



5.Isnyer Energiegipfel

11.03.2012

Stromspeichertechnologien im Energiesystem der Zukunft – eine Übersicht

Benjamin Schott

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



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff- Forschung Baden-Württemberg ZSW (Stiftung des bürgerlichen Rechts, gegründet 1988)



Stuttgart:
Photovoltaik,
Energiepolitik und
Energieträger,
Zentrale Dienste



Widderstall: Solar-Testfeld



**Ulm: Elektrochemische
Energietechnologien**

Was erwartet Sie?

?

Elektrizitätsversorgung

Keine Energiewende ohne Stromspeicher

Werner Ludwig, vom 27.03.2011 08:00 Uhr



- **Warum** benötigen wir Speicher?
- **Wann** ergibt sich Speicherbedarf?
- **Wo** müssen Speicher aufgebaut werden?
- **Welche** Speichertechnologien sind verfügbar und notwendig?
- Sind Speicher **wirtschaftlich**?

Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

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

installierte Leistung 2009

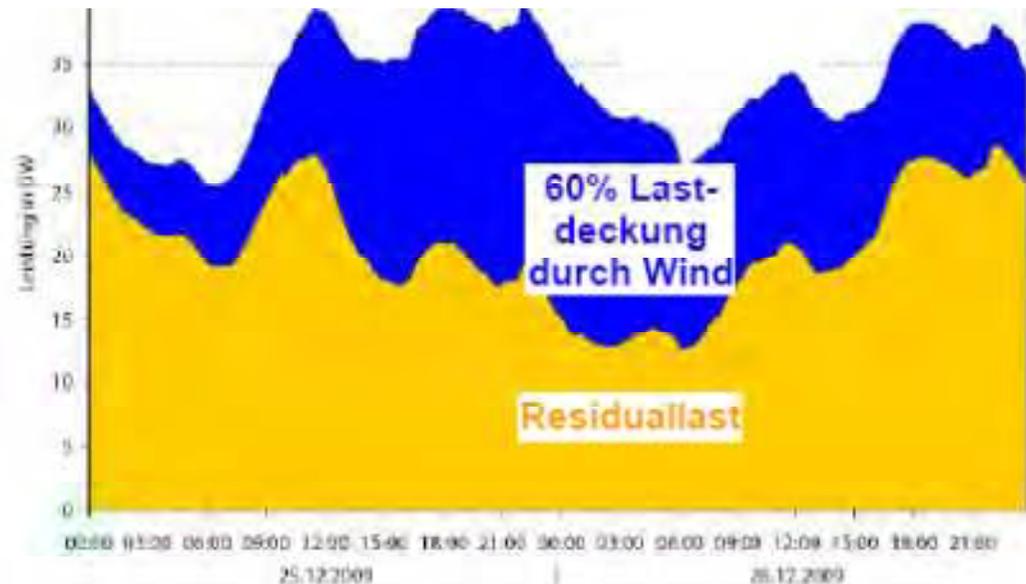
ca. 25.700 MW Wind onshore
0 MW Wind offshore
ca. 9.800 MW Photovoltaik
ca. 35.500 MW gesamt

→ Netzhöchstlast in D: 75.000 MW

installierte Leistung 2020+

ca. 35.000 MW Wind onshore
ca. 10.000 MW Wind offshore
ca. 50.000 MW Photovoltaik
ca. 95.000 MW gesamt

Beispiel Stromnachfrage in D am 25./26.12.2009

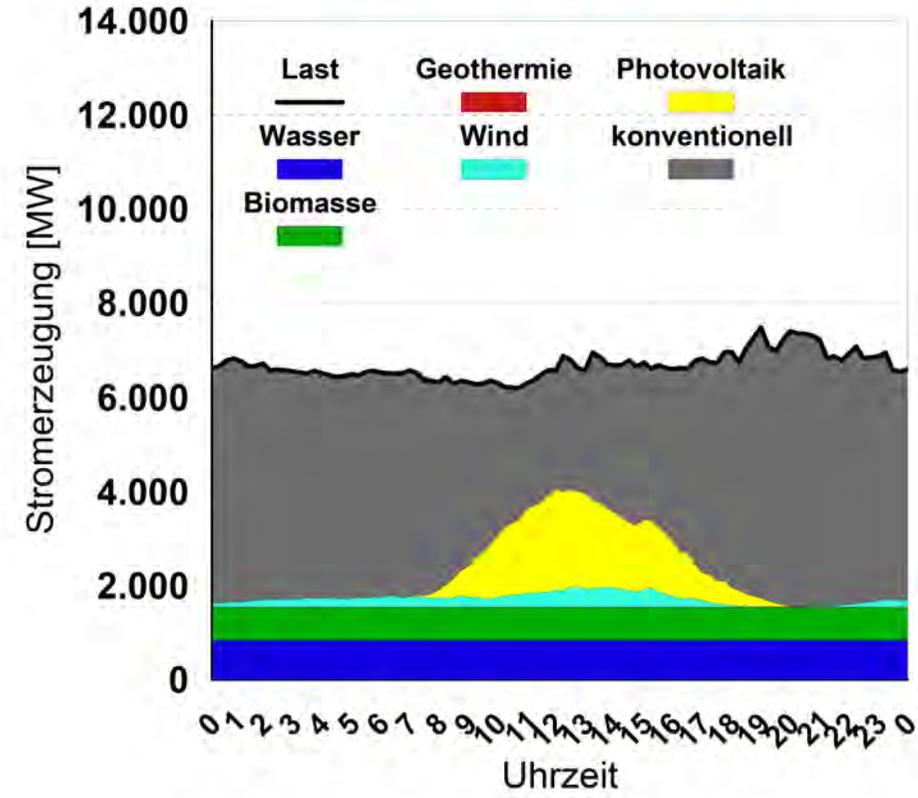


Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

Beispiel Stromnachfrage in BaWü

Tag im "August 2011"

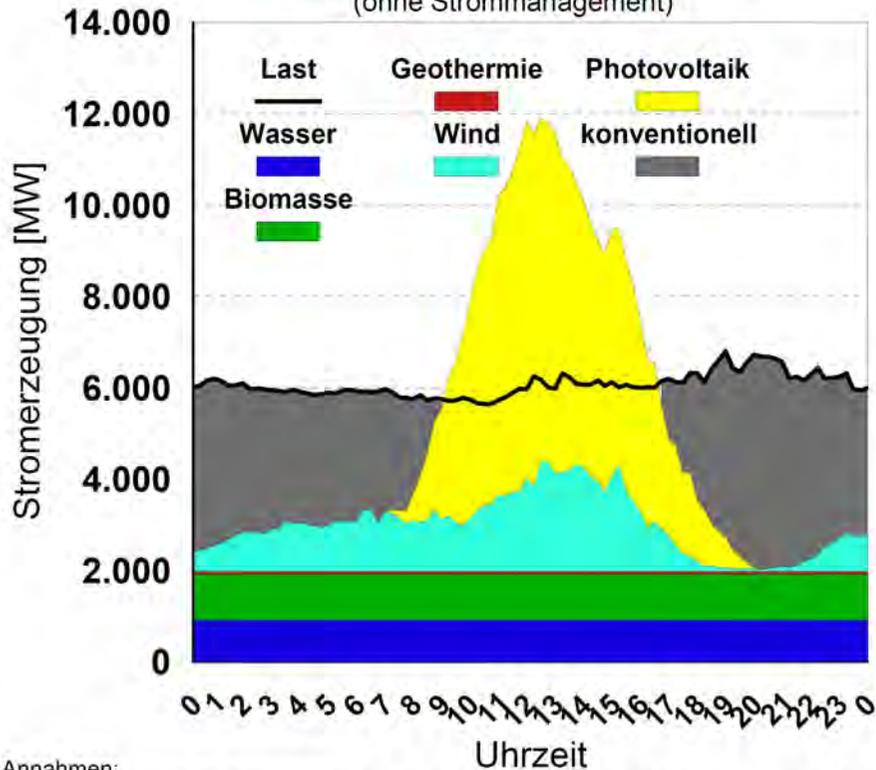


Warum?

Technische Herausforderungen durch fluktuierende erneuerbare Energien

Sonntag, 30. August 2020*

(ohne Strommanagement)



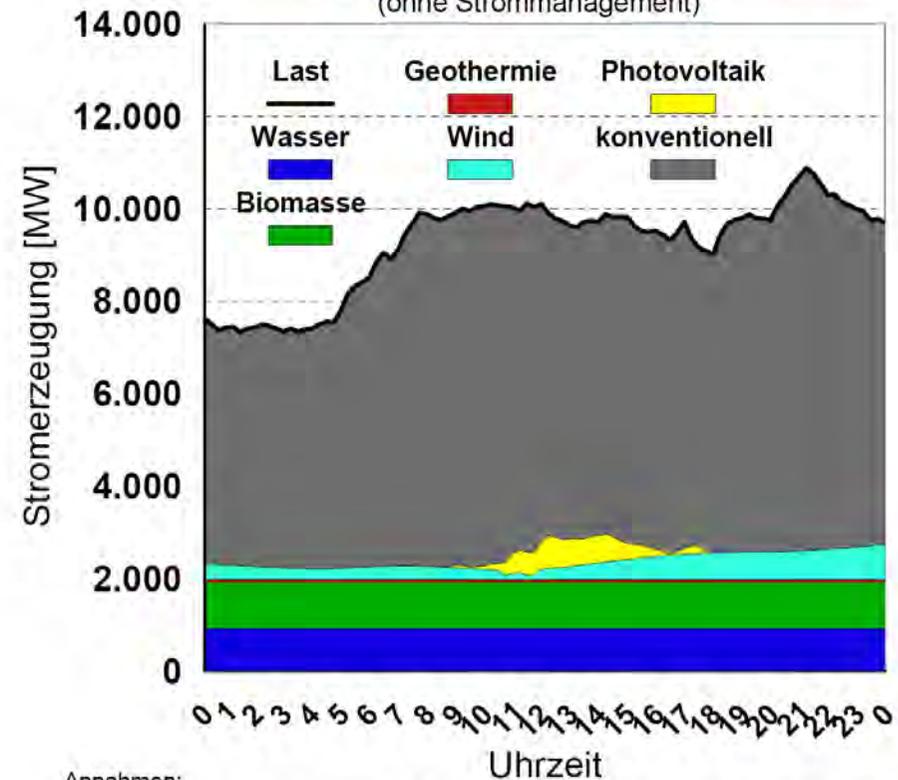
Annahmen:

Bandstromerzeugung Wasserkraft 920 MW, Biomasse 1.000 MW, Geothermie 60 MW
 Verfügbarkeit Wind: max. 65% aus 3.700 MW, Photovoltaik: max. 80% aus 9.600 MW
 Last gegenüber 2010 um 10% reduziert.

* Referenzverlauf: Wind, Photovoltaik, 26.8.2010, Last 29.8.2010

Montag, 23. November 2020*

(ohne Strommanagement)



Annahmen:

Bandstromerzeugung Wasserkraft 920 MW, Biomasse 1.000 MW, Geothermie 60 MW
 Verfügbarkeit Wind: max. 20% aus 3.700 MW, Photovoltaik: max. 8% aus 9.600 MW
 Last gegenüber 2010 um 10% reduziert.

* Referenzverlauf: Wind, Photovoltaik, Last 22.11.2010

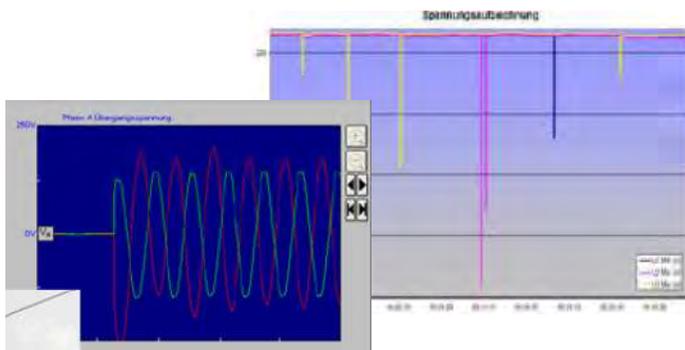
Welche?

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“**

Wann?

Speicherbedarf in welcher Höhe und wann?

- Der Speicherbedarf ist von vielen Randbedingungen (Netzausbau, Europaweites Netz und andere Maßnahmen) abhängig und heute **nur schwer prognostizierbar**
- Erste Abschätzungen gehen von einem stark erhöhten Speicherbedarf **ab dem Zeitraum 2025 - 2030** aus
- **Heute bereits existiert punktuell Bedarf** an Verstärkungsmaßnahmen im Netz für die Speicher eine (temporäre) Alternative wären
- Teil aktueller Forschungsarbeiten

Wo?

Standorte von Speichern im Stromnetz

- **Photovoltaikstrom** fällt vor allem im **Niederspannungsnetz** an und vorwiegend (bisher) in Süddeutschland
- **Windstrom** fällt vor allem im **Mittel- und Hochspannungsnetz** an und vorwiegend (bisher) in Norddeutschland



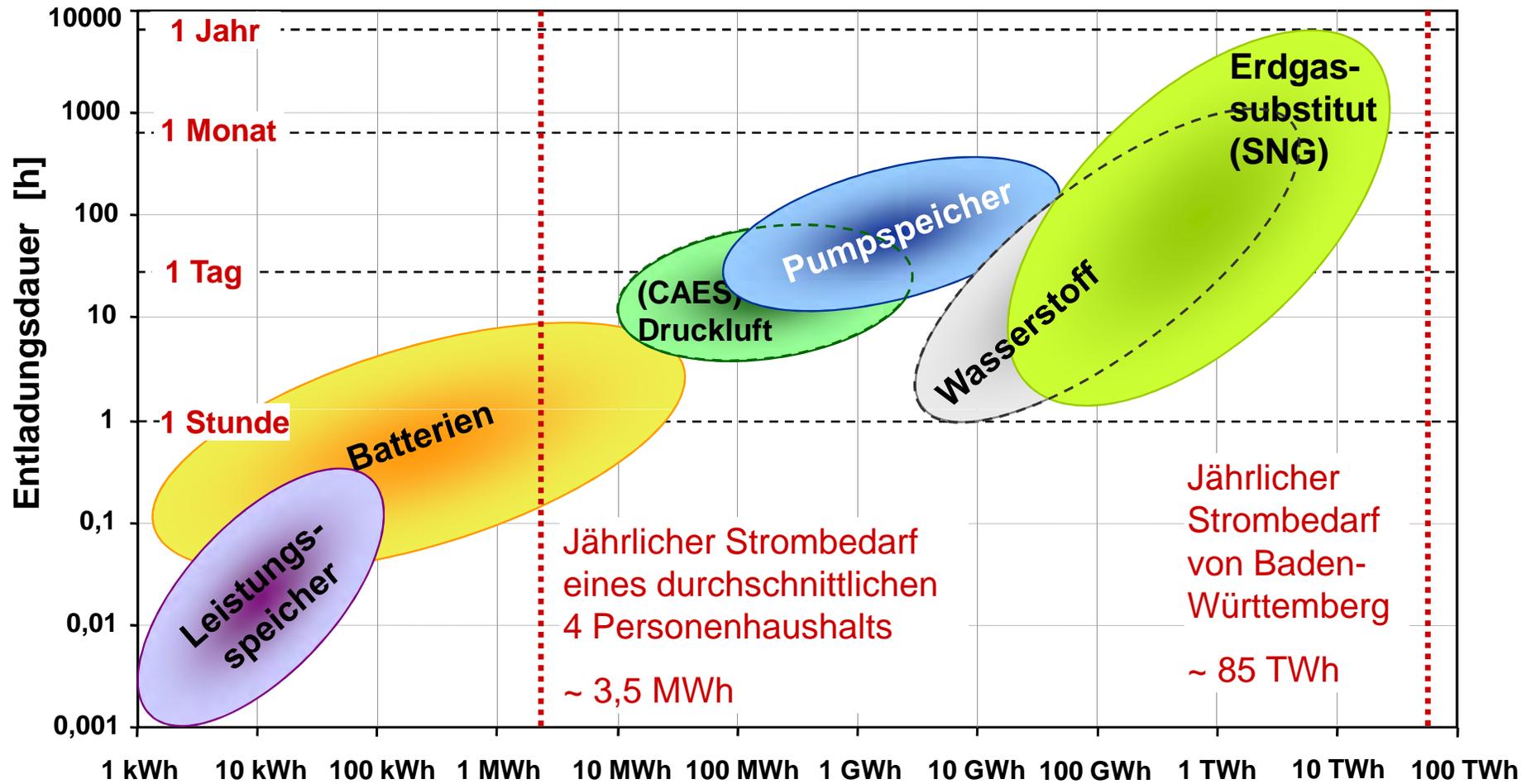
→ Bedarf sowohl von zentralen als auch dezentralen Speichern, Speicher können entweder **in Nähe der Erzeugungsanlagen** aufgestellt werden **oder** in der **Nähe der Verbraucher**.

→ **Abhängig** vom Netzausbau und anderen Rahmenbedingungen

→ **Sinnvoller Einsatz(-Standort) von Speichern** muss eruiert werden, um u.U. **Netzausbau zu vermeiden**. Aktuell Teil der Forschungsarbeiten

Welche?

Speichertechnologien für erneuerbare Energien



Speicherkapazität unterschiedlicher Speichertypen

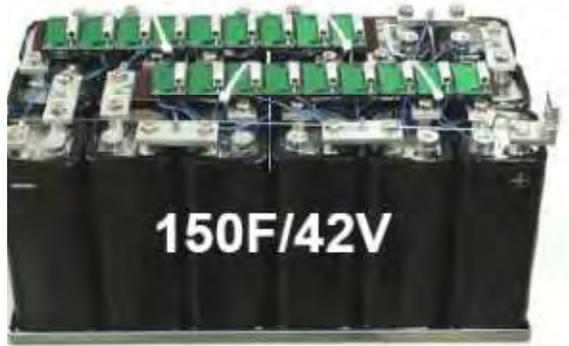
Welche?

„Leistungsspeicher“

Anforderungen:

- Bereitstellung sehr hoher Leistungen für sehr kurze Zeit (Sekunden/Minuten)
- Sehr hohe Zyklenzahl (z.B. jede Minute)

Kondensatoren („Supercap“)



EPCOS
5000 F

Schwungradspeicher



Quelle: ENERTRAG



SMES (Superconducting magnetic energy storage)

Welche?

Batterien/Akkumulatoren

• Blei-Säure-Batterien

- + Etablierte Technologie (100 Jahre), kostengünstig, langjährige Erfahrung in vielen Anwendungen, gute Recyclebarkeit, Sicherheit
- Lebensdauer, niedrige Energie- und Leistungsdichte



• Alkalische Batterien (NiCd, NiMH)

- + Kommerzielle Produkte (Hybridfahrzeuge (NiMH), Stationär, Werkzeuge (NiCd)), Gute Lebensdauer/Zyklenfestigkeit, Robustheit (NiCd), Tieftemperaturverhalten, Sicherheit
- Cadmium EU-Verbot (2006/66/EG), Wirkungsgrad, Recycling, Kosten



• Lithium-Ionen-Batterien

- + Kommerziell (Laptop, Mobil), Hohe Lebensdauer/ Zyklenfestigkeit, Energie/ Leistungsdichte, Wirkungsgrad (>90%), Großes Potenzial (Elektromobilität)
- Hohe Kosten, Sicherheit



• Hochtemperatur-Batterien

- + Kommerziell (NaS in Japan Stationär), Lebensdauer, Kostensenkungspotenzial
- Weltweit nur 2 Hersteller,, Aufwändiges thermisches Management, NaNiCl (ZEBRA): aktuell kein Einsatz mehr



Welche?

Batterien/Akkumulatoren

- Redox-Flow-Batterien

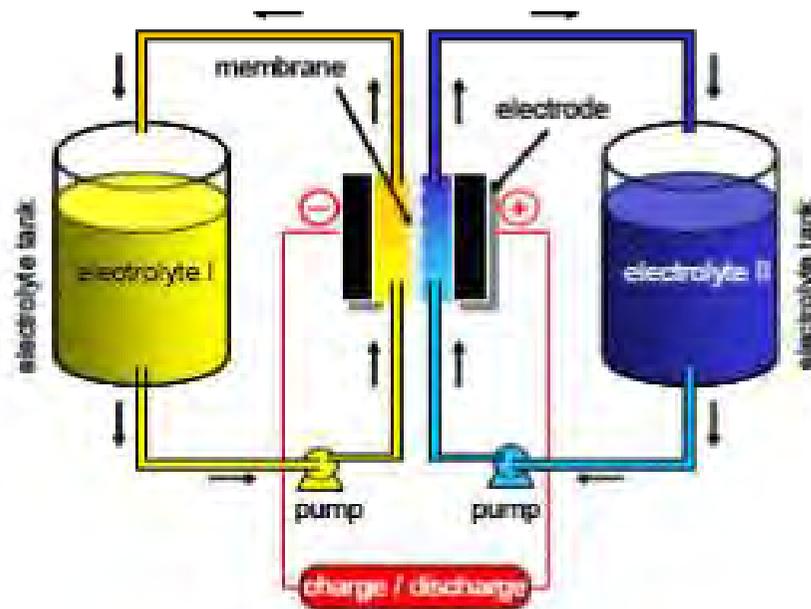
- ⇒ Viele Pilotanlagen in der Vergangenheit, aktuell wieder verstärkte Aktivitäten
 - ⇒ Anwendung: Nur Stationär



- Hohe Lebensdauer, Energie/Leistung können separat ausgelegt werden
 - Hohe Kostensenkungspotential, Sicherheit



- Mäßiger Zyklenwirkungsgrad, Energie/ Leistungsdichte,
 - Vanadium teuer, andere Konzepte sind noch im Entwicklungsstadium, Handhabung korrosiver Materialien,
 - Wenige Hersteller mit kommerziellen Produkten: Cellstrom (A)



Welche?

Großspeichertechnologien - Pumpspeicherkraftwerke



Bild: <http://www.goldisthal.de>



Erprobte Technologie Über 90 GW installierte Leistung weltweit, guter Wirkungsgrad, kostengünstig, theoretisch hohe Potenziale in Norwegen!

Wirkungsgrad: 65-80 %
Entladedauer: Stunden bis Tage
Leistung: 10 MW bis 1 GW



Eingeschränktes Potenzial in D, Akzeptanz, geringe Energiedichte

▶ Turbinenleistung:	1.400 MW
▶ Investitionsvolumen:	> 700 Mio. €
▶ Arbeitsvermögen:	0,013 TWh
▶ Bauzeit:	4,5 Jahre
▶ Möglicher Baubeginn:	2014
▶ Eröffnung des Raumordnungsverfahrens:	9.4.2010

Badische Zeitung

Suchbegriff

Samstag, 10. März 2012

START | **LOKALES** | NACHRICHTEN | SPORT | MEINUNG | FREIZEIT | RATGEBER | A

Freiburg | Breisgau | Emmendingen | Ortenau | Schwarzwald | Lörrach & Dreiland | Waldshut | Elsass |

PROTEST

Fast 1000 Einsprüche gegen Kraftwerk Atdorf

Welche?

Großspeichertechnologien - Druckluftspeichersystem



Bild: KBB

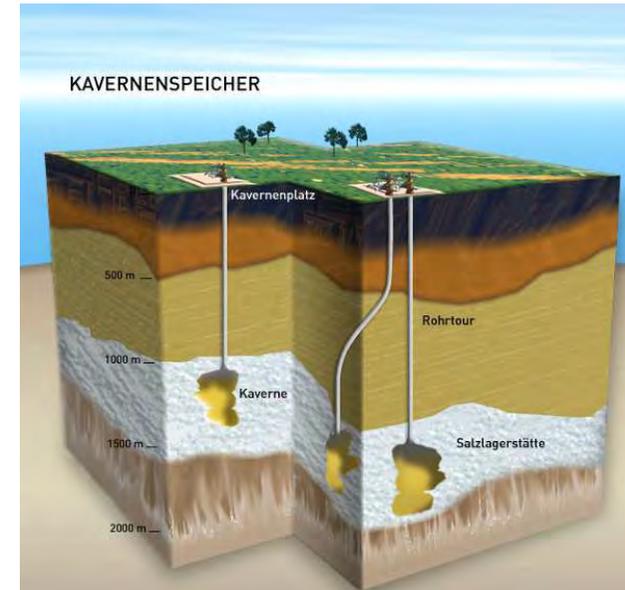
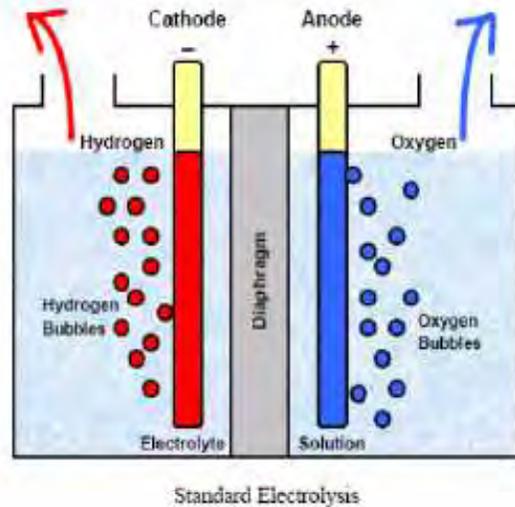
- ⇒ Entwicklungsgegenstand
- ⇒ Zwei Kraftwerke weltweit (nicht adiabatisch)

Wirkungsgrad: max. 70 %
Entladedauer: Stunden bis Tage
Leistung: 100 MW bis 1 GW

- + Kostensenkungspotenziale, theoretisch großes Speicherpotenzial (Salzkavernen)
- Wirkungsgrad, Bindung an geeignete geologische Formationen,
- Nutzungskonkurrenz; Bisher nur wenige Kraftwerke realisiert

Welche?

Großspeichertechnologien - Wasserstoff



⇒ Realistische Technologie für Speichersysteme im 100 GWh-Bereich
⇒ Kommerzialisierung in Vorbereitung (ENERTRAG)

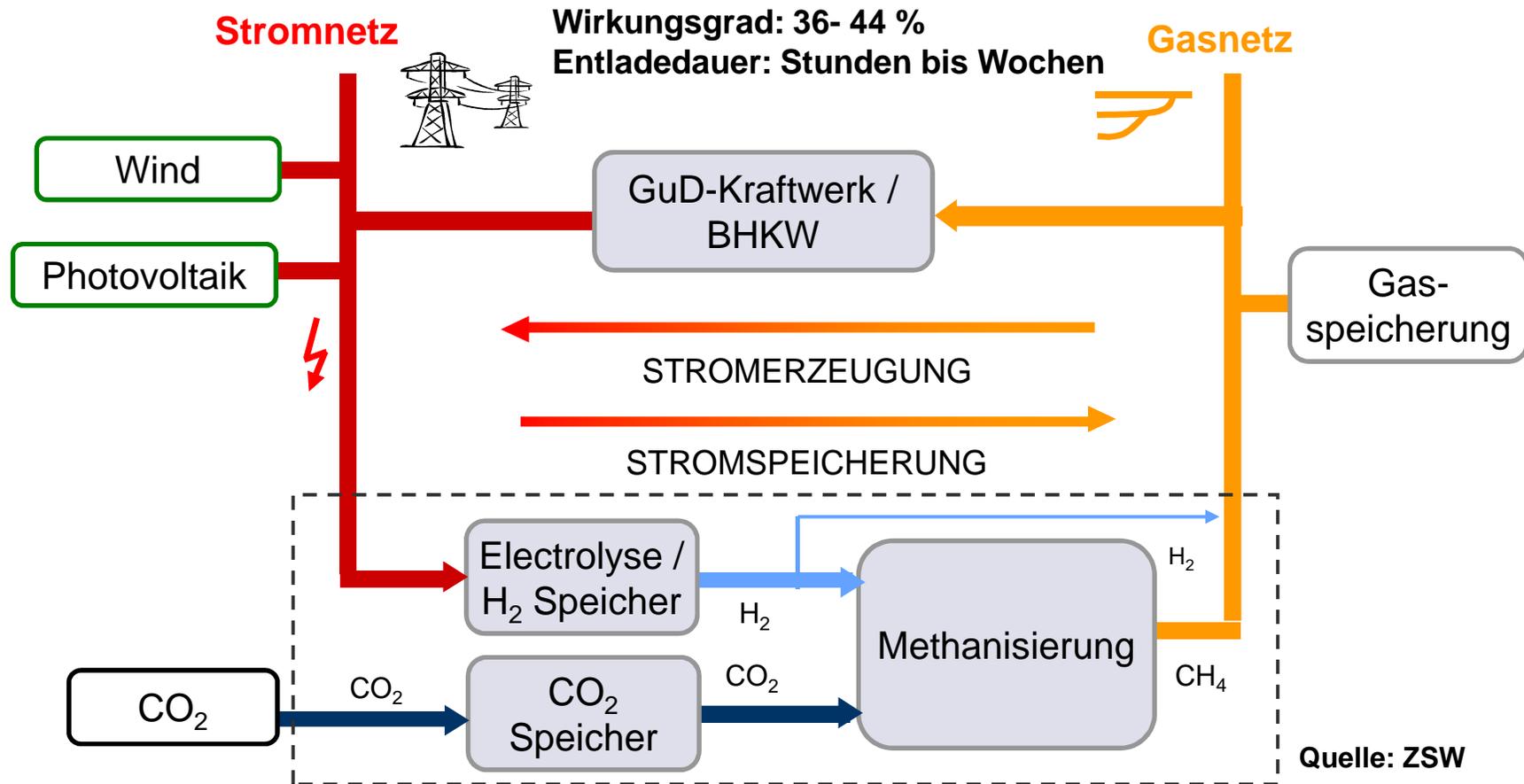
Wirkungsgrad: ~ 40 %
Entladedauer: Stunden bis Wochen
Leistung: 10 kW bis 1 GW

+ Kostensenkungspotenziale, größtes Speicherpotenzial

- Wirkungsgrad, Bindung an geeignete geologische Formationen, Nutzungskonkurrenz; Infrastruktur

Welche?

Großspeichertechnologien – „Power-to-Gas“



- ⇒ Nutzung der bestehenden Infrastruktur des Erdgasnetzes mit einer Speicherkapazität von 217 TWh in 47 Untertagespeichern (Reichweite ca. 83 Tage bezogen auf die durchschnittliche Leistung)
- ⇒ Pilotanlage realisiert; Kommerzialisierung in Vorbereitung (SOLARFUEL)

Welche?

Elektromobilität als virtueller Großspeicher

Gute Voraussetzungen aber auch Probleme:

- Autos sind in der Regel „*Stehzeuge*“: Nutzungsdauer < 4 Stunden/Tag
- Stehen in der Regel in *Ballungsgebieten* und *nahe am Ort des Stromverbrauchs verteilt* über Deutschland: Flotten, Car-Sharing, Stadtauto
- In der Regel *laden* Elektrofahrzeuge über Nacht, bei *Niedriglast* und evtl. *hoher Windstromproduktion*.
- *Gesteuertes Laden* ist zudem über Anreize (leicht) möglich
- Elektrofahrzeuge haben ein maximales Energiespeicherpotential in D. von „nur“ 0,4 TWh, aber ein großes Potential als *kurzfristiger Leistungsspeicher* (148 GW)

- Bidirektionalität muss gewährleistet sein, *technische Realisierung* in Ladestationen und Ladeelektronik im Fahrzeug.
- Potenzial stark abhängig von der tatsächlichen räumlichen und zeitlichen *Verfügbarkeit* der Elektrofahrzeuge.
- *Akzeptanz* der Nutzer ist entscheidend: verfügbare Batteriekapazität, finanzieller Anreiz.

Welche?

Elektromobilität als virtueller Großspeicher

	2020 1 Mio. Elektrofahrzeuge	2030 6 Mio. Elektrofahrzeuge	2050 40 Mio. Elektrofahrzeuge
Nutzbare Speicherkapazität [TWh]	0,01 TWh	0,06 TWh	0,4 TWh
Anteil an benötigter Speicherkapazität	entspricht 1/4 heutiger Pumpspeicherkraftwerke	0,3% (20 TWh)*	1% (40 TWh)
Maximal verfügbare Regelleistung [GW]**	3,7 GW	22 GW	148 GW
Anteil an Regelleistungsbedarf in Deutschland***	>50%	3x	25x
Speicherreichweite bei maximal möglicher Last [h]	2,7 h	2,7 h	5,7 h (bei 70 GW Ø Last in D)
<p>* Nitsch et al., 2011</p> <p>** Da hier die Anschlussleistung einer Standardladesäule mit 3,7 kW angenommen wurde und durchaus größere Anschlussleistungen möglich sind, muss dies als Minimalwert betrachtet werden.</p> <p>*** Annahme: 6 GW für Sekundär- und Minutenreserve zusammen (ÜNB, 2011)</p>			

→ verfügbare Speicherkapazität pro Fahrzeug: 10 kWh

Kosten?

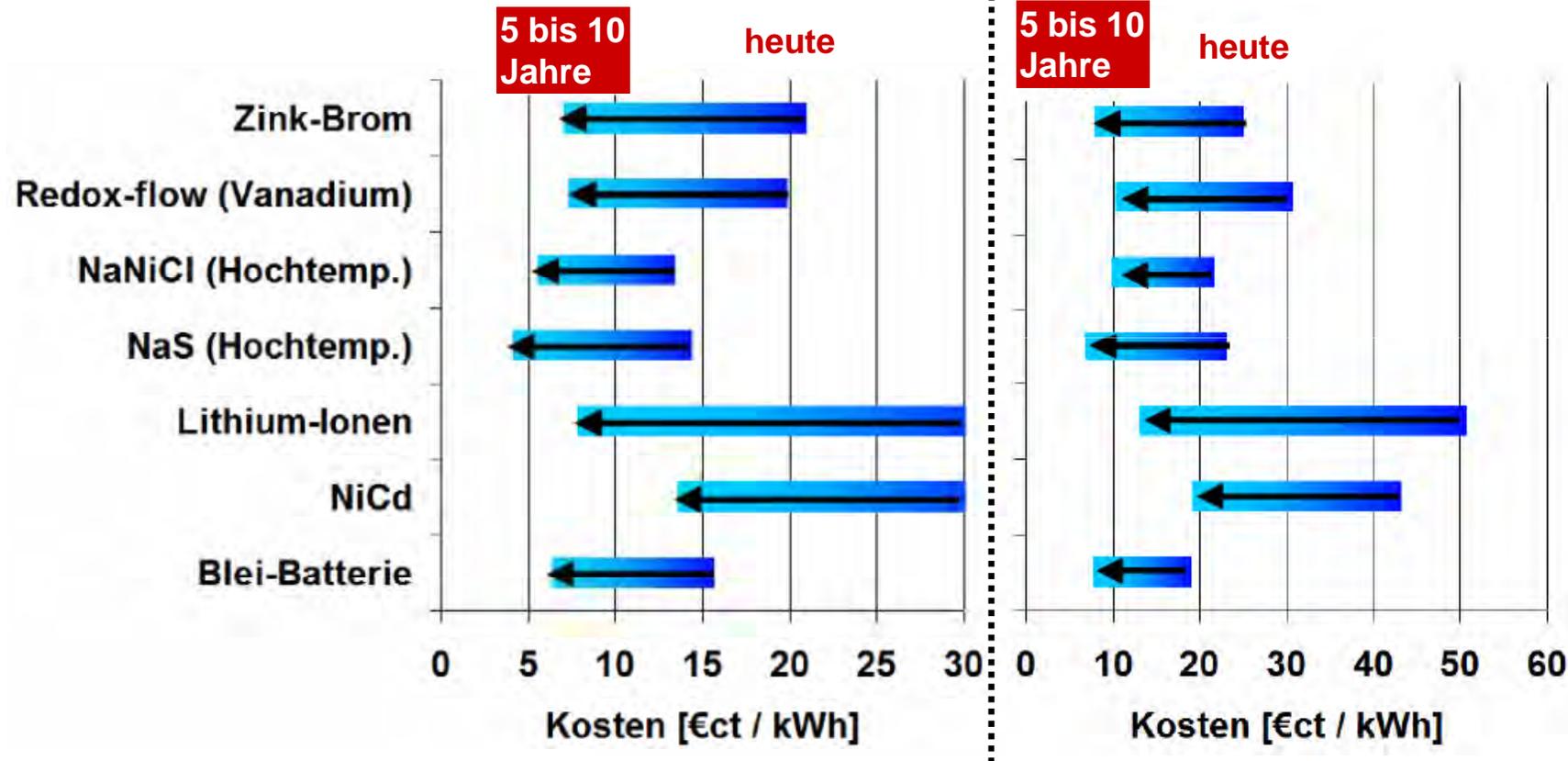
Kosten der Energie aus Speichern

Option „Stundenspeicher Mittelspannung“

10 MW, 40 MWh, 2 Zyklen pro Tag, Stromkosten 4 €ct, Kapitalk. 8%

Option „Tagesspeicher“

1 GW, 8 GWh, 1 Zyklus pro Tag, Stromkosten 4 €ct, Kapitalk. 8%



Quelle: nach Lunz/Sauer 2010 aus ENERGY STORAGE FOR IMPROVED OPERATION OF FUTURE ENERGY SUPPLY SYSTEMS , M. Kleimaier, et.al., CIGRE 2008

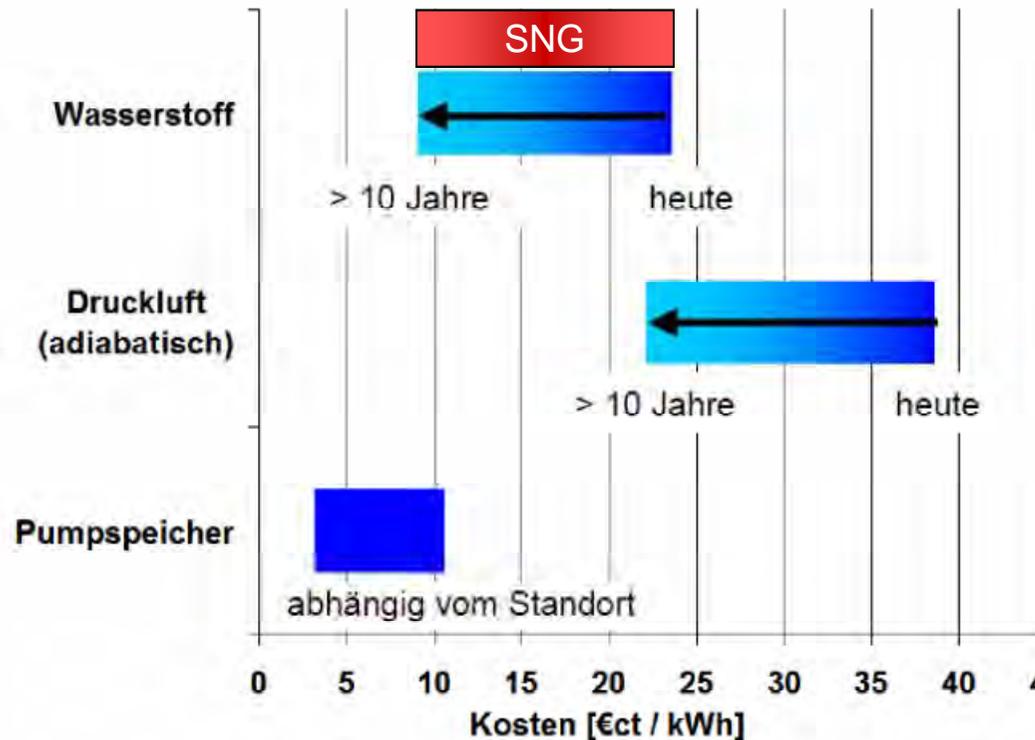
Kosten unter 5 €ct/kWh sind sehr schwer zu erreichen, Kosten über 10 €ct/kWh müssen aber nicht sein. F&E-Aktivitäten sind für alle Technologien zwingend notwendig.

Kosten?

Kosten der Energie aus Speichern

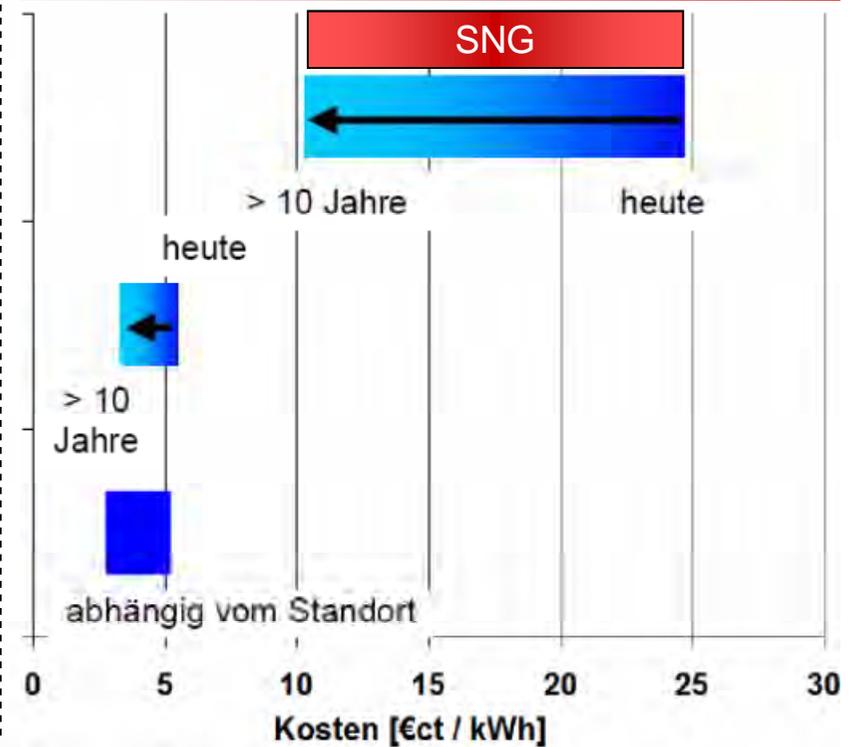
Option „Monatsspeicher“

500 MW, 100 GWh, ~1,5 Zyklen pro Monat, Stromkosten 4 €ct, Kapitalk. 8%



Option „Tagesspeicher“

1 GW, 8 GWh, 1 Zyklus pro Tag, Stromkosten 4 €ct, Kapitalk. 8%

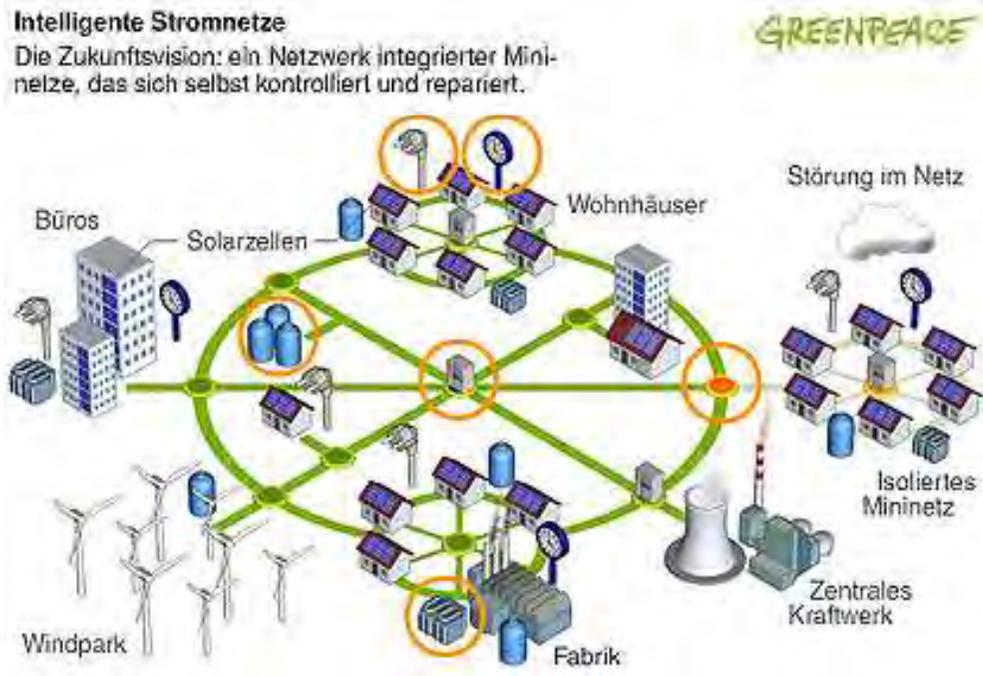


Quelle: nach Lunz/Sauer 2010 aus ENERGY STORAGE FOR IMPROVED OPERATION OF FUTURE ENERGY SUPPLY SYSTEMS , M. Kleimaier, et.al., CIGRE 2008

Kosten unter 10 €ct/kWh sind möglich. Um dies zu erreichen, ist eine Verstärkung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aber zwingend notwendig.

Potenziale neben Speichern und Netzausbau 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.



Akzeptanz: „Notwendig, aber bitte nicht bei uns“

Beispiele:

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



hr online.de Die Adresse für Hessen

hr Home Nachrichten Sport Kultur Ratgeber Wetter

hr-online.de > Nachrichten

Nachrichten: 8.000 Einwendungen
Hessen **Widerstand gegen Stromtrasse**



tagblatt.de Nachrichten
Schwäbisches Tagblatt · Tübinger Chronik · Rottenburger Post · Steinlach

Nachrichten Sport Bilder Videos Kino Veranstaltungen Tickets A

Tübingen | Rottenburg | Mössingen | Kreis Tübingen | Reutlingen | Kultur | Hor

Startseite :: Nachrichten :: Überregional :: **Baden-Württemberg**

26.03.2011

Empfehlen | Dr

PROTESTE GEGEN WIND UND WASSER

Bürgerbefragung in Münstertal - Widerstand gegen Pumpspeicherkraftwerk

DERWESTEN
Das Portal der WAZ Mediengruppe

NEWS LOKALES POLITIK SPORT PANORAMA WIRTSCHAFT KULTUR FREIZEIT REISE

Stadtauswahl Regionen Bochum Duisburg Dortmund Essen Gelsenkirchen Hagen Iserlohn Mülheim

DerWesten » Städte » Herscheid » Planung: Widerstand gegen Stromtrasse

PLANUNG

Widerstand gegen Stromtrasse

22.11.2011 | 14:24 Uhr



Strommasten an der Osemundstraße im Industriegebiet in Friedlin

Fazit

- ➔ Durch den Ausbau fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik steigt der Speicherbedarf 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

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Kontakt:

benjamin.schott@zsw-bw.de
0711/7870-294
ZSW
Industriestraße 6
70565 Stuttgart