

# 15. Fachkongress Zukunftsenergie im Rahmen der E-world 2011

## Forum A: Energienetze und -speicher

### Netzgebundene Speichertechnologien – Stand und Perspektiven

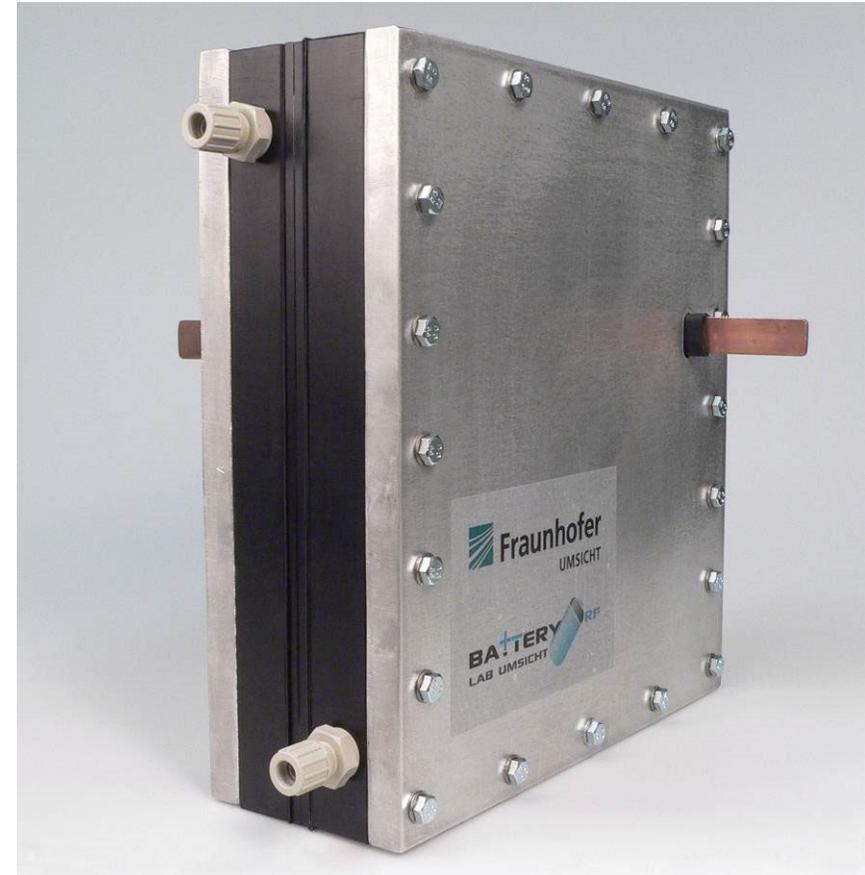
Dr. Christian Doetsch

Fraunhofer UMSICHT



Mit **neuer** Energie

Forum A, Dienstag, 08. Feb. 2011,  
E-world, Essen

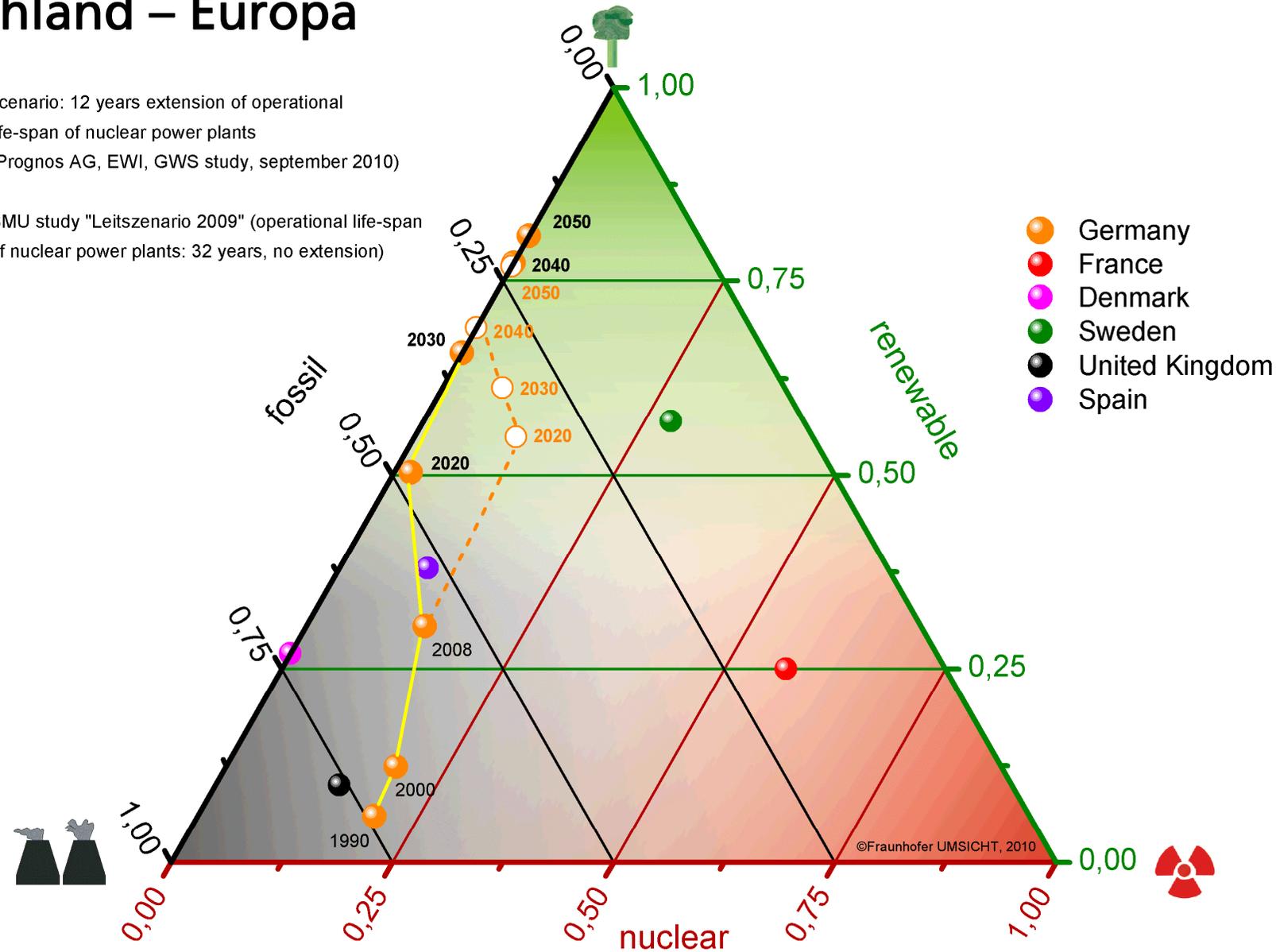


# Energiemix Deutschland – Europa

## [Leistungsanteile]

--- scenario: 12 years extension of operational life-span of nuclear power plants  
(Prognos AG, EWI, GWS study, september 2010)

— BMU study "Leitszenario 2009" (operational life-span of nuclear power plants: 32 years, no extension)



# Energiespeicherbedarf - Analyse

## Internationale Aktivitäten

### ► Energy Conservation through Energy Storage (ECES)

Annex 26 »Future Energy Storage Demand« [Coordination: Fraunhofer UMSICHT]

Ziele:

- Zusammenfassung der unterschiedlichen nationalen Rahmenbedingungen
- Übertragung des Simulationsmodells auf andere Länder
- Erstellung von „Guidelines“ zum Test von Energiespeichern

## Nationale Aktivitäten

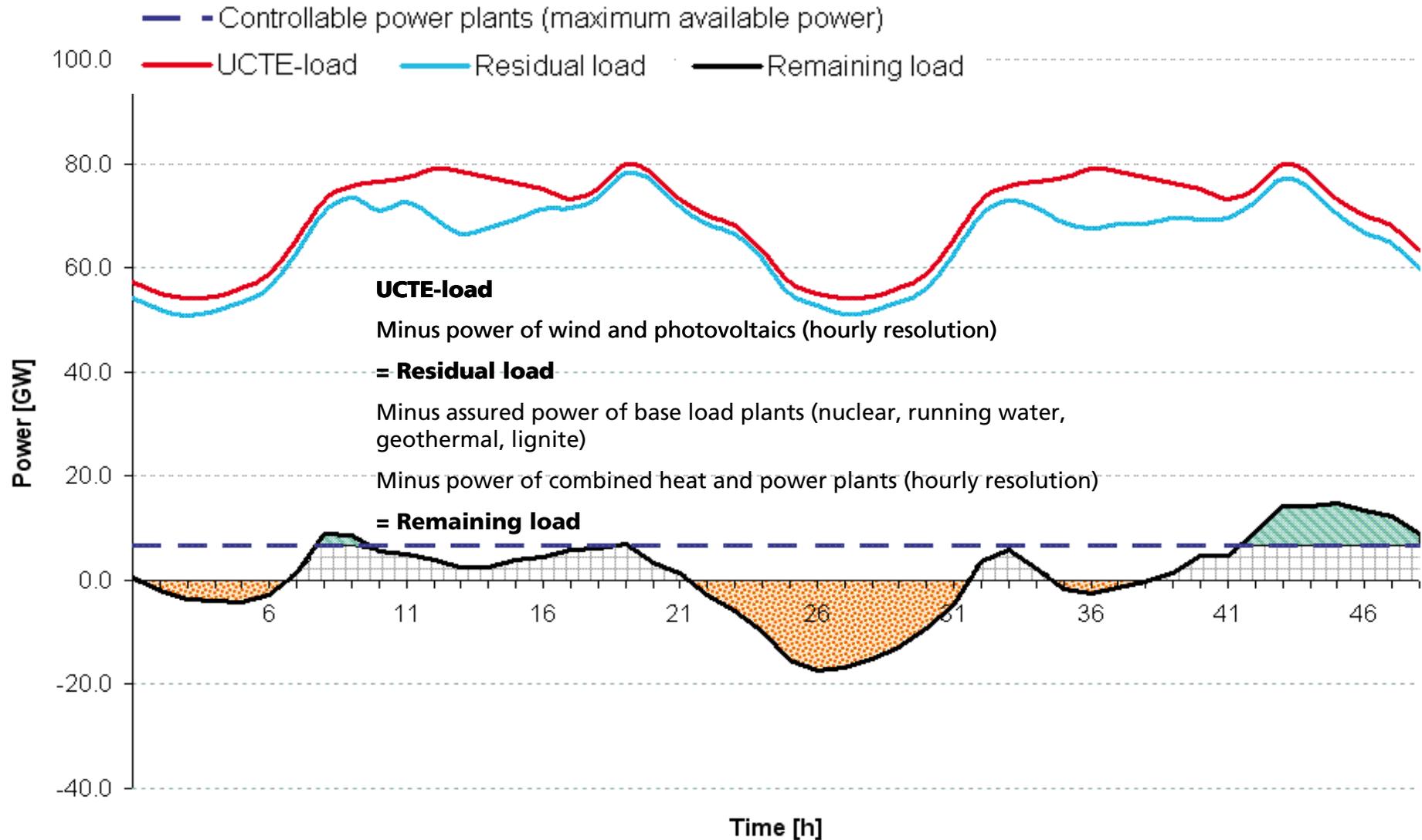
### ► BMWi Projekt: Energiespeicherbedarfsanalyse [Fraunhofer UMSICHT, AST, DLR]

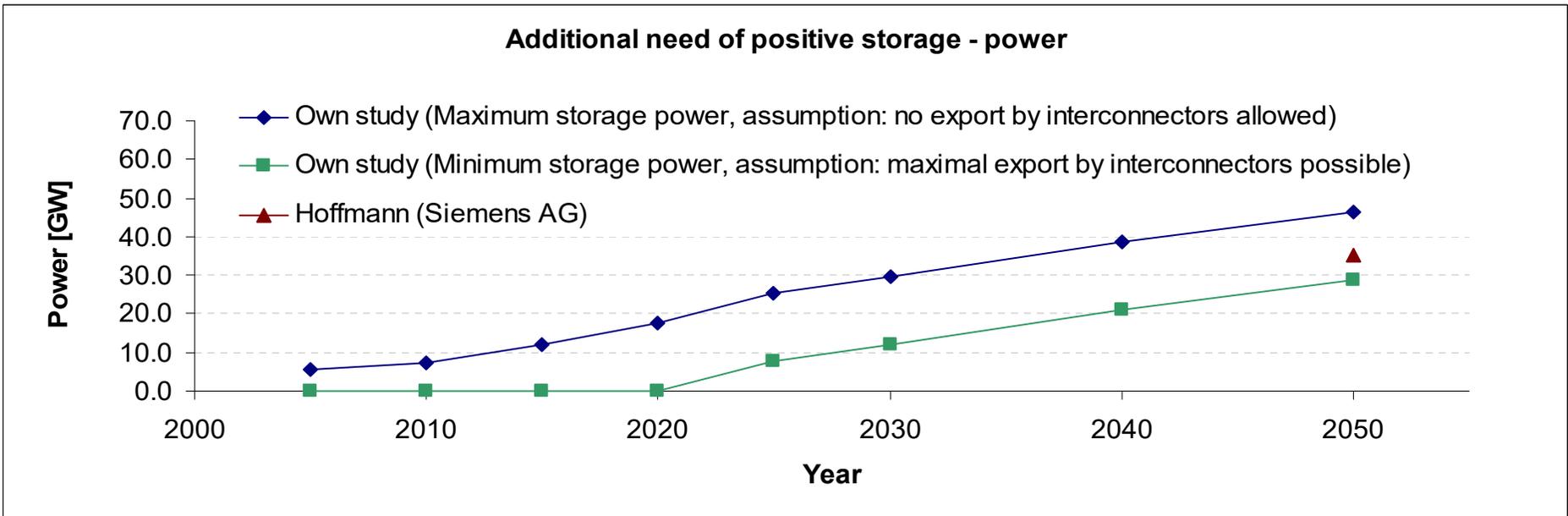
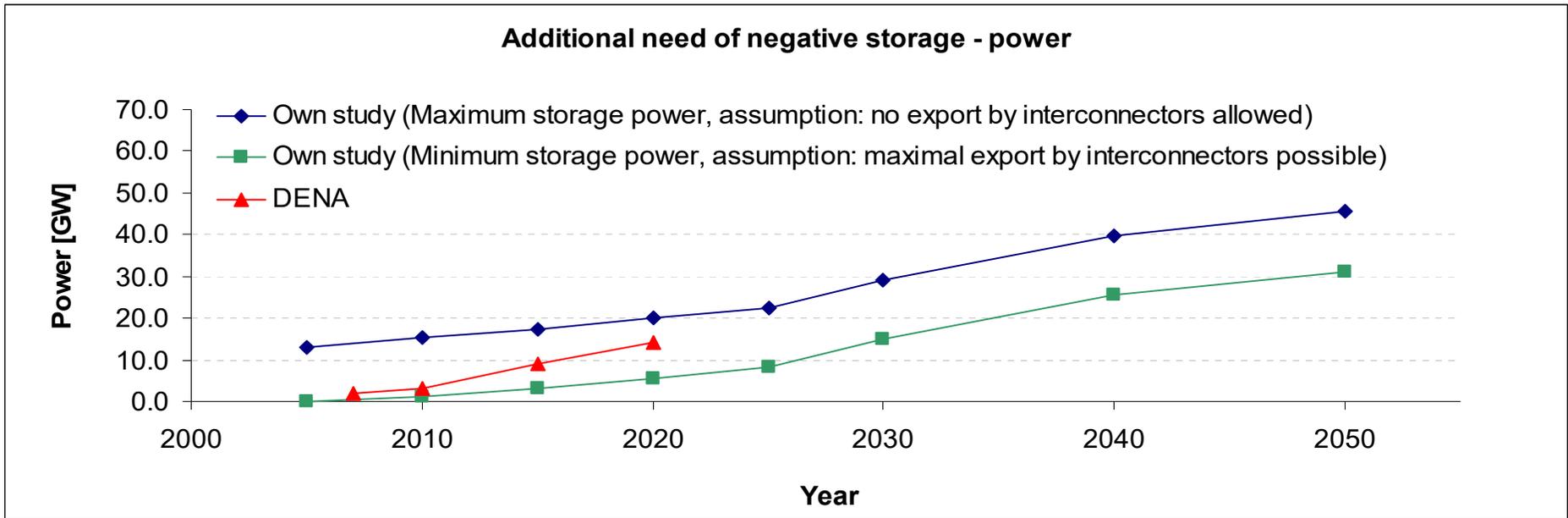
Ziel:

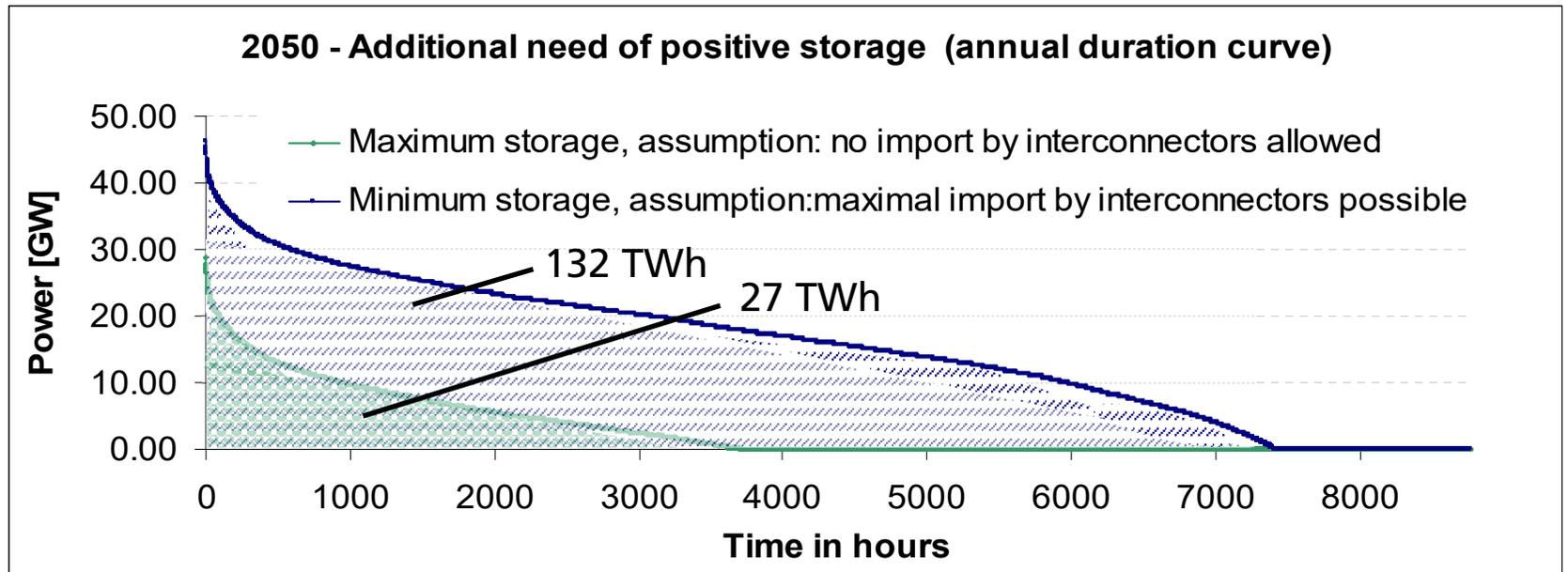
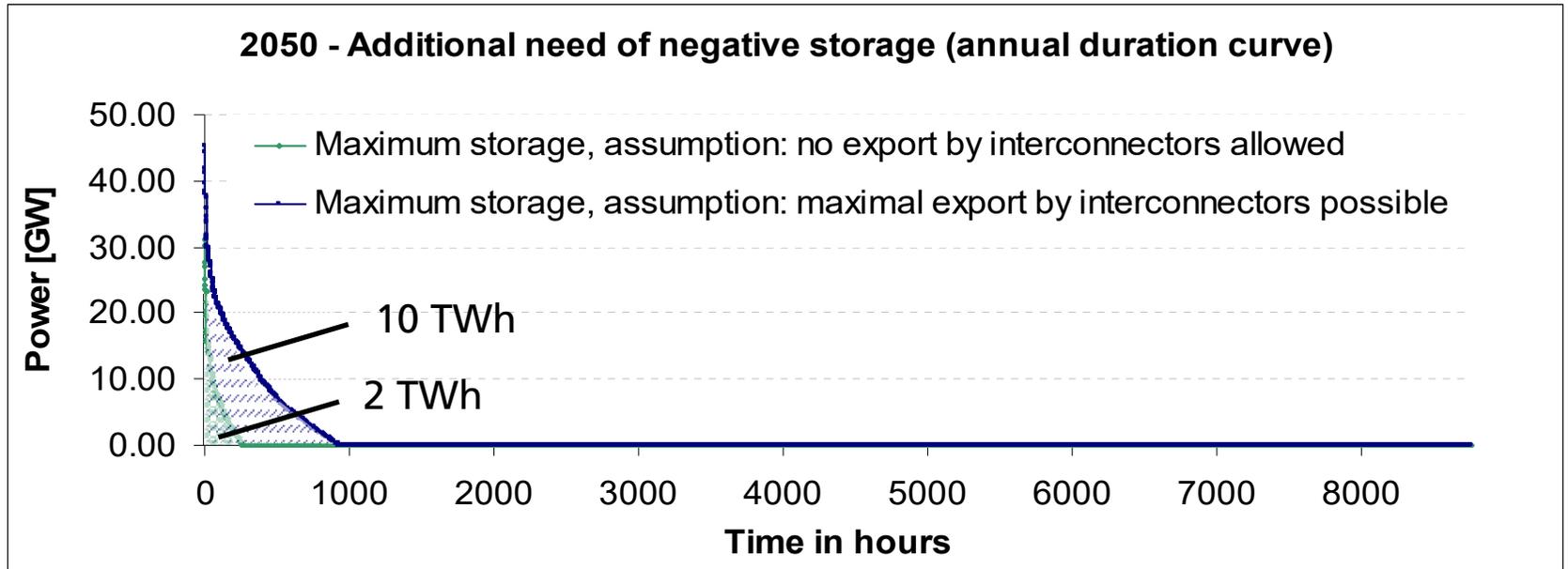
Ermittlung regional und zeitlich aufgelöster Energiespeicherbedarf Deutschlands



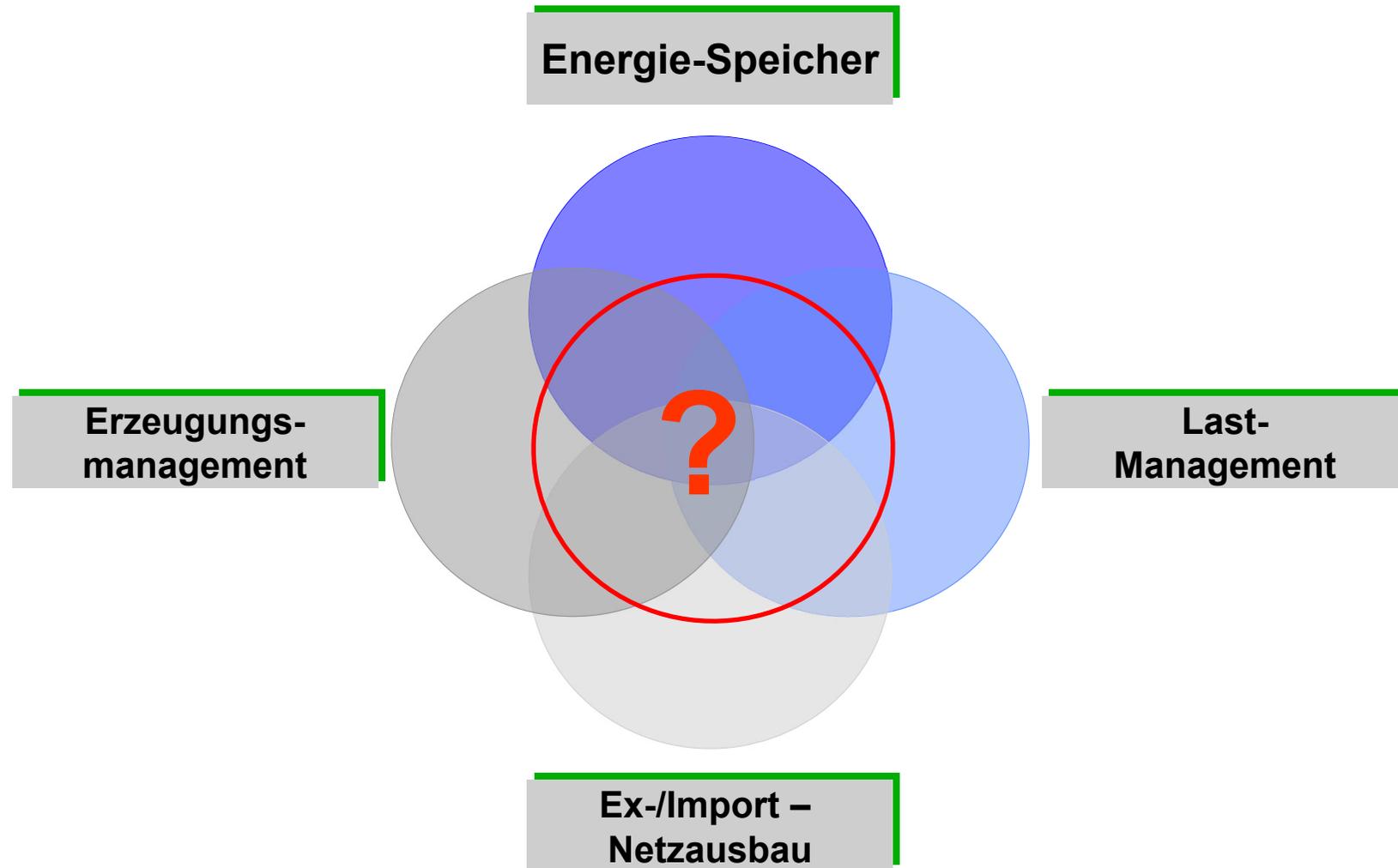
# Energiespeicherbedarf: Modell-Grundlagen







# Maßnahmen zum Energieausgleich

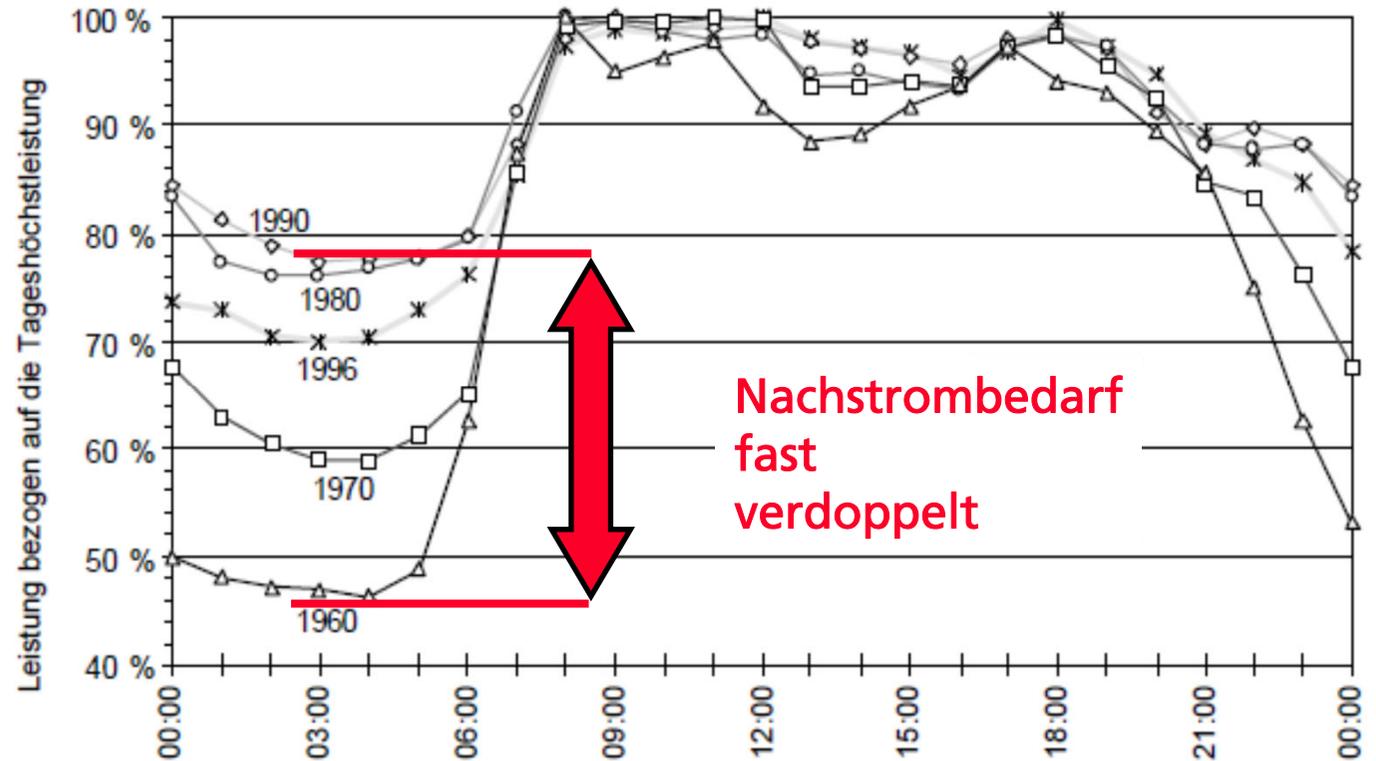


## Nachtspeicherheizungen in Deutschland

- Bestand: ca. 2,43 Mio.  
Anschlussleistung: 37,2 GW  
Stromverbrauch: 22,14 TWh/a
- Zum Vergleich:
  - Elektro-Auto 20 kWh/100 km
  - 12.000 km/a
  - Verbrauch 2400 kWh/a
- d.h. 22,14 TWh entsprechen  
ca. 9,2 Mio. Elektro-Autos

## Beispiel: Nachtspeicherheizungen

### Veränderung des Lastganges durch Nachtspeicherheizungen



Leistungsganglinie der Netzbelastung ohne Pumpstromverbrauch bezogen auf die jeweilige Tageshöchstlast am 3. Mittwoch im Dezember für verschiedene Jahre [QUASCHNING00]

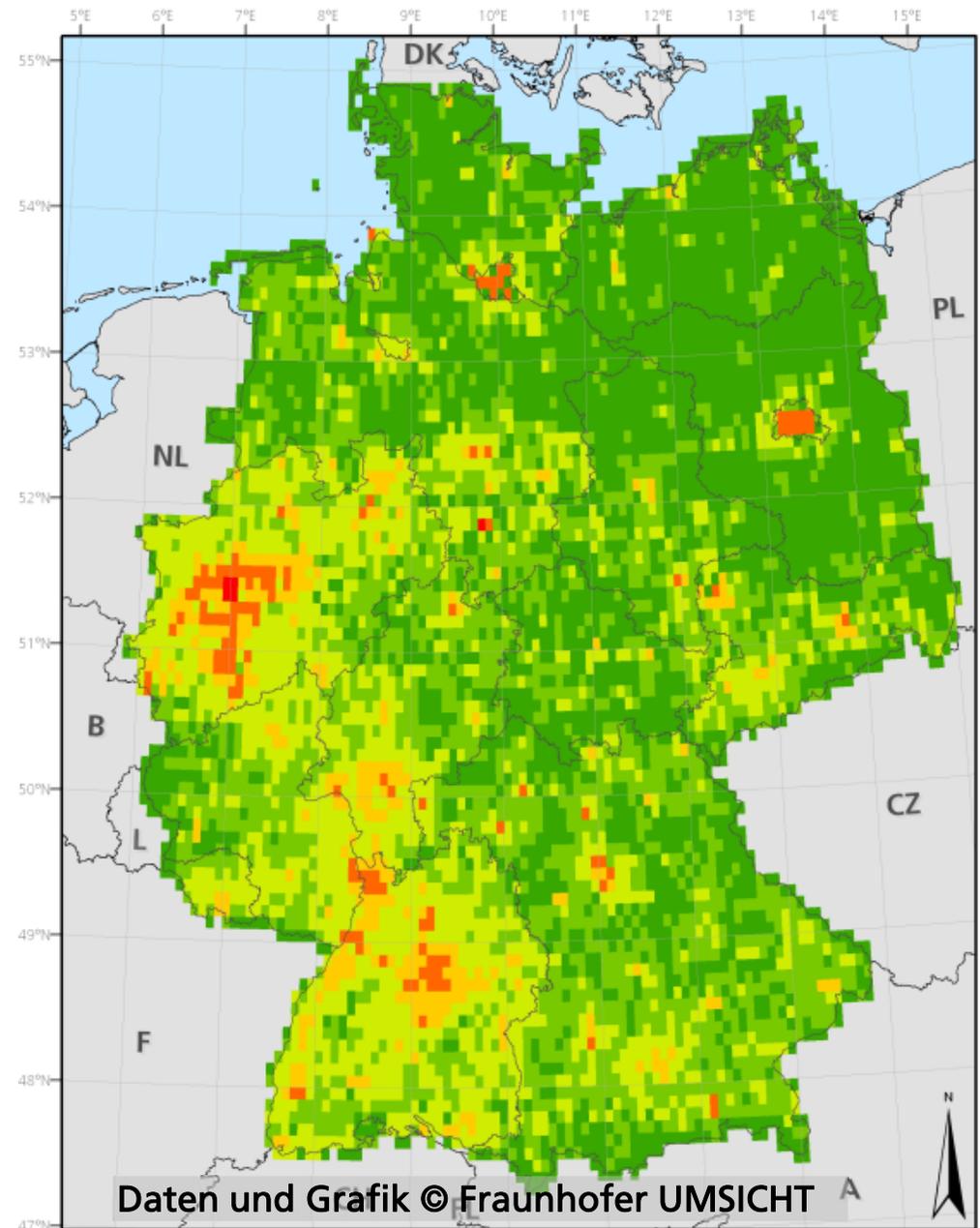
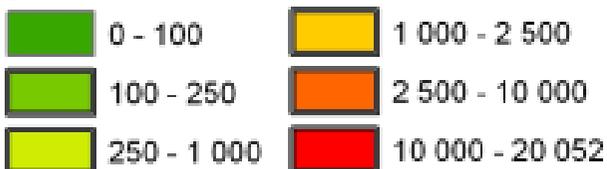


# Last- Management

## Nachtspeicherheizungen in Deutschland

- Bestand: ca. 2,43 Mio.  
Anschlussleistung: 37,2 GW  
Stromverbrauch: 22,14 TWh/a
- Modell
  - 6955 Zellen (Ø 53 km<sup>2</sup>)
  - mittlere Anschlussleistung 15 kW
  - mittlere Verbrauch 8900 kWh/a  
(entspricht 595 Volllaststunden)

### Anzahl der Nachtspeicherheizungen pro Zelle



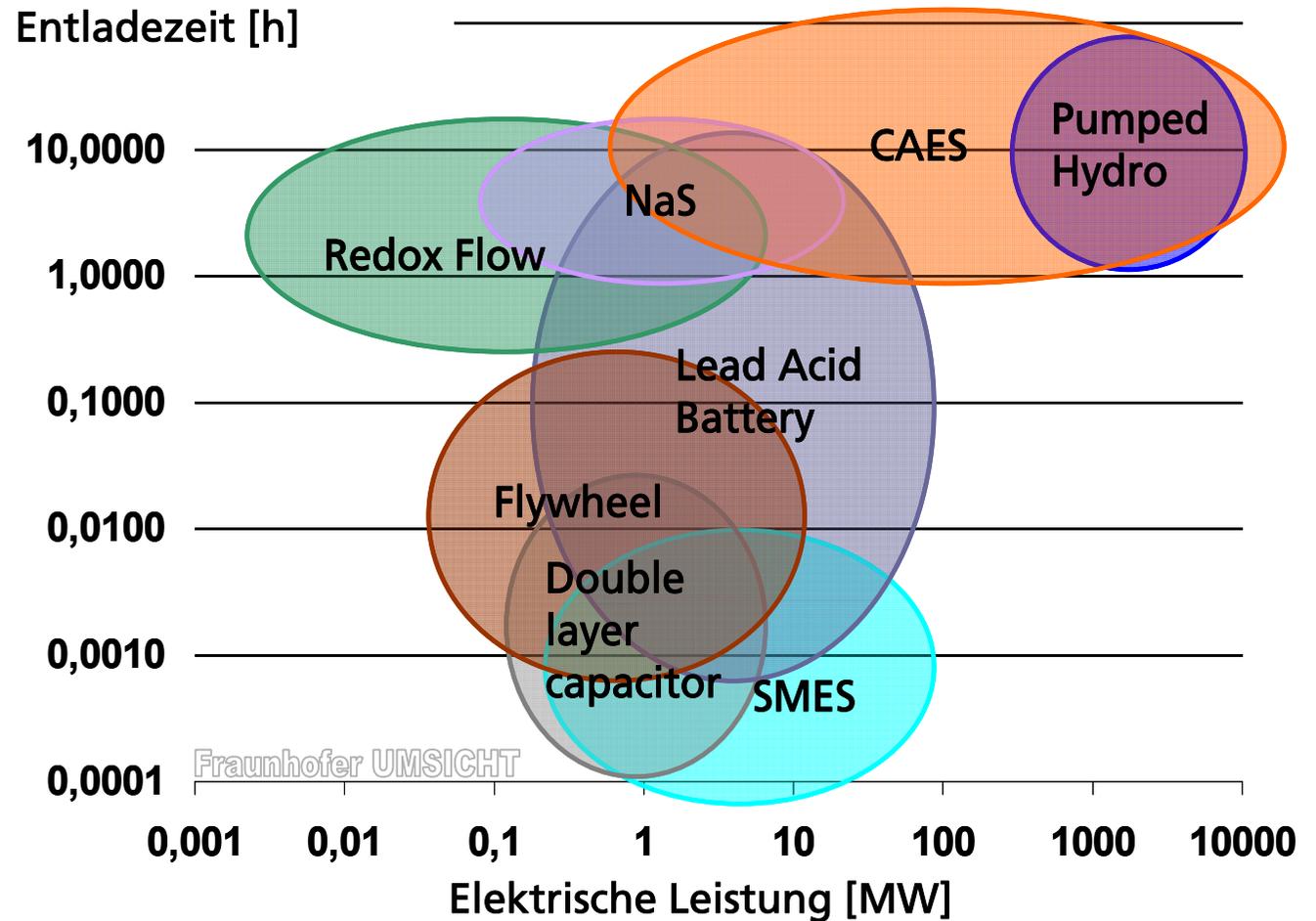
## Mittel-/Langfrist

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

## Kurzfrist

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

## Realisierte Anlagen



## Energiespeicher-Technologien

Realisierte Anlagen

Entladezeit [h]

10,000

1,000

0,1000

0,0100

0,0010

0,0001

0,001

0,01

0,1

1

10

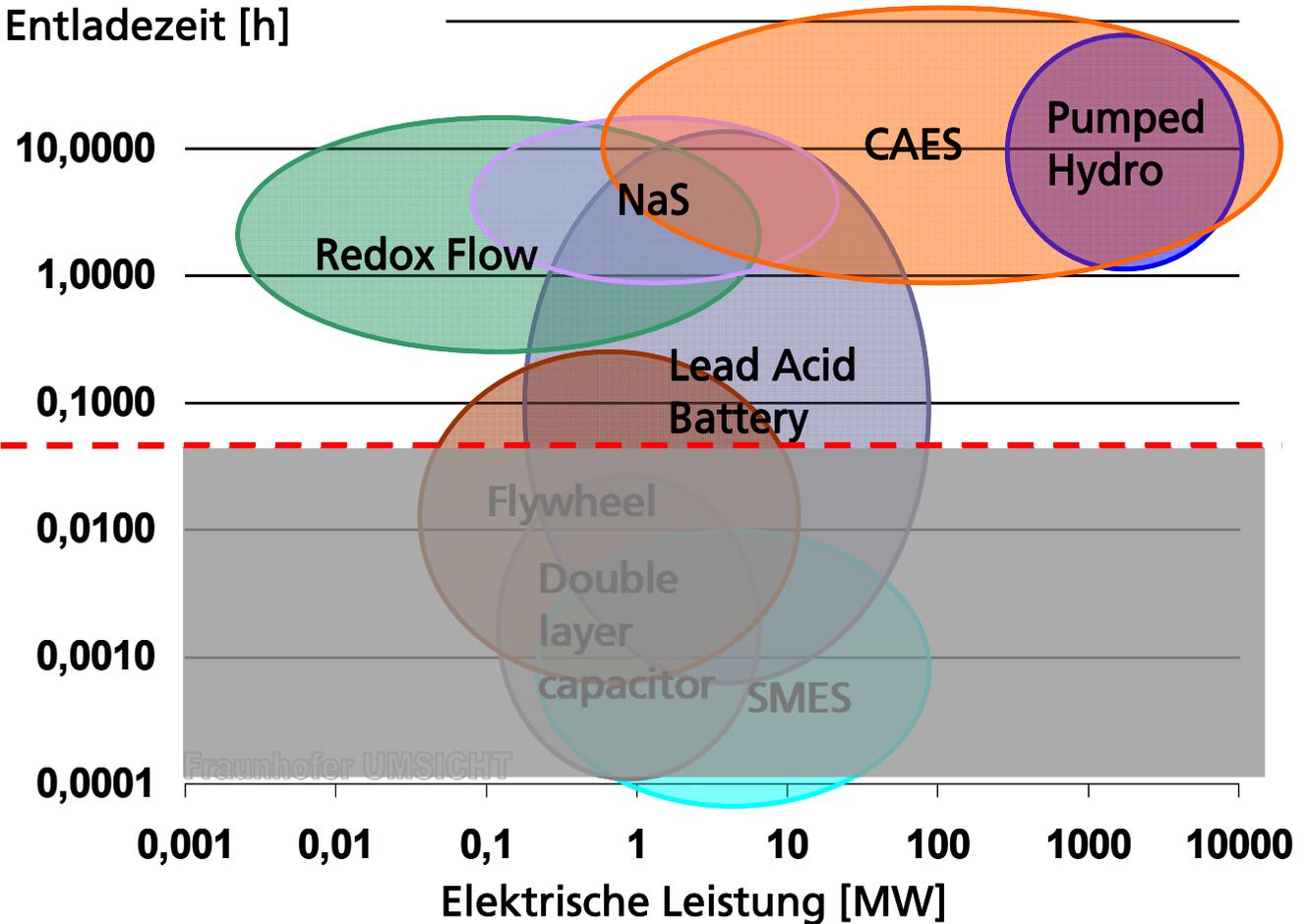
100

1000

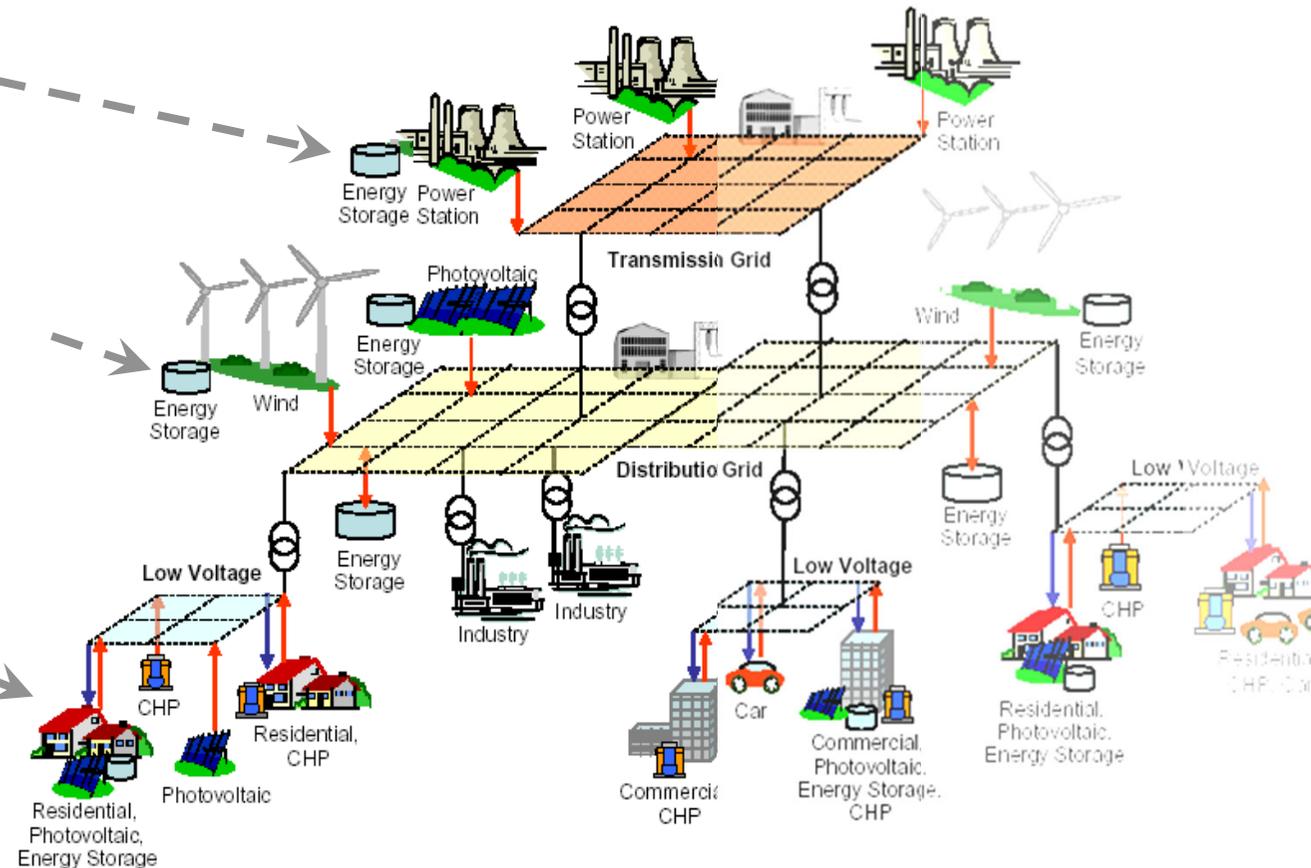
10000

mittelfristige  
Speichertechnologien

kurzfristige  
Speichertechnologien

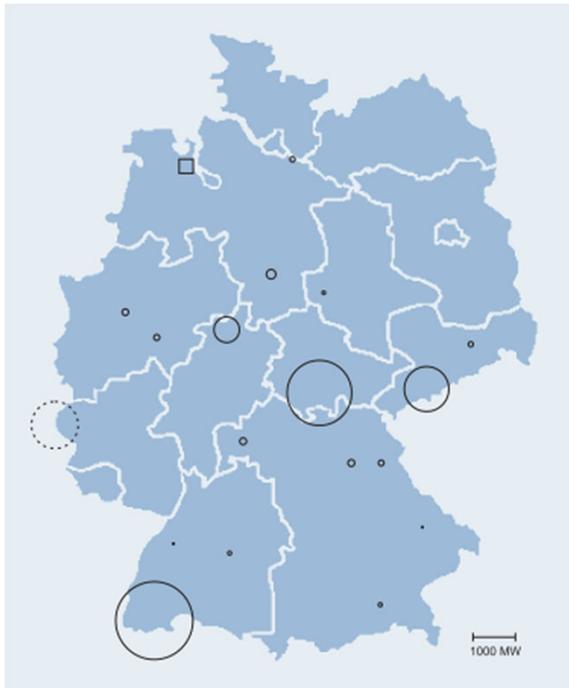


- **Zentrale Speicherkraftwerke**
  - Pumpspeicherkraftwerke
  - Wasserstoffspeicher-Kraftwerke
  - Druckluftspeicher-Kraftwerke
- **Dezentrale Großbatteriespeicher**
  - Blei-Säure-Batterien
  - Natrium-Schwefel-Batterien
  - Redox-Flow Batterien
- **Lokale Kleinspeicher**
  - Lithium-Ionen-Batterien
  - NiMh-Batterien
  - NiCd-Batterien
  - Blei-Säure-Batterien
- **Virtuelle Speicher**
- **Thermische Speicher**



## Pumpspeicherkraftwerke

### Zentrale Speicherkraftwerke



### Ausbau der Speichersee-Kapazität in Deutschland

- ▶ werden in Deutschland schon intensiv genutzt
- ▶ 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

	Speicherkapazität	Leistung
Österreich	4,5 TWh	6 GW
Norwegen	81,7 TWh	29 GW
Schweden	33,8 TWh	16 GW



# Wasserstoffspeicherkraftwerk (H<sub>2</sub>-GuD)

## Zentrale Speicherkraftwerke

## Studie

## BMW 2050



© 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
- diskontinuierlicher Elektrolyseurbetrieb teuer (u.a. Standzeit)

## Anwendung

- Überschussstrom zur H<sub>2</sub>-Einspeisung in das Erdgasnetz (sofern diskont. Betrieb möglich/ökonomisch)
- Grundlaststrom aus großen Windparks / Saisonale Speicherung inkl. Flautenüberbrückung



# Druckluftspeicherkraftwerk CAES (A-CAES)

## Zentrale Speicherkraftwerke

*Studie*

*BMW 2050*



© EON – Druckluftspeicherkraftwerk Huntorf

## Technologie

- Druckluftherzeugung 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



## Natrium-Schwefel-Batterie (NaS)

### Groß-Batterie-Speicher

*Studie*  
*BMW 2050*

### Technologie

- elektrochemischer Speicher
- Modularer Aufbau auf Basis von Einzelzellen

### Vorteile

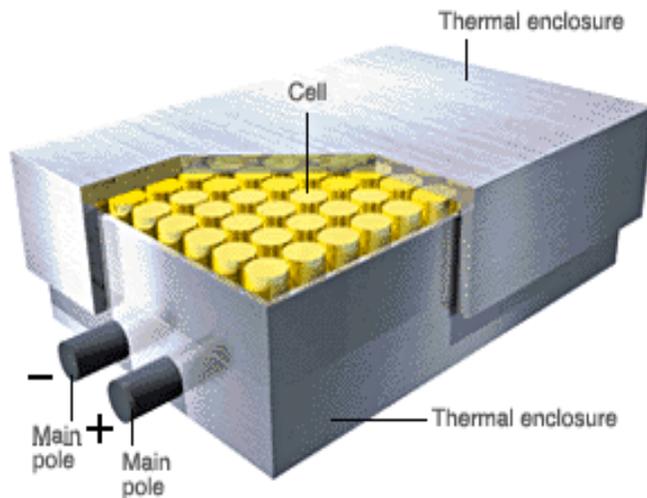
- marktnah/marktverfügbar (Erfahrungen aus über 250 Anlagen mit über 300 MW)
- hoher Wirkungsgrad (70 - 80%)

### 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



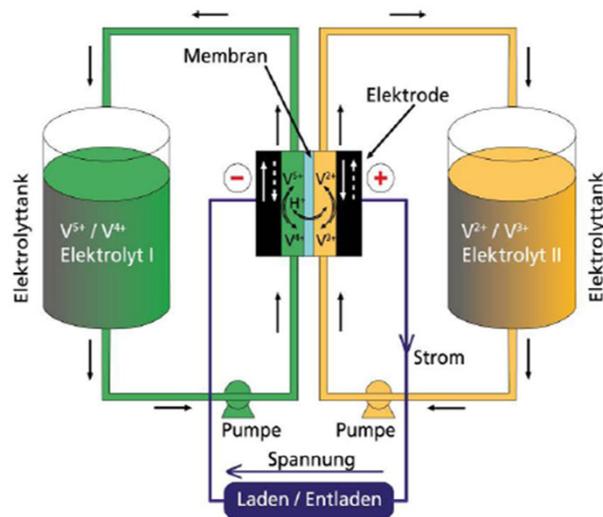
© NGK Insulators Ltd. – Natrium-Schwefel-Batterie



## Redox-Flow Batterie

### Groß-Batterie-Speicher

### Studie BMW 2050



© 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 im MW-Bereich; Demand-Side-Management bei Großkunden

### lokale Kleinspeicher

*Studie*

*BMW 2050*



### Technologie

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

### Vorteile

- modularer Aufbau, leicht konfigurierbar
- sehr guter Gesamtwirkungsgrad (ca. 90 %)

### Nachteile

- noch sehr hohe Kosten (Li-Ionen)
- Entsorgung (NiCd, Blei)
- Standzeit bzw. Zyklenfestigkeit (Blei, NiCd)

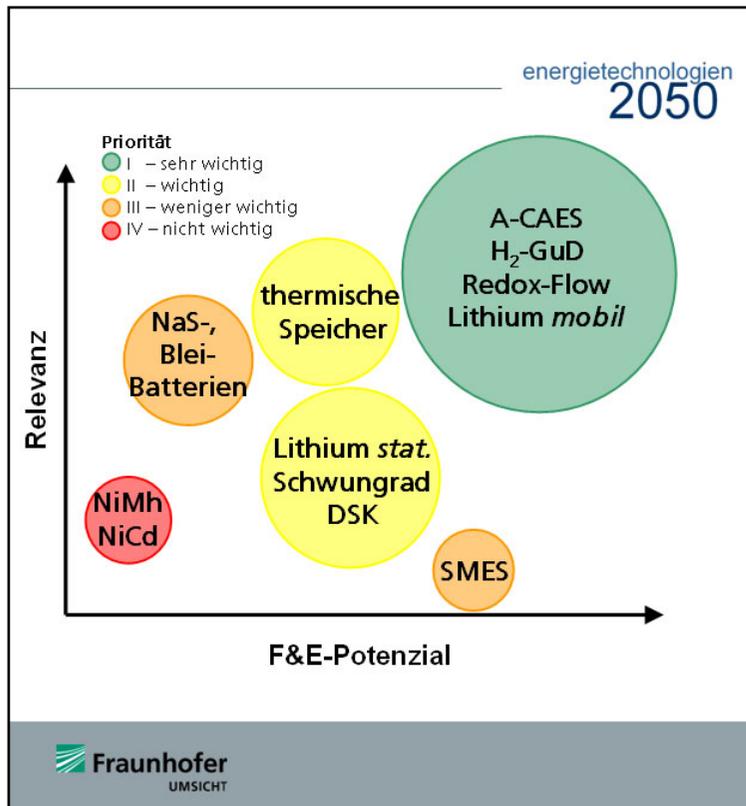
### Anwendung

- Kopplung an Dach-PV (ca. 1-10 kW)
- Teil eines „autarken“ Hauses bzw. eines „smarten“ Hauses (als notwendiger „Freiheitsgrad“)

# Zukunftsmarkt Energiespeichertechnologien

Studie

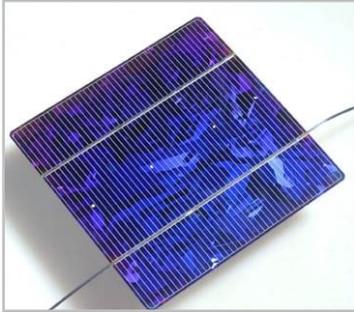
BMW 2050



- 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



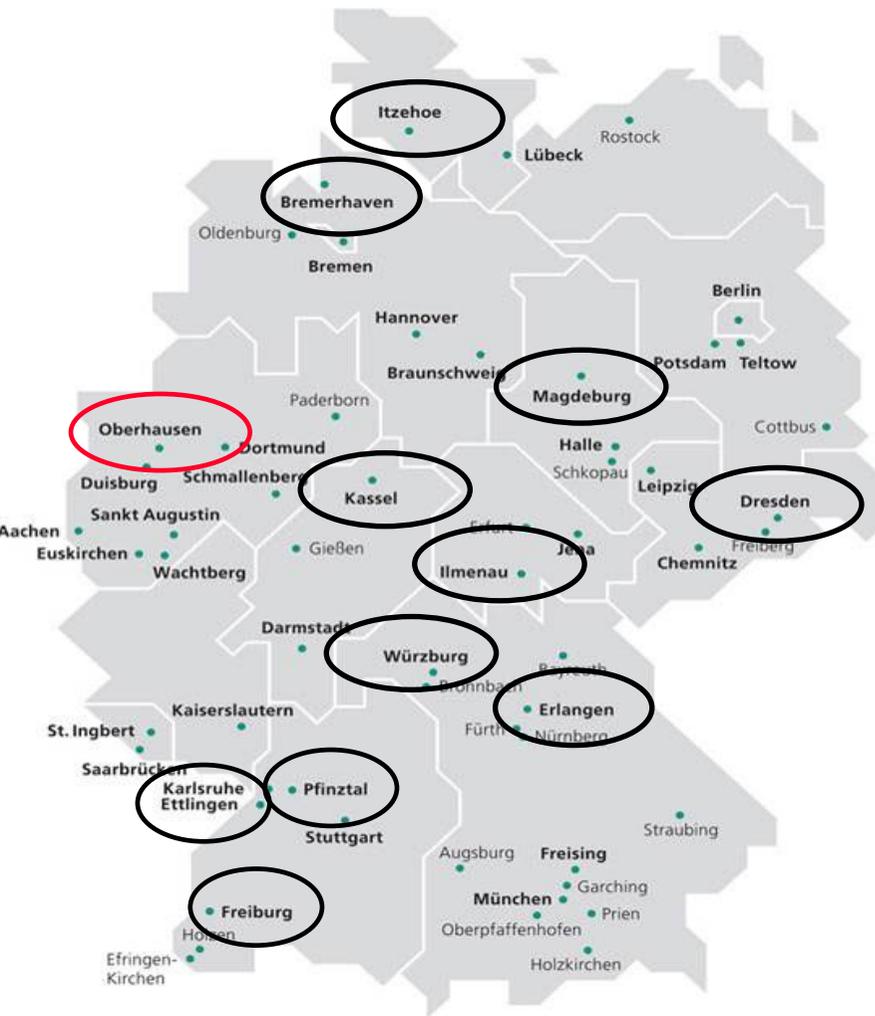
## Fraunhofer Netzwerk: Energiespeichersysteme und Netze



- 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
- ▶ Fraunhofer AST
- ▶ Fraunhofer ICT
- ▶ Fraunhofer IFAM-DD
- ▶ Fraunhofer IFF
- ▶ Fraunhofer ISE
- ▶ Fraunhofer ISI
- ▶ Fraunhofer ISC
- ▶ Fraunhofer ISIT
- ▶ Fraunhofer IWES
- ▶ Fraunhofer IISB

Koordinator: Dr. Christian Doetsch  
Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen



# Fraunhofer UMSICHT Battery-Lab: Redox-Flow Lab – Lithium Lab

- max. 80 kW bidirekt.
- max. 100 V  
max. 900 A
- Tank für Elektrolyte:  
2 x 0,5 m<sup>3</sup> (≈25 kWh)  
2 x 0,3 m<sup>3</sup> (≈15 kWh)
- Stack max. 2 x ca. 1 m<sup>3</sup>



[battery-lab.umsicht.fraunhofer.de](http://battery-lab.umsicht.fraunhofer.de)

- max. 120 kW (bidirekt.)
- Spannung: 0 - 850 V  
Strom: 0 - 600 A
- Prüfkammer: 1,5 m<sup>3</sup>  
Temperatur: -40 bis +85 °C
- Zertifizierung TÜV  
EUCAR Hazard-Level 0 – 7





# Fraunhofer

## UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT  
Osterfelder-Straße 3  
46047 Oberhausen  
[www.umsicht.fraunhofer.de](http://www.umsicht.fraunhofer.de)

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