspeicher
- ▶ Kondensatoren
- ▶ Supraleitende Spulen

## Realisierte Anlagen

Entladezeit [h]



# Weltweite Leistung von Energiespeichern

▶ <b>Druckluftspeicher</b>	<b>477 MW<sub>el</sub></b>		Compressed Air Energy Storage
▶ <b>NaS-Batterie</b>	<b>&gt;200 MW<sub>el</sub></b>		Sodium-Sulphur Battery
▶ <b>Bleibatterie</b>	<b>125 MW<sub>el</sub></b>		Lead-Acid Battery
▶ <b>Redox-Flow</b>	<b>11 (38*) MW<sub>el</sub></b>		Redox-Flow Battery
▶ <b>NiCd-Batterie</b>	<b>26 MW<sub>el</sub></b>		Nickel-Cadmium Battery

\* inklusive zweier abgebrochener Regenesys Projekte

# Weltweite Leistung von großen Energiespeichern

**Wasserkraftwerke (PH)**

**110 000 MW<sub>el</sub>**

**über 99% der  
Energiespeicherleistung**



Compressed Air Energy Storage



Sodium-Sulphur Battery



Lead-Acid Battery

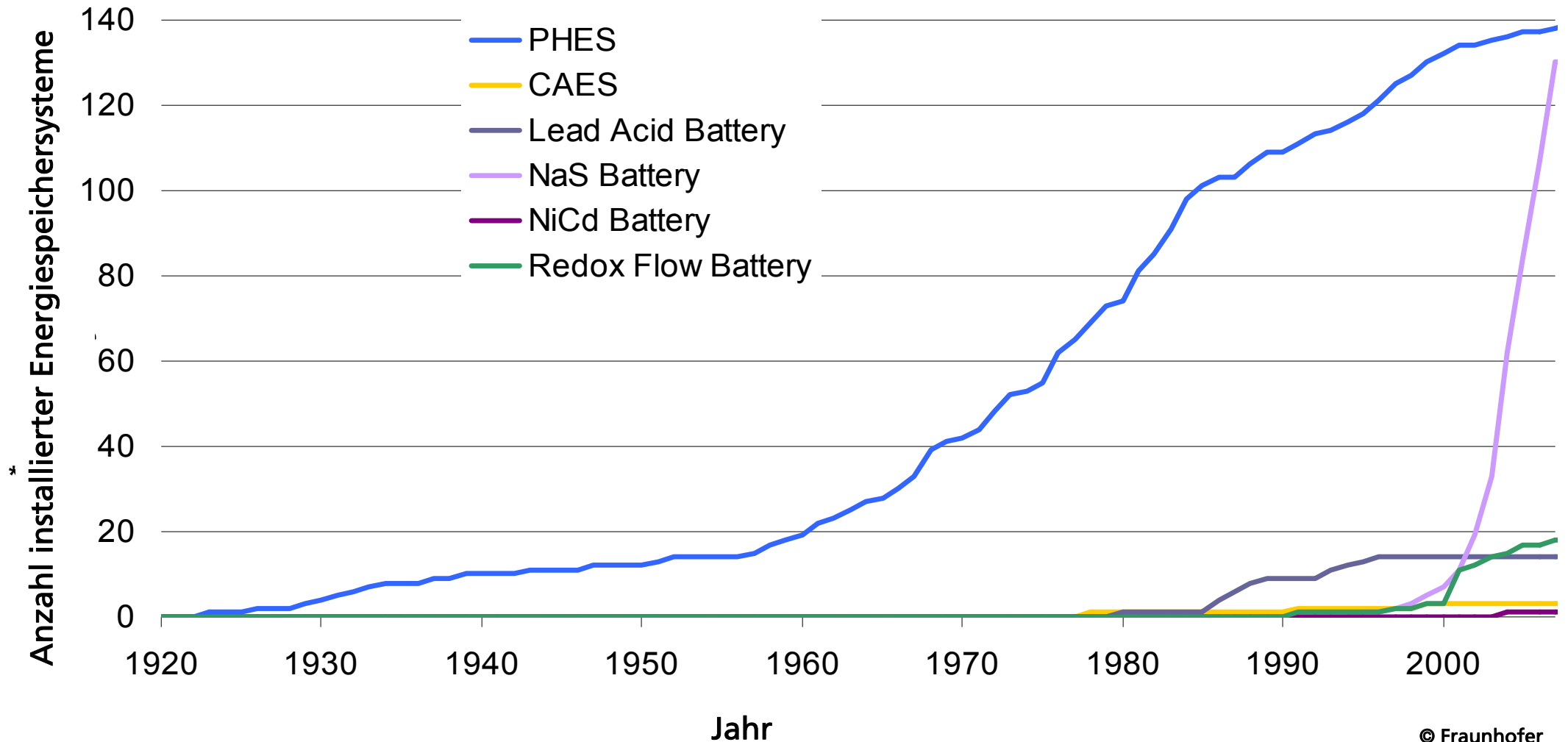


Redox-Flow Battery



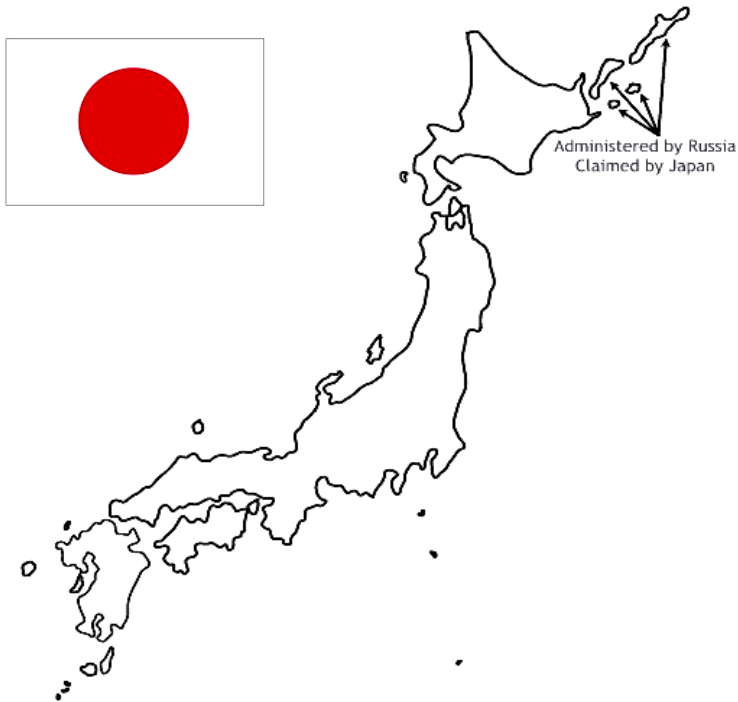
Nickel-Cadmium Battery

# Entwicklung der Anlagenzahl von großen Energiespeichern weltweit



© Fraunhofer

# Ist der Speicherbedarf eine rein deutsche Problematik (EEG) ?



## ■ Deutschland

In Deutschland basiert der Bedarf an Energiespeichern vorrangig auf dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und deren regionaler Verteilung.

## ■ Japan

Hier besteht der hohe Energiespeicherbedarf (über 200 Batteriespeicher im Megawattbereich) vor allem durch Netzrestriktionen (Netzstruktur, Topologie, Koppelstellen, Bebauungsdichte).

## ■ USA, Südeuropa

In Ländern mit ausgeprägter sommerlicher Spitzenlast (verschärfend: hoher Anteil an Grundlaststromerzeugern) steigt der Speicherbedarf.

## ■ Inseln

Speicher sind dort zumeist technisch notwendig.

# Wie hoch ist die Effizienz der Energiespeicher überhaupt ?

- Gesamtwirkungsgrad (AC-AC) beeinflusst durch Anwendung / Teillast, Effizienz der Wechselrichter, Trafos

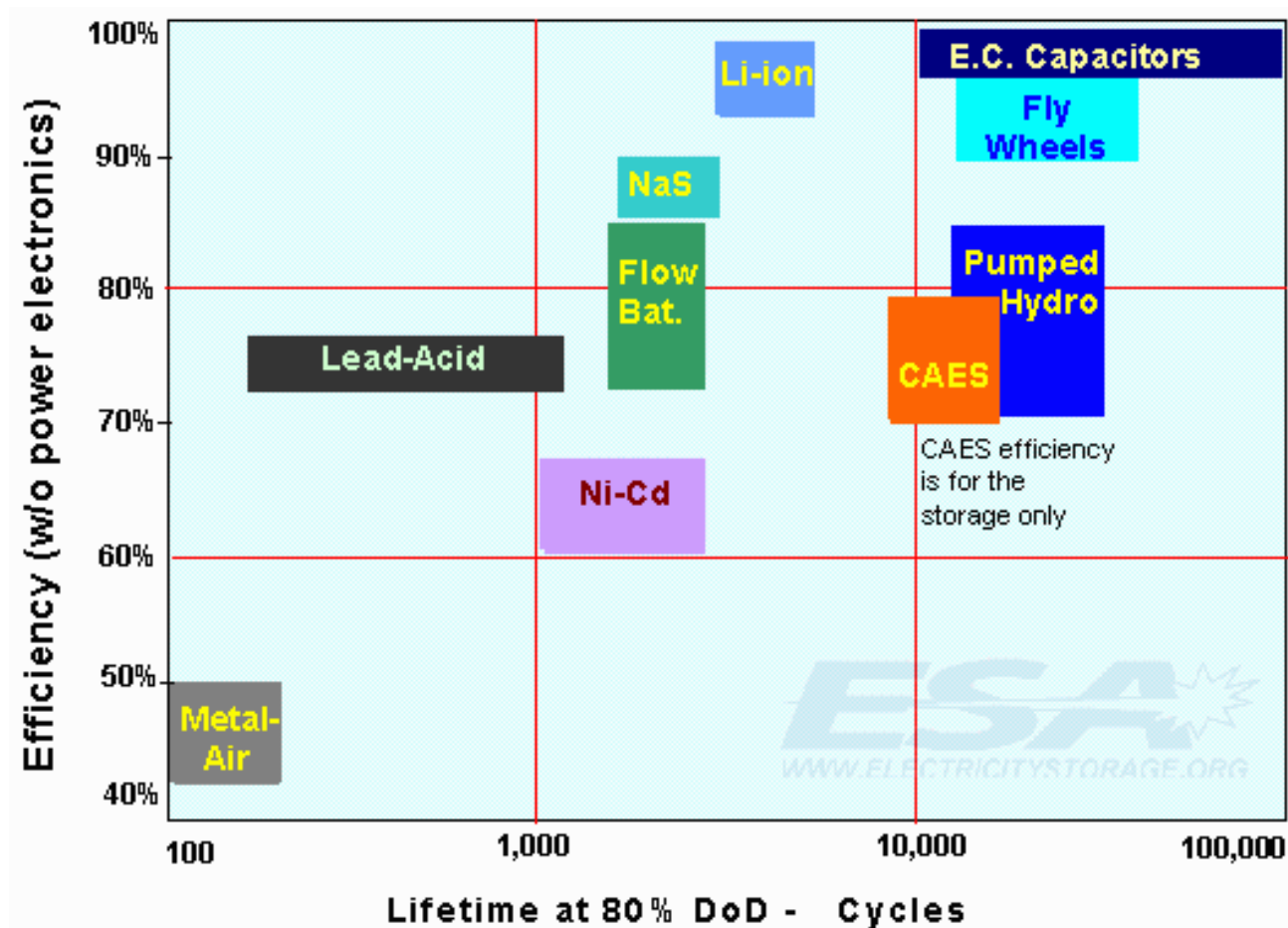
- ▶ Lithium-Batterien (bis zu 90%)

- ▶ Pumpspeicher, Bleibatterie (bis zu 80%)

- ▶ NaS / Redoxflow-Batterie (ca. 70 - 80%)

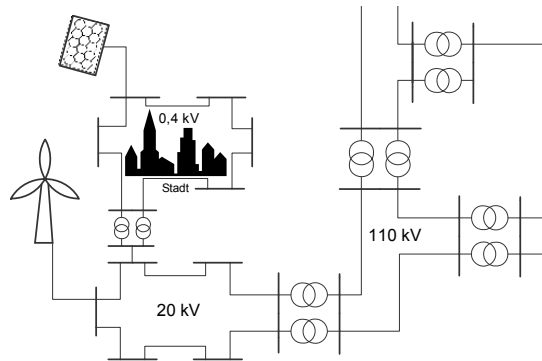
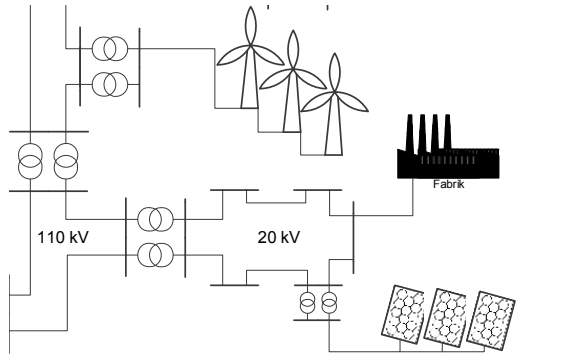
- ▶ Druckluftspeicherkraftwerk (ca. 42 - 70%)

- ▶ Wasserstoff – BZ (ca. 30 - 50%)



[www.energystorage.org](http://www.energystorage.org)

# Welche dieser Technologien werden in Zukunft eingesetzt und wo ?



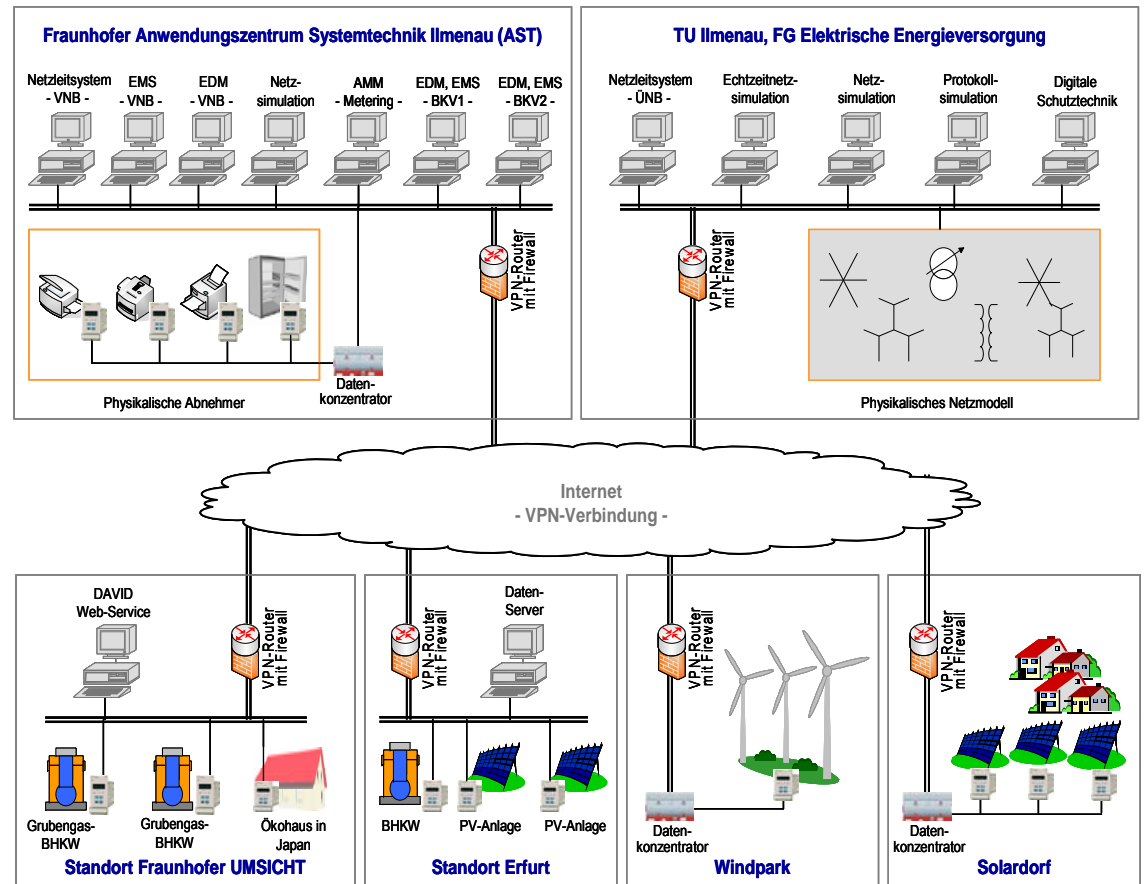
- Zentral im Netz / an großen Windparks
  - ▶ Zukünftig Druckluftspeicher im 2 bis 3-stelligen MW-Bereich (adiabate CAES, Micro-CAES)
  - ▶ Langfristig H<sub>2</sub>-GuD im 3-stelligen MW-Bereich
- Dezentral an Netzknoten / mittelgroßen Einspeisern (Windanlage, große PV)
  - ▶ Stand der Technik: Blei- / NaS-Batterien
  - ▶ Zukünftig Redox-Flow Batterien
- Lokal bei netzfernen Endkunden bzw. Kleineinspeisern (Dach-PV)
  - ▶ Stand der Technik: Bleibatterien
  - ▶ Zukünftig Lithium-Batterien



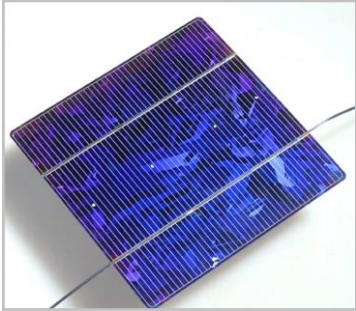
# Wie arbeiten virtuelle Energiespeicher ?

## Virtuelle Energiespeicherung

- »Demand Side Management«  
Abschaltbare Verbraucher
  - ▶ Industrie: Lastmanagement
  - ▶ Privathaushalte:  
Begrenztes Potenzial  
(Kühl-/Gefrierschränke)
  
- »Demand Response«  
Zentrale Regelung dezentraler Anlagen (Strom, Wärme, Kälte)
  - ▶ Nutzung dezentralen Wärme-/Kältespeicher  
(bspw. Wärmepumpenheizung)



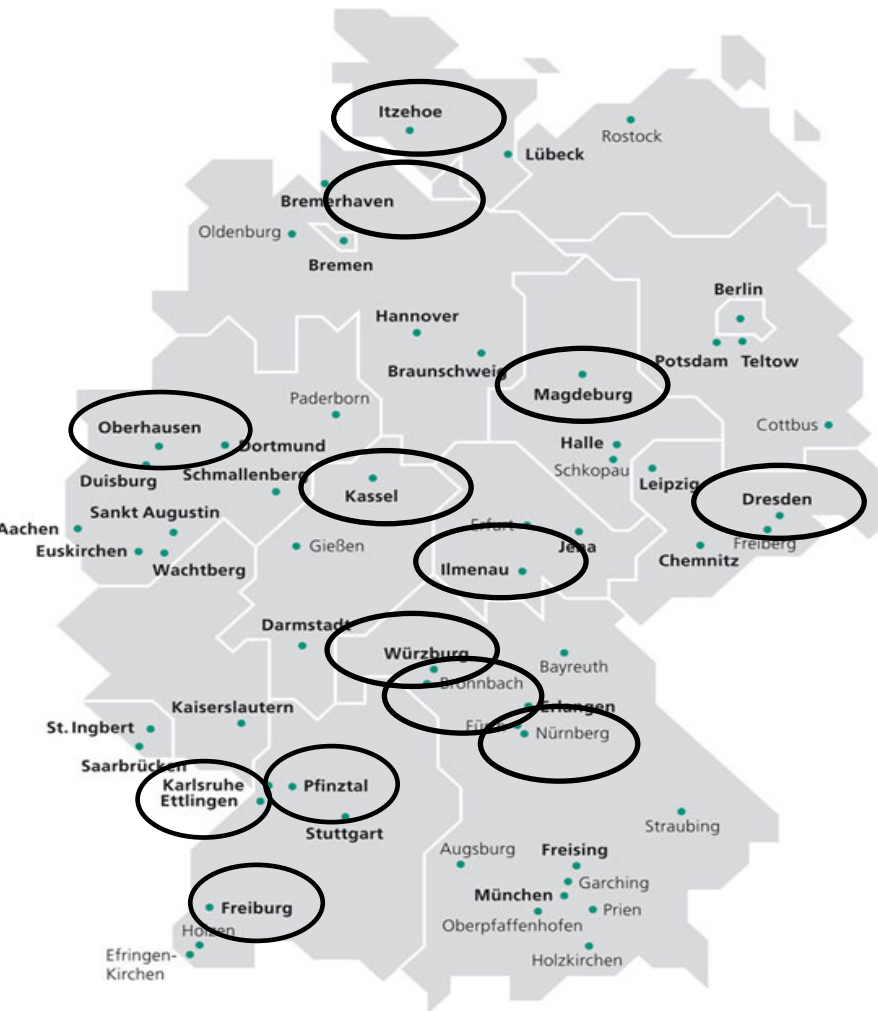
## Fraunhofer Netzwerk: Energiespeichersysteme und Netze



- Das Ziel des Fraunhofer Zukunftsthemas **»Energiespeicher im Netz«** ist die Entwicklung von neuen Technologien und Systemen zur dezentralen elektrischen Energiespeicherung (»Stromspeicher«).
- Auf Basis des Zukunftsthemas hat sich das **Fraunhofer Netzwerk »Energiespeichersysteme und Netze«** gegründet.
- **Themen**
  - ▶ elektrische Energiespeicher /-systeme
  - ▶ thermische Speicher
  - ▶ Netze/Leistungselektronik
  - ▶ Energiemanagementsysteme
  - ▶ dezentrale Speicher und Regelstrukturen



## Fraunhofer Netzwerk: Energiespeichersysteme und Netze



- ▶ Fraunhofer UMSICHT (Koordination)
- ▶ Fraunhofer AST
- ▶ Fraunhofer ICT
- ▶ Fraunhofer IFAM-DD
- ▶ Fraunhofer IFF
- ▶ Fraunhofer ISE
- ▶ Fraunhofer ISI
- ▶ Fraunhofer ISC
- ▶ Fraunhofer ISIT
- ▶ Fraunhofer IWES

Koordinator: Dr. Christian Doetsch  
Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

[christian.doetsch@umsicht.fraunhofer.de](mailto:christian.doetsch@umsicht.fraunhofer.de)

**Noch weitere Fragen ?  
Besuchen Sie uns!**

**Hannovermesse**

**19.-23. April 2010**

**Halle 13, Stand E44**



Dr. Christian Doetsch  
Tel.: +49 208 8598 1195  
[christian.doetsch@umsicht.fraunhofer.de](mailto:christian.doetsch@umsicht.fraunhofer.de)