



6. Isnyer Energiegipfel
17.03.2013

Power-to-Gas Neue Energiespeichertechnologie der Zukunft

Benjamin Schott

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)
Baden-Württemberg

Was erwartet Sie?



Elektrizitätsversorgung

Keine Energiewende ohne Stromspeicher

Werner Ludwig, vom 27.03.2011 06:00 Uhr



- **Warum** benötigen wir Speicher?
- **Wann und in welchem Umfang** benötigen wir Speicher?
- **Welche** Speichertechnologien sind verfügbar?
- Wie kann **die Rolle von Power-to-Gas** im zukünftigen Energiesystem aussehen?

Warum?

Herausforderungen der Transformation des Energiesystems

Zukünftig stark steigender Anteil an fluktuierender Stromerzeugung, insbesondere aus Windkraft und Photovoltaik in Deutschland/Europa

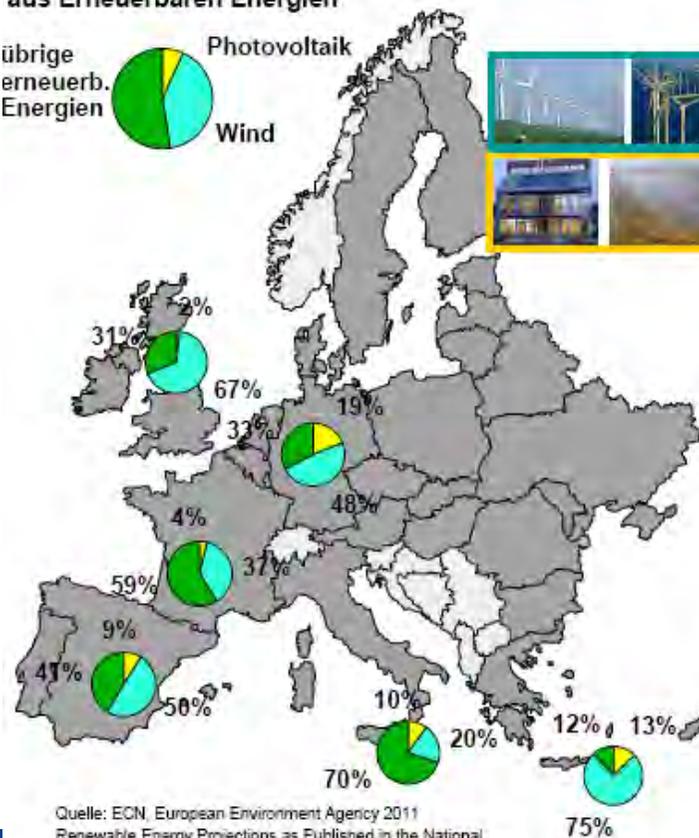
Struktur der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien



Ausbau des Anteils Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung der EU von 19% (2010*) auf 34% (2020)

davon fluktuierende Quellen
Ausbau Windleistung
Ausbau Photovoltaikleistung
fluktuierende Erzeugung ges.

von 84.900 MW auf 213.400 MW
von 25.500 MW auf 84.400 MW
von 110.400 MW auf 297.800 MW
186 TWh auf 578 TWh
5,5 % auf 16 %



Anteil Wind und Photovoltaik im Jahr 2020 in verschiedenen Regionen

Dänemark: 31% (12 TWh)
Deutschland: 26% (146 TWh)
Spanien: 25% (93 TWh)
Großbritannien: 21% (80 TWh)
Frankreich: 12% (64 TWh)
Italien: 8% (30 TWh)

.....
Baden-Württemberg: 22%

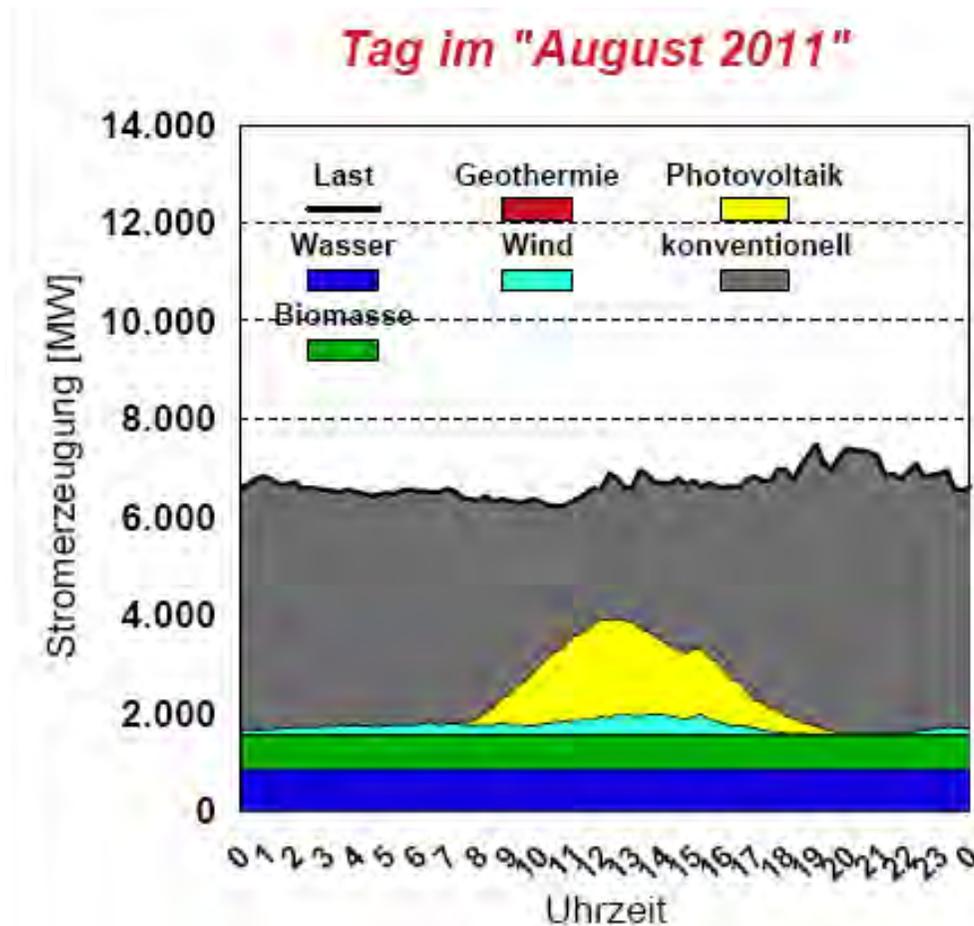
Quelle: ECN, European Environment Agency 2011
Renewable Energy Projections as Published in the National
Renewable Energy Action Plans of the European Member States

*für 2010 Schätzwerte der EU-Kommission, die tatsächlichen Werte weichen davon etwas ab

Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

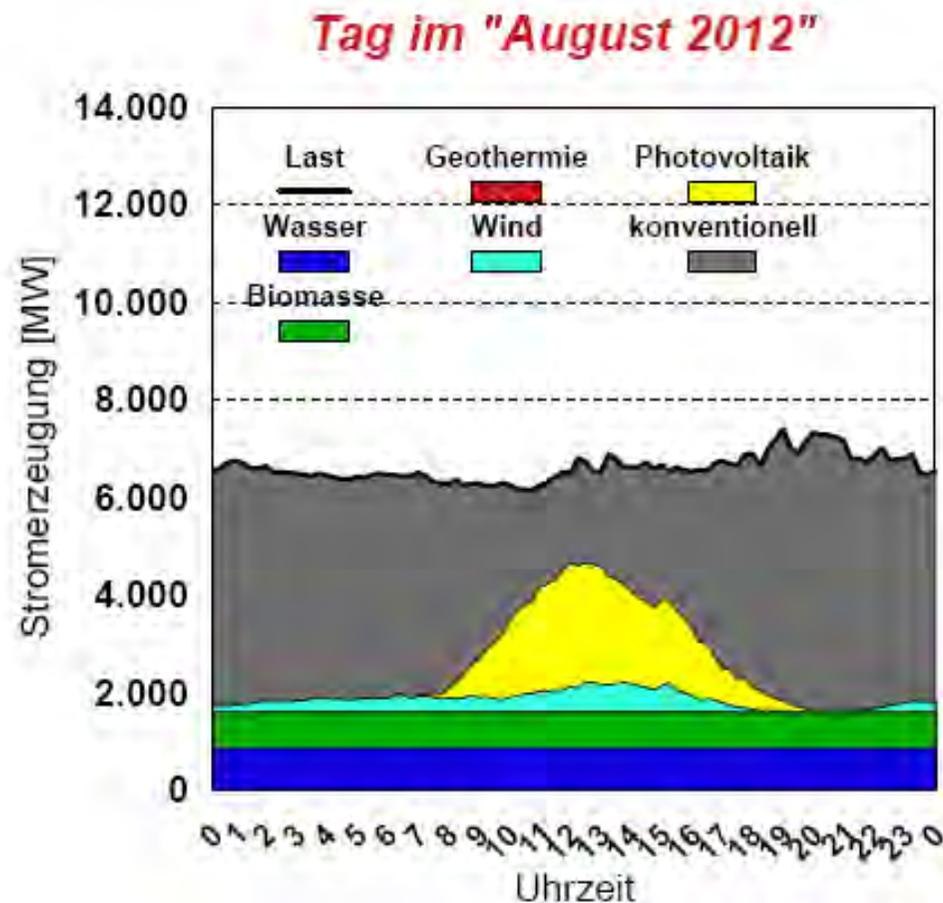
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

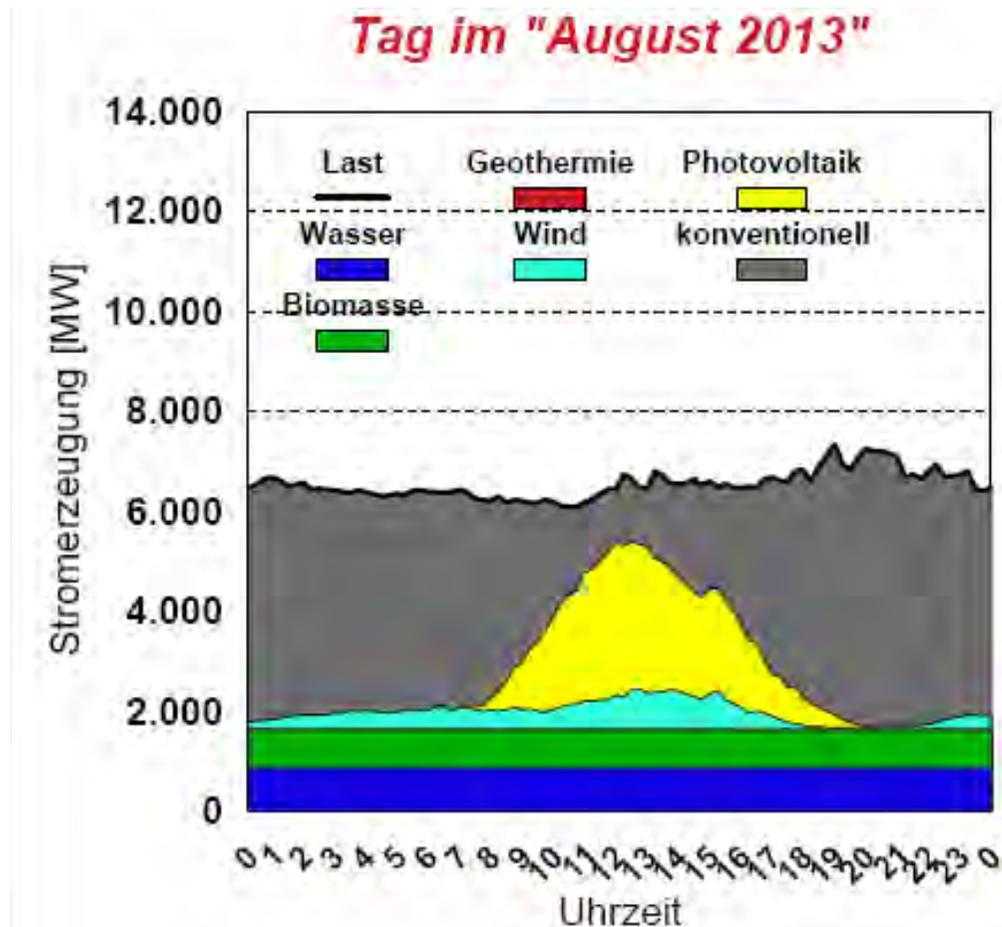
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

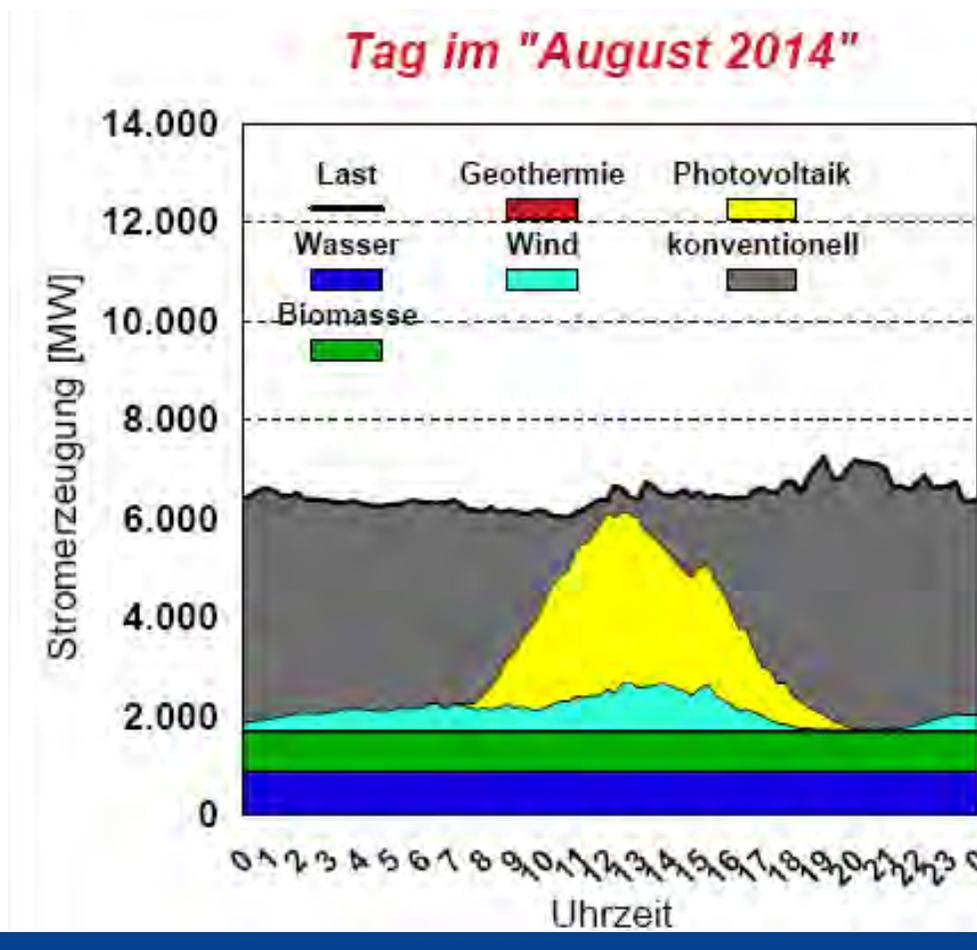
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

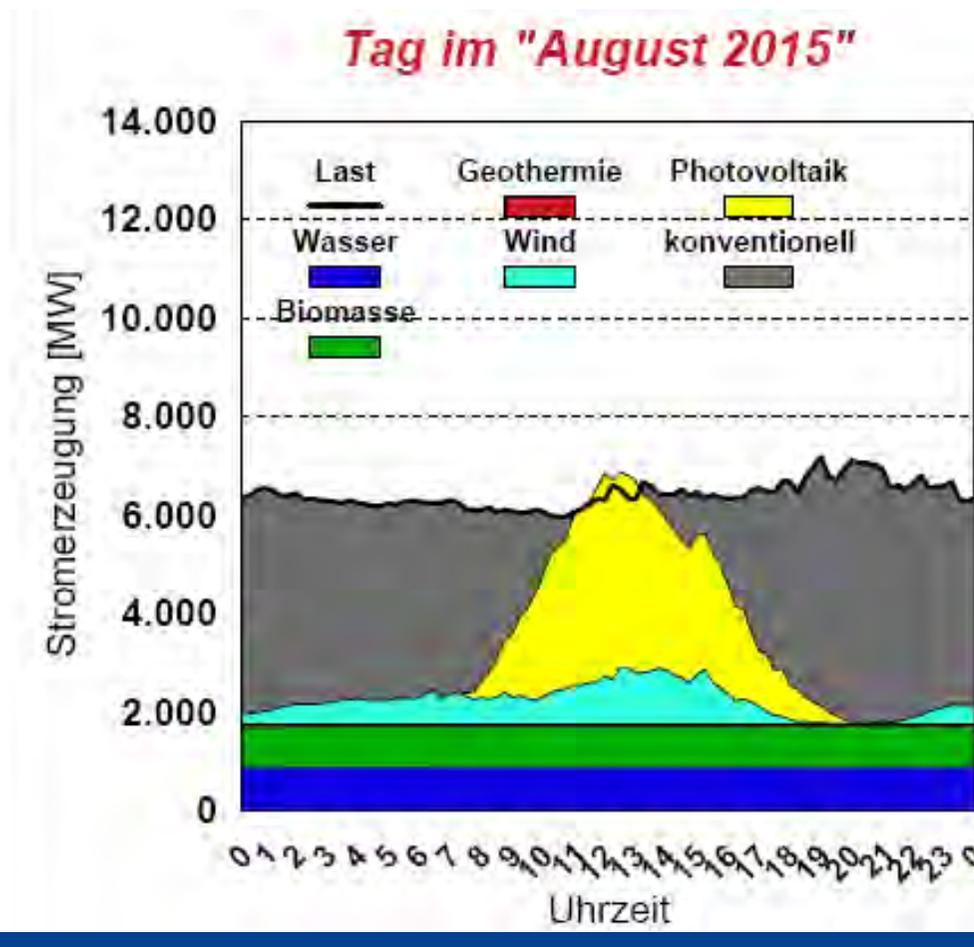
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

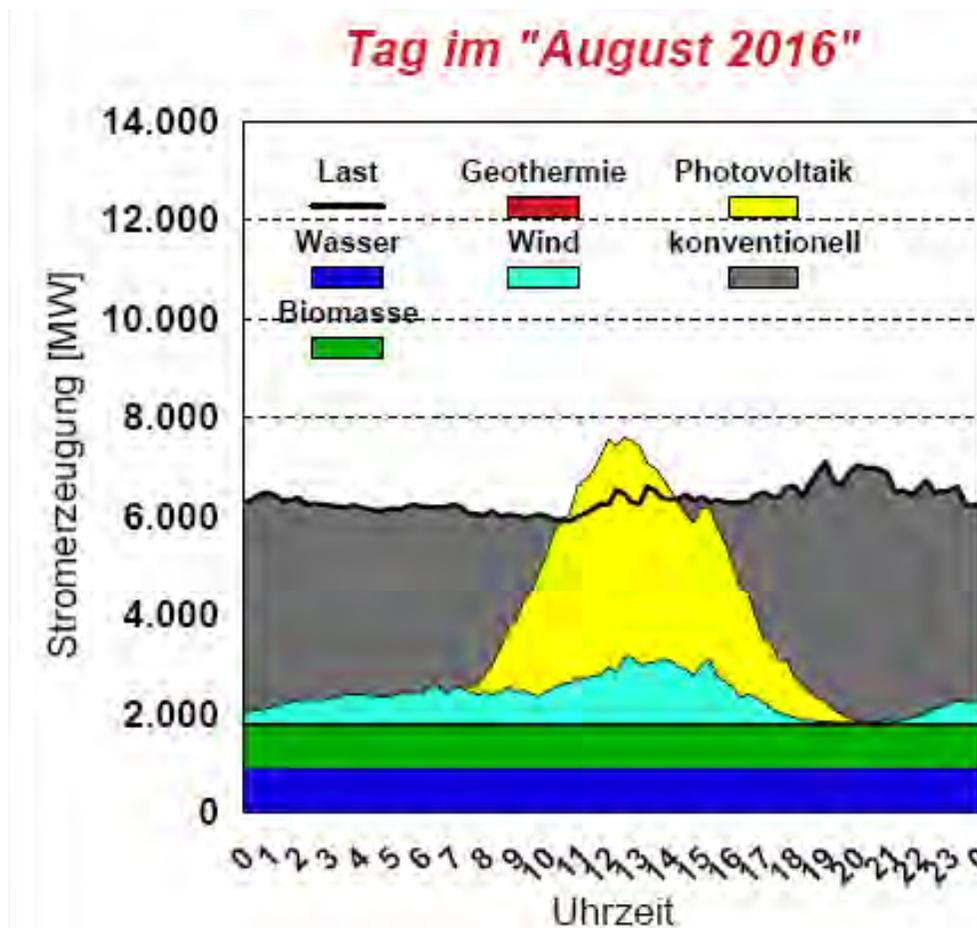
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

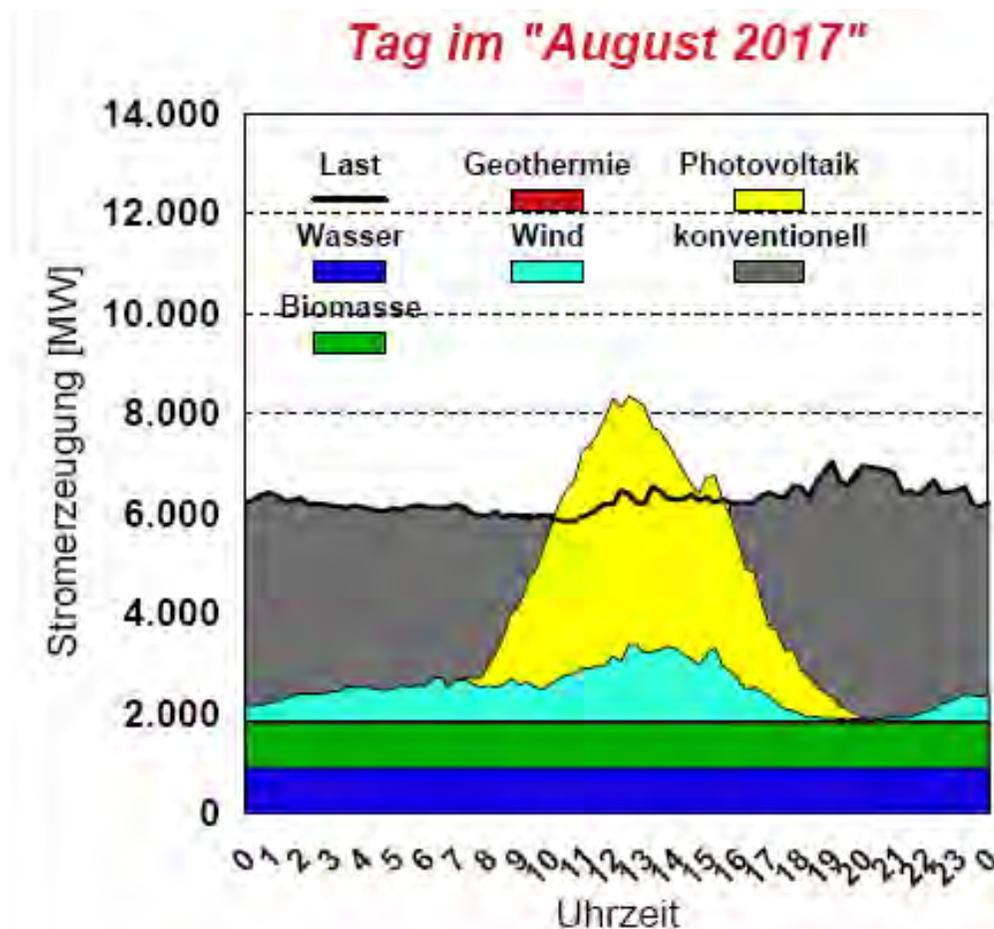
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

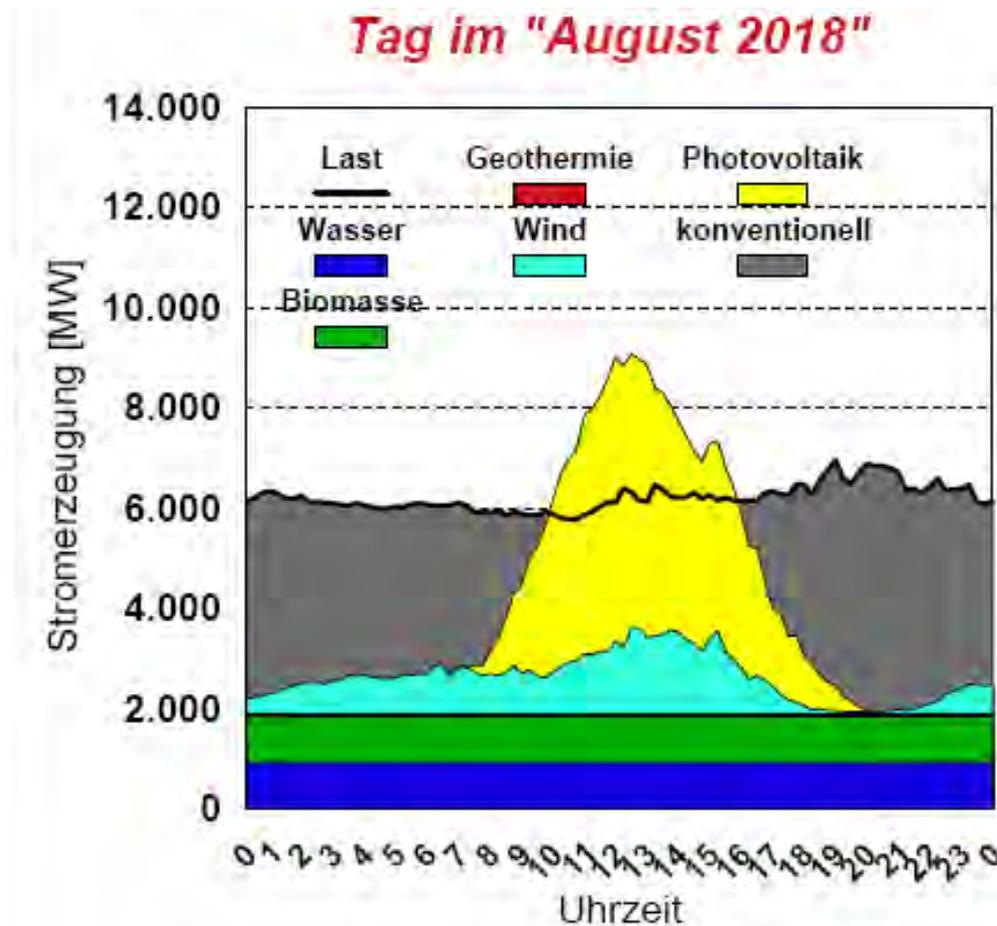
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

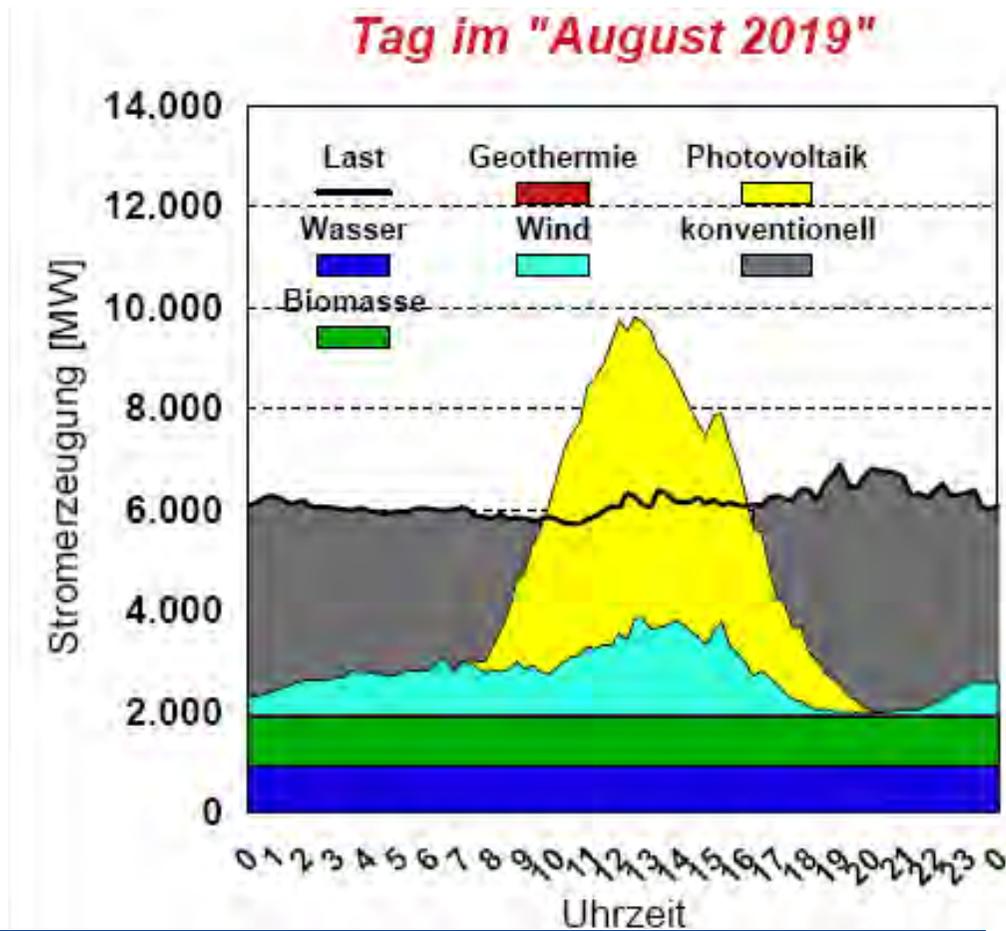
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

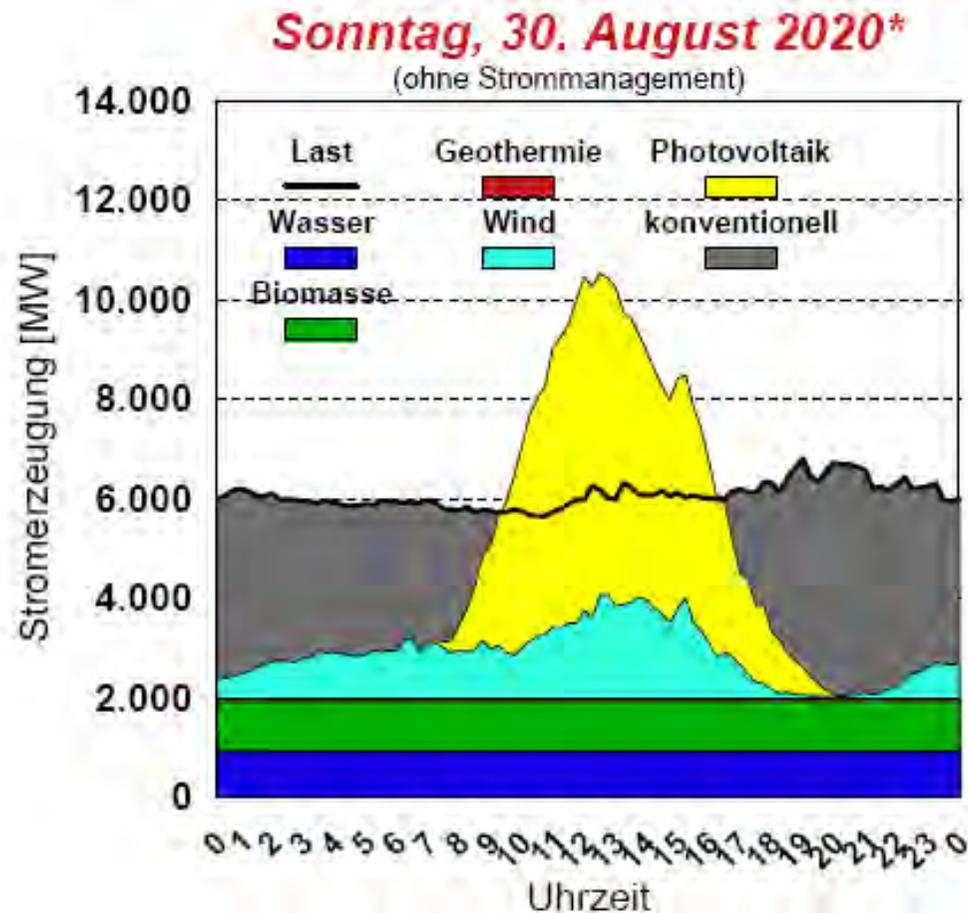
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

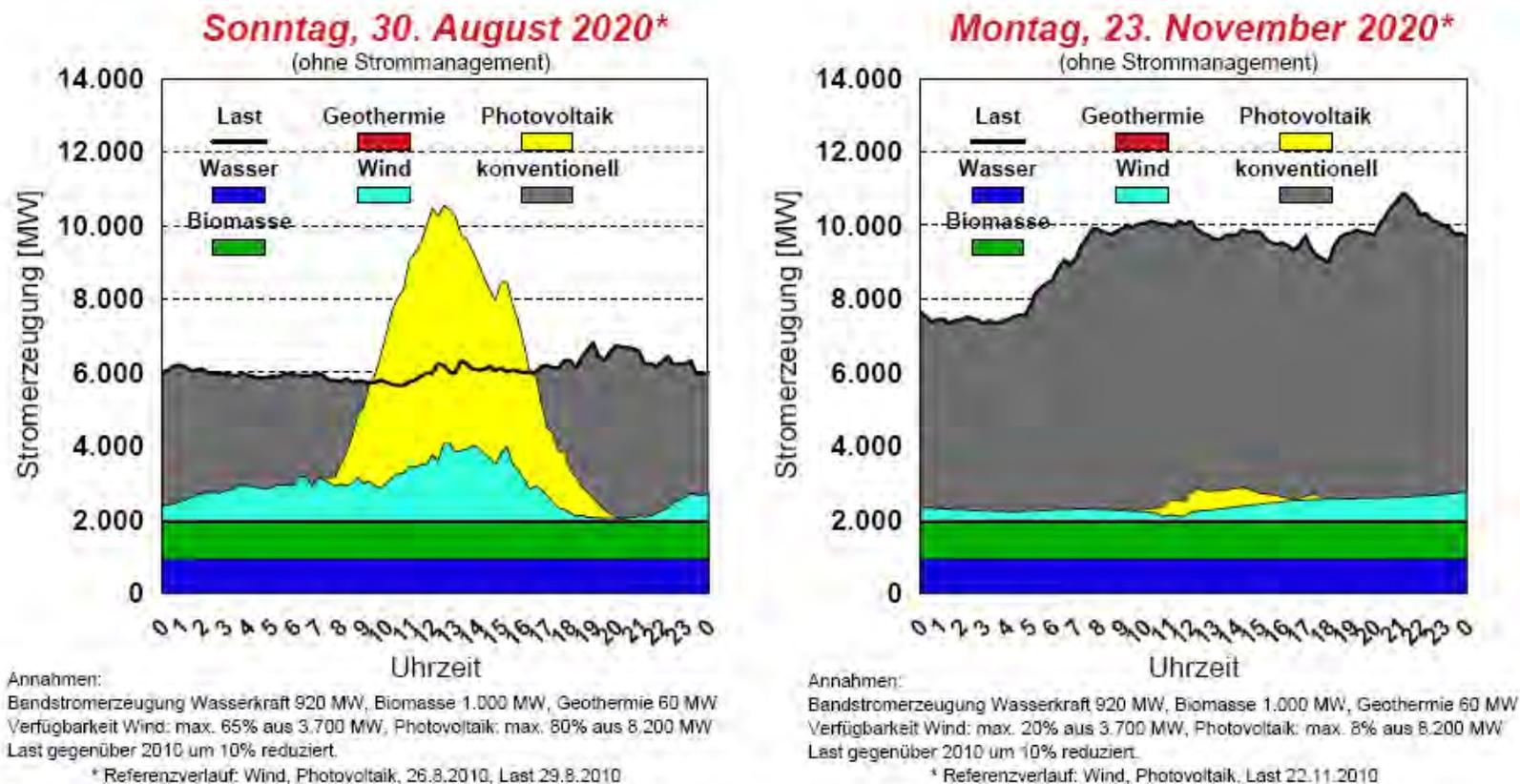
Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

Beispiel Szenario für das Jahr 2020 mit 38% Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg



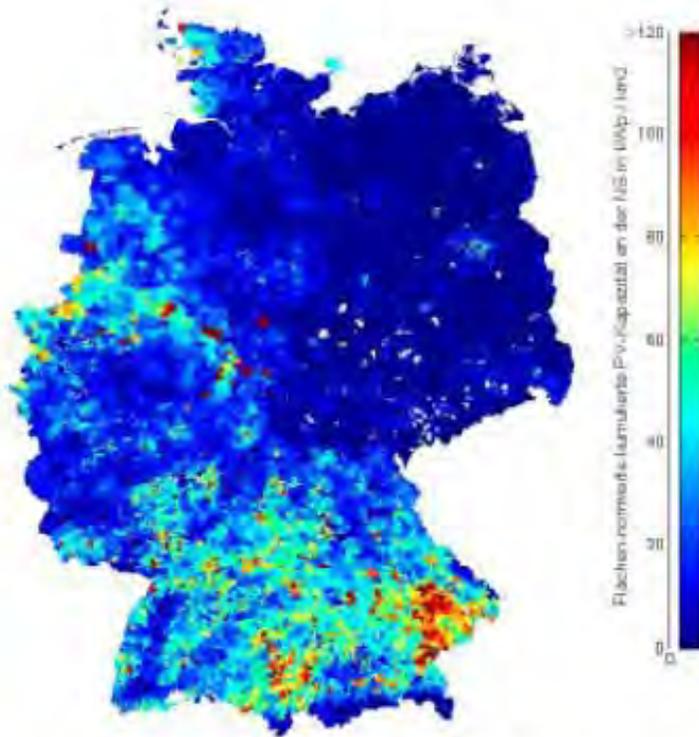
→ Benötigt werden Maßnahmen zum zeitlichen Ausgleich kurzfristig (Stunden-Tage) bis saisonal (Wochen – Monate)



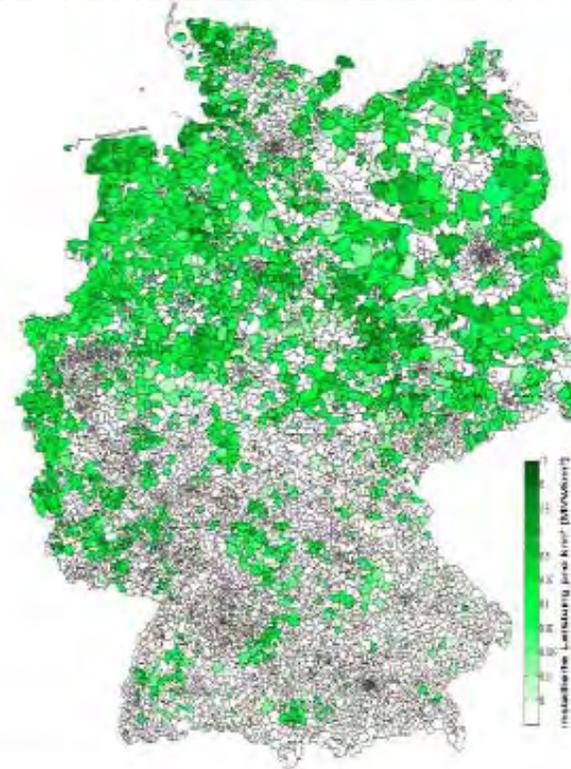
Warum?

Regionale Konzentration von EE-Erzeugungsanlagen

Photovoltaikstrom vor allem im Niederspannungsnetz und vorwiegend im Süden



Windstrom bisher vor allem im Mittel- und Hochspannungsnetz und vorwiegend (bisher) im Norden



→ Benötigt werden Maßnahmen zum räumlichen Ausgleich - Infrastruktur

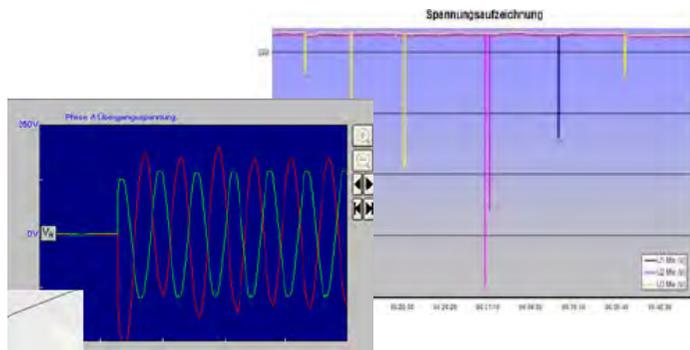
Welche?

Aufgaben von Speichertechnologien in einer zunehmend regenerativen Stromerzeugung

Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung

Netzstabilisierung und Verbesserung der Stromqualität

- ⇒ Blindleistungsbereitstellung
- ⇒ Phasensymmetrisierung
- ⇒ Flickerkompensation
- ⇒ Spannungshaltung



➔ Einsatz von „Leistungsspeichern“

Ausgleich von Lastspitzen (load-levelling, peak-shaving) / Bereitstellung von Regelleistung

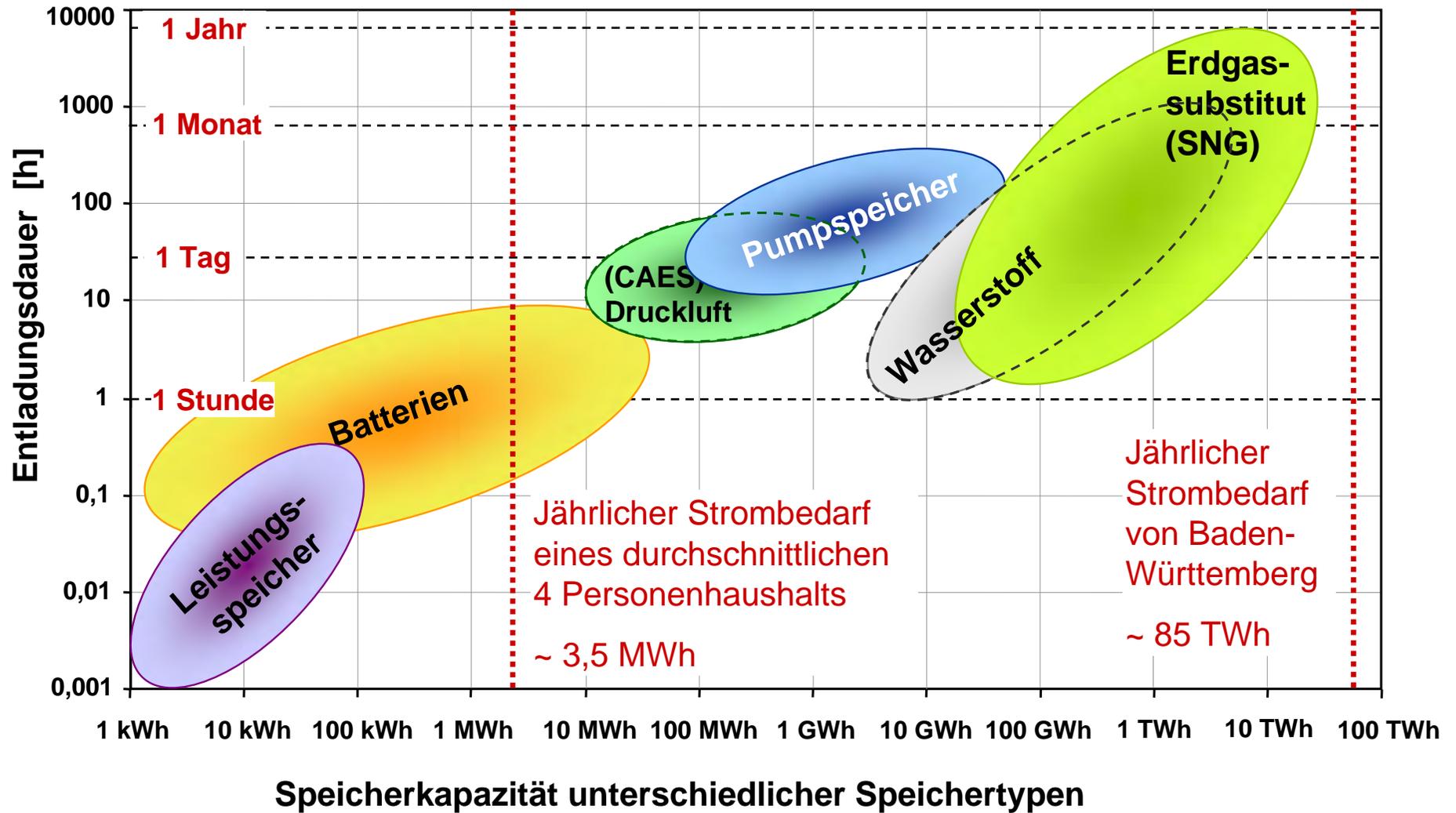
- ⇒ Bereitstellung von Primärregelleistung (Minuten)
- ⇒ Im Tagesverlauf Ausgleich von Prognoseabweichungen (Stundenbereich) Mehrstündigen Erzeugungs- bzw. Flautenspitzen
- ⇒ Ausgleich mehrtägiger Großwetterlagen (Tage)
- ⇒ Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen (Monate)



➔ Einsatz von „Energiespeichern“

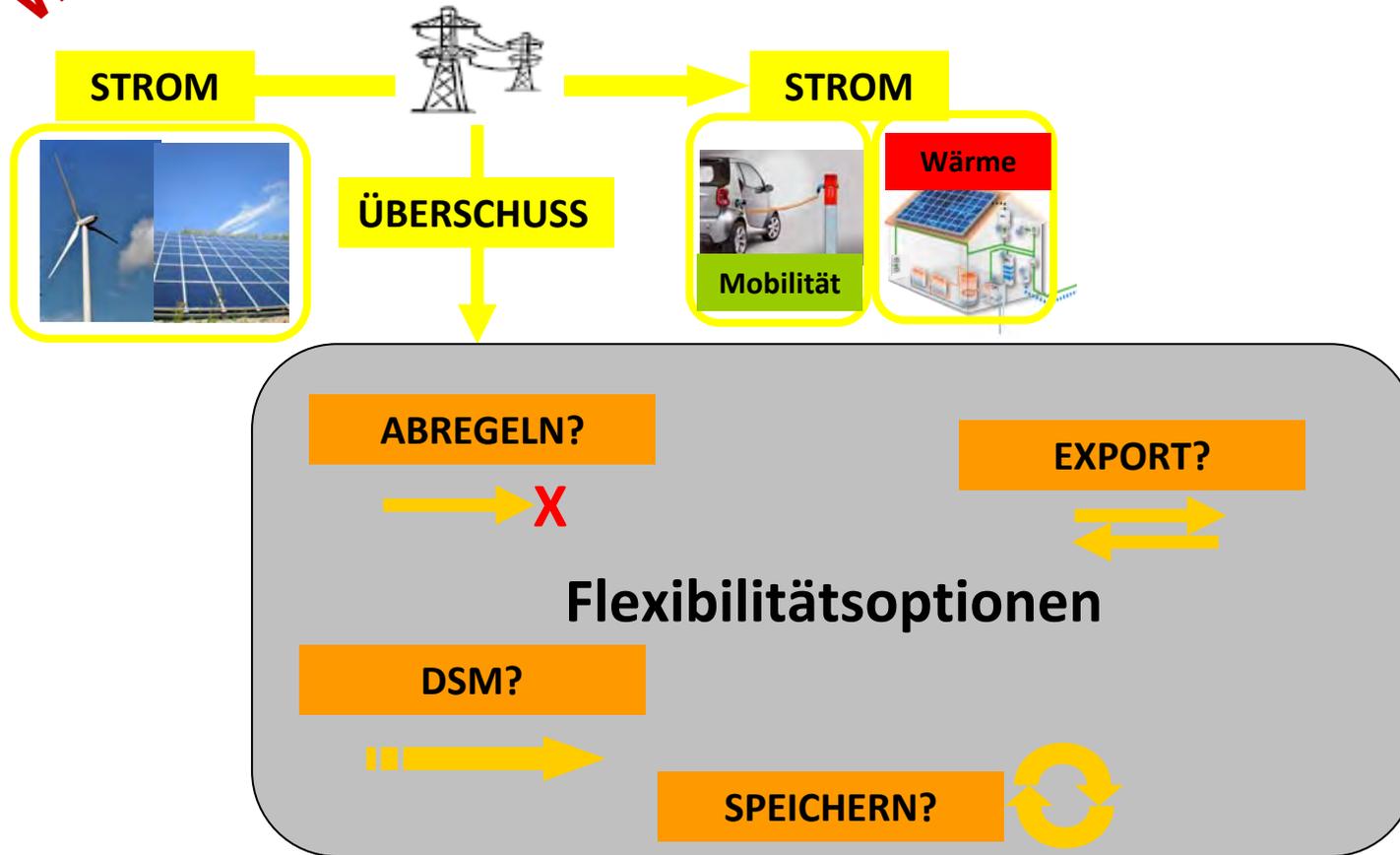
Welche?

Speichertechnologien für erneuerbare Energien



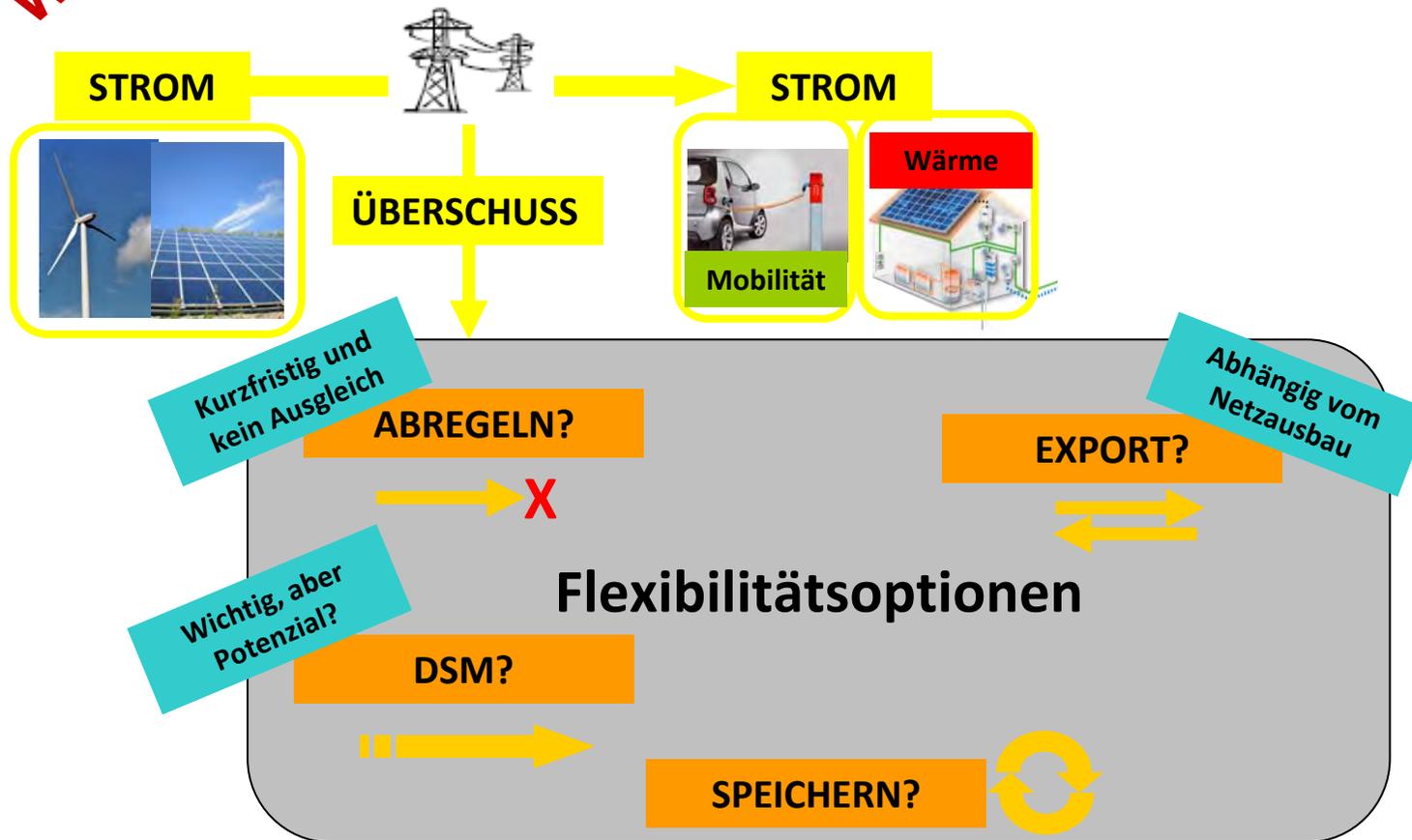
Welche?

Ausgleich fluktuierender Erzeugung



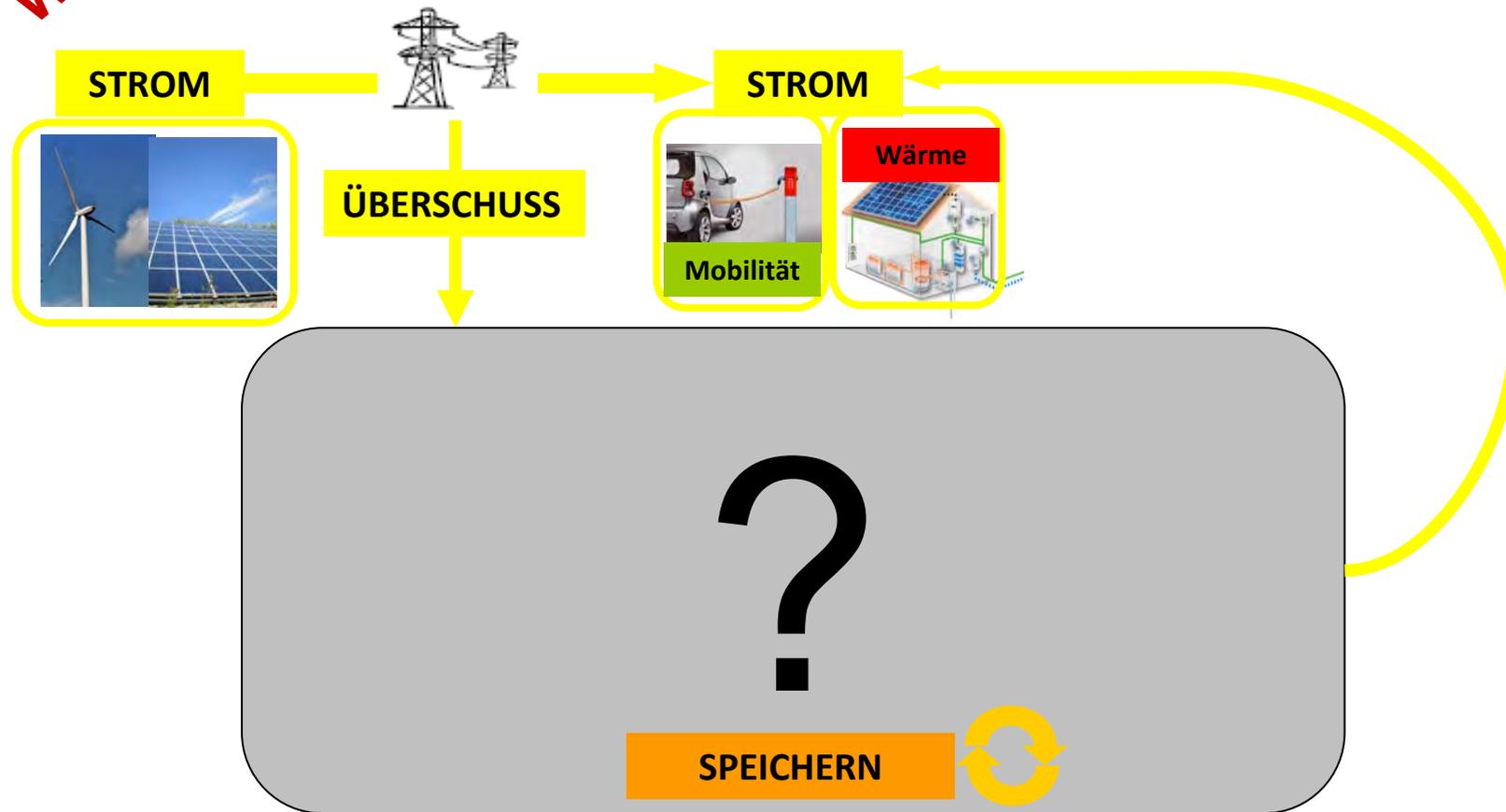
Welche?

Ausgleich fluktuierender Erzeugung



Welche?

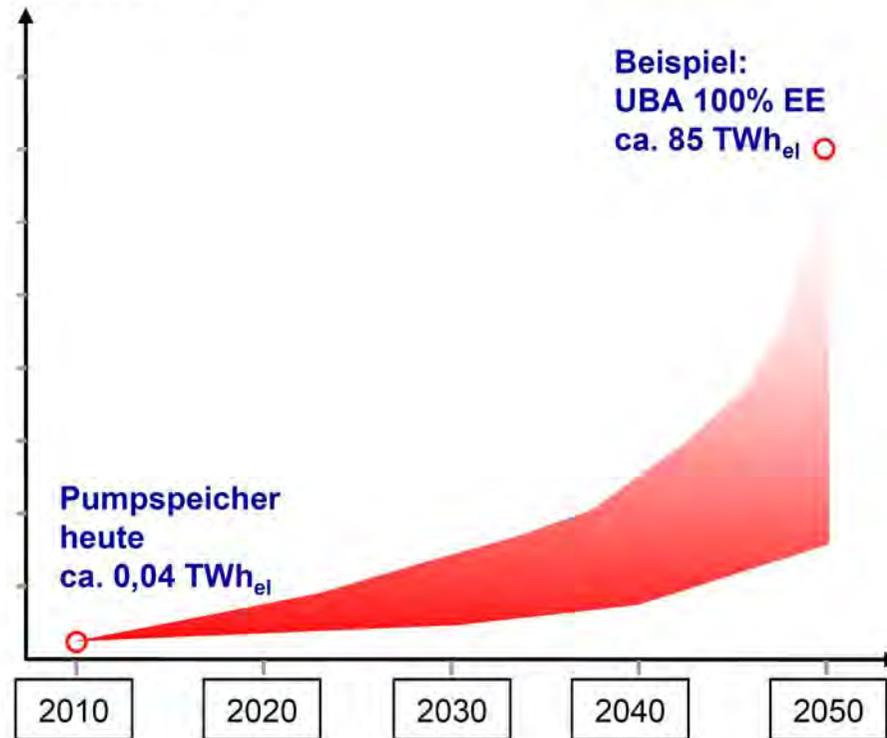
Ausgleich fluktuierender Erzeugung



Wann?

Speicherbedarf?

Bedarf für
Speicherkapazität
in Deutschland



Weiterer Forschungsbedarf

Bisher keine fundierten Studien zur Untersuchung des zukünftig in Deutschland benötigten Speicherprofils in Abhängigkeit von Kapazität und Leistung.

Unbekannte Parameter

Die Bandbreite des Speicherbedarfs wird stark durch die Ausbaudynamik der erneuerbaren Energien, der Flexibilität der konventionellen Erzeugung, der Flexibilisierung der Nachfrage und den Netzausbau bestimmt – lokal, regional, national und supranational.

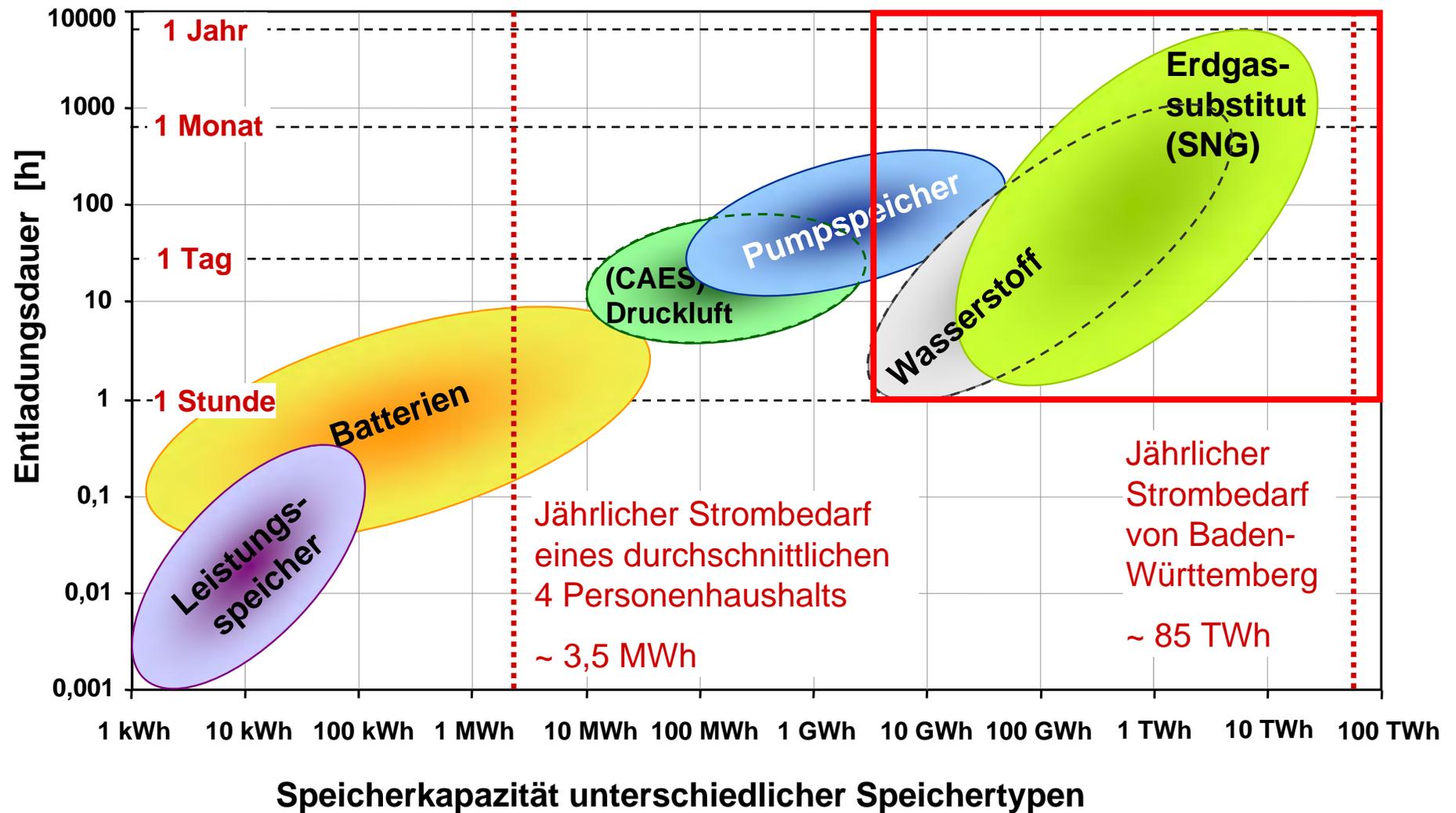
Sonderfall Netzausbau

Der Engpass im Netzausbau betrifft nicht nur die Grenzkuppelstellen und die Nord-Süd-Problematik sondern zunehmend auch das Niederspannungsnetz aufgrund des zügigen PV-Ausbaus.

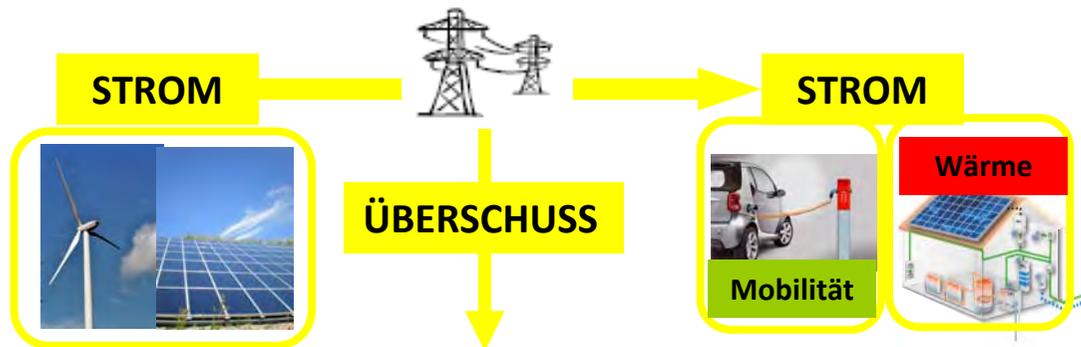
Vielfältigkeit der Speicherleistung

Anforderungen an die Speicher unterscheiden sich stark in Größe und Leistung in Abhängigkeit davon, ob sie kurzfristig zur Lastglättung, langfristig zum Flautenausgleich oder zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen herangezogen werden.

Speichertechnologien für erneuerbare Energien



Ausgleich fluktuierender Erzeugung



STAND HEUTE		Strom	Erdgas	Flüssigkraftstoffe ¹⁾
Verbrauch	[TWh/a]	615	930	707
durchschnittliche Leistung	[GW]	70	106 ²⁾	81
Speicherkapazität	[TWh]	0,04³⁾	217⁴⁾	250 ⁵⁾
rechnerische Speicherreichweite ⁶⁾	[h]	0,6	2000	3100
SPEICHERKAPAZITÄTEN – Bedarfsprognose				
Bis 2050: bis zu 85 TWh		SPEICHER: ?		

1) Benzin, Diesel, Kerosin

2) jahreszeitlich stark schwankend

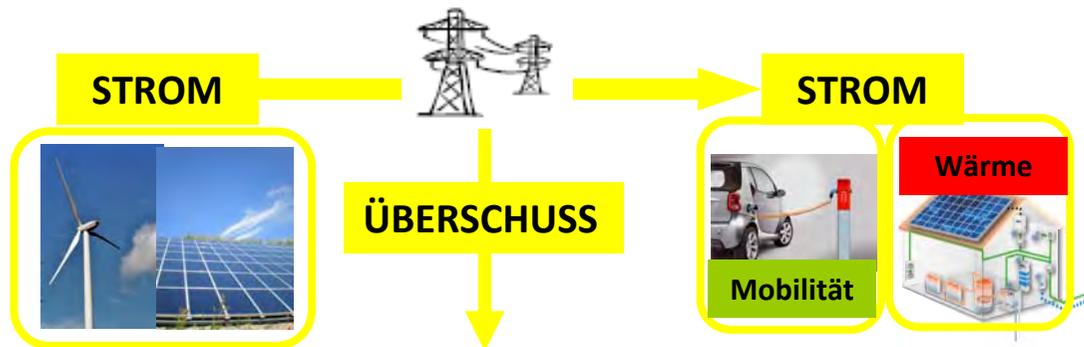
3) Pumpspeicherkraftwerke

4) 47 Untertage Gasspeicher / für weitere 79 TWh Rahmenbetriebsplan eingereicht / weitere Speicher in Planung [LBEG, Hannover]

5) Bevorratung an Benzin, Diesel, Kerosin und Heizöl EL

6) bezogen auf die durchschnittliche Leistung

Ausgleich fluktuierender Erzeugung



STAND HEUTE		Strom	Erdgas	Flüssigkraftstoffe ¹⁾
Verbrauch	[TWh/a]	615	930	707
durchschnittliche Leistung	[GW]	70	106 ²⁾	81
Speicherkapazität	[TWh]	0,04³⁾	217⁴⁾	250 ⁵⁾
rechnerische Speicherreichweite ⁶⁾	[h]	0,6	2000	3100
SPEICHERKAPAZITÄTEN – Bedarfsprognose				
Bis 2050: bis zu 85 TWh		SPEICHER: ?		

1) Benzin, Diesel, Kerosin

2) jahreszeitlich stark schwankend

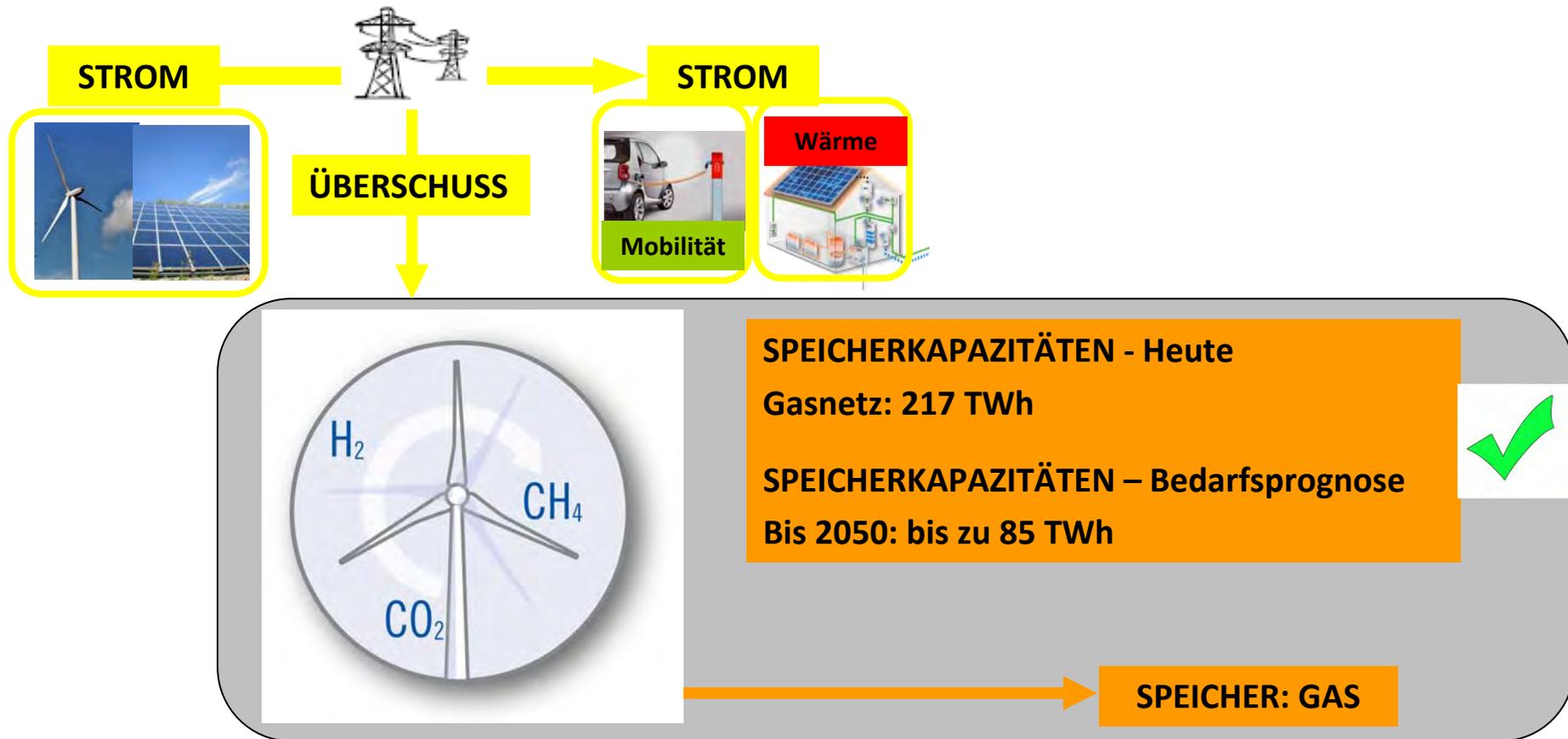
3) Pumpspeicherkraftwerke

4) 47 Untertage Gasspeicher / für weitere 79 TWh Rahmenbetriebsplan eingereicht / weitere Speicher in Planung [LBEG, Hannover]

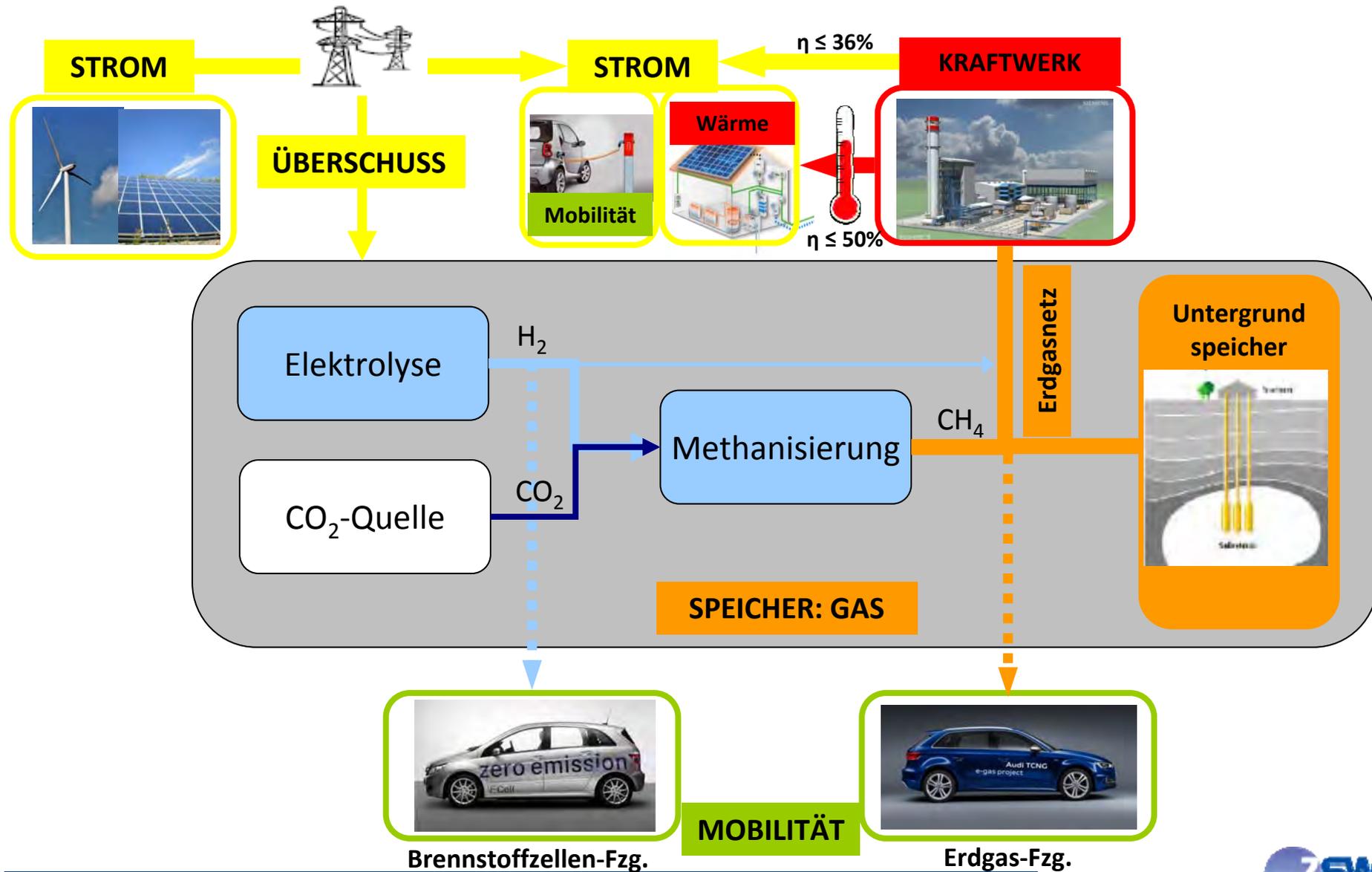
5) Bevorratung an Benzin, Diesel, Kerosin und Heizöl EL

6) bezogen auf die durchschnittliche Leistung

„Power-to-Gas“: Verknüpfung bestehender Infrastruktur



„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren



„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren Modell



„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren Realität

Technische Realisierung einer 25 kW_{el}-P2G[®] -Anlage für die Firma SolarFuel
(2009: Alpha-Anlage; 2011: Beta-Anlage und Feldtests)



„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren Realität

Aktuelles Forschungsprojekt: Aufbau einer 250 kW_e-P2G[®]-Anlage in Stuttgart



ZSW
P2G[®]
Plant
Facility



Elektrolyse-Stack

„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren Realität

Aktuelles Forschungsprojekt: Aufbau einer 250 kW_e-P2G[®]-Anlage in Stuttgart



Public Fund:
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

SOLARFUEL 

 Fraunhofer
IWES



„Power-to-Gas“ – Verknüpfung von Energiesektoren Realität

Aktuelles Forschungsprojekt: Aufbau einer 250 kW_{e1}-P2G[®]-Anlage in Stuttgart



Public Fund:
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

P2G[®]-Roadmap

>2015:
Kommerzialisierung

2013: P2G[®]-6000 kW
(Audi/SolarFuel)

2012: P2G[®]-250 kW

2009: P2G[®] -25 kW

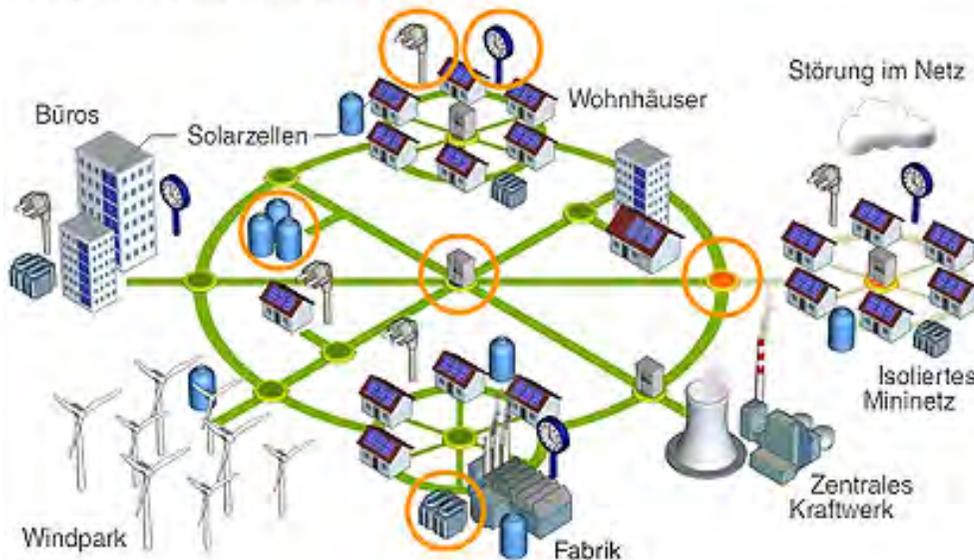
2007: Konzept

Potenziale aller Flexibilitätsoptionen ausschöpfen: Aufbau intelligenter Netze

- Verbrauchsteuerung z.B. über variable Tarife und Smart Metering
- Kombikraftwerke – Verknüpfung verschiedener Erzeuger um konstante Einspeisung zu ermöglichen
- Virtuelle Kraftwerke: Verknüpfung verschiedener Verbraucher (z.B. Kühlhäuser, Elektrolysen), Speicher um diese lastvariabel zu regeln.

Intelligente Stromnetze

Die Zukunftsvision: ein Netzwerk integrierter Mininetze, das sich selbst kontrolliert und repariert.



Akzeptanz: „Notwendig, aber bitte nicht bei uns“

Beispiele:

- Pumpspeicher Schluchseewerke (Atdorf)
- Ausbau der Stromnetze (v.a. in Nord-Süd-Deutschland)



Fazit

- ➔ Durch den Ausbau fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik steigt der Bedarf an Flexibilitätsoptionen zukünftig voraussichtlich um ein Vielfaches an
- ➔ Es existieren vielfältige Speichertechnologien - von etabliert bis neuester Stand der Technik -, sie decken prinzipiell alle benötigten Anwendungsbereiche ab
- ➔ Langfristige Speicherung/Saisonal nur über chemische Energieträger Wasserstoff oder SNG
- ➔ Potenziale neben dem Bau von Speichern und Netzausbau müssen genutzt werden
„Der günstigste Speicher ist der, der nicht gebaut werden muss“
- ➔ Bürgerakzeptanz ist für die gesamte Transformation des Energiesystems die wichtigste Voraussetzung

// Energie mit Zukunft

// Zentrum für Sonnenergie- und Wasserstoff-
Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Stuttgart:
Photovoltaik,
Energiepolitik und
Energieträger, Zentrale Dienste



Widderstall:
Solar-Testfeld



Ulm:
Elektrochemische
Energietechnologien



Ulm:
Labor für
Batterietechnologie (eLaB)