ludwig bölkow
systemtechnik

Technologische Perspektiven der Stromspeicherung

Werner Weindorf

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST)

Energiepolitischen Kongress der Landtagsfraktion

Bayerischer Landtag, München, 14. April 2018

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Inhalt

ludwig bölkow systemtechnik

- Warum Stromspeicher?
- Speichertypen
- Stromspeicher auf Basis von Batteriesystemen
  - Technologien
  - Heimspeicher
  - Große Batteriesysteme z.B. zur Netzstabilisierung
- Langzeitspeicher (Power-to-Gas)
  - Power-to-H_2
  - Power-to-CH_4

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Warum Stromspeicher?

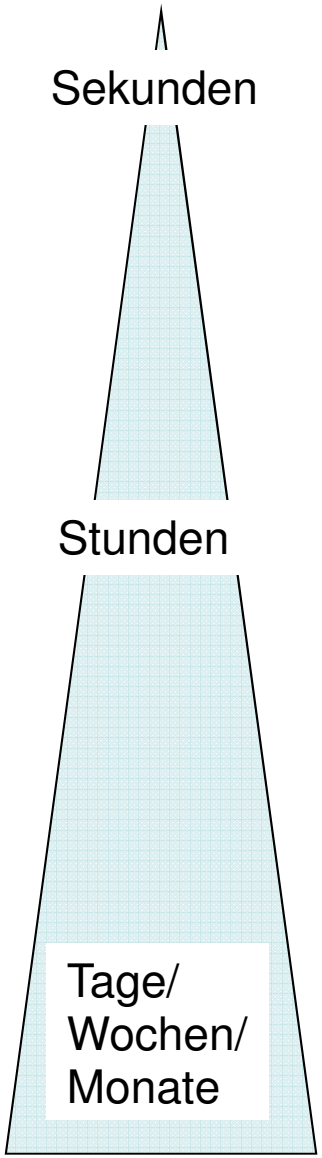
ludwig bölkow systemtechnik

- Netzstabilisierung
- Ausgleich von Stromeinspeise- und –nachfragespitzen, Beispiel:
  - Notwendiger Ausbau der Photovoltaik bei 100% erneuerbare Energien in Deutschland: 400 GW_p (Modulleistung) [Quaschning, 9. März 2017]:
  - Stromproduktion bei 1000 kWh/kW_p: 400 TWh/a
  - Maximale Einspeisung ca. 70% der Modulleistung: 280 GW
  - Maximale Last in Deutschland: ca. 85 GW => Speicherung erforderlich
  - Abregelung der PV auf 30% der Modulleistung (Vorschlag SFV), Überschuss in Stromspeicher
    - Maximale Einspeisung in das Stromnetz: 120 GW
    - Äquivalente Jahresvollbenutzungsdauer bezogen maximale Einspeisung: 3333 h/a
- Überbrückung von Zeiten „dunkler Flaute“ über Tage und Wochen

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Stromspeicher: Kurzzeit- und Langzeitspeicher

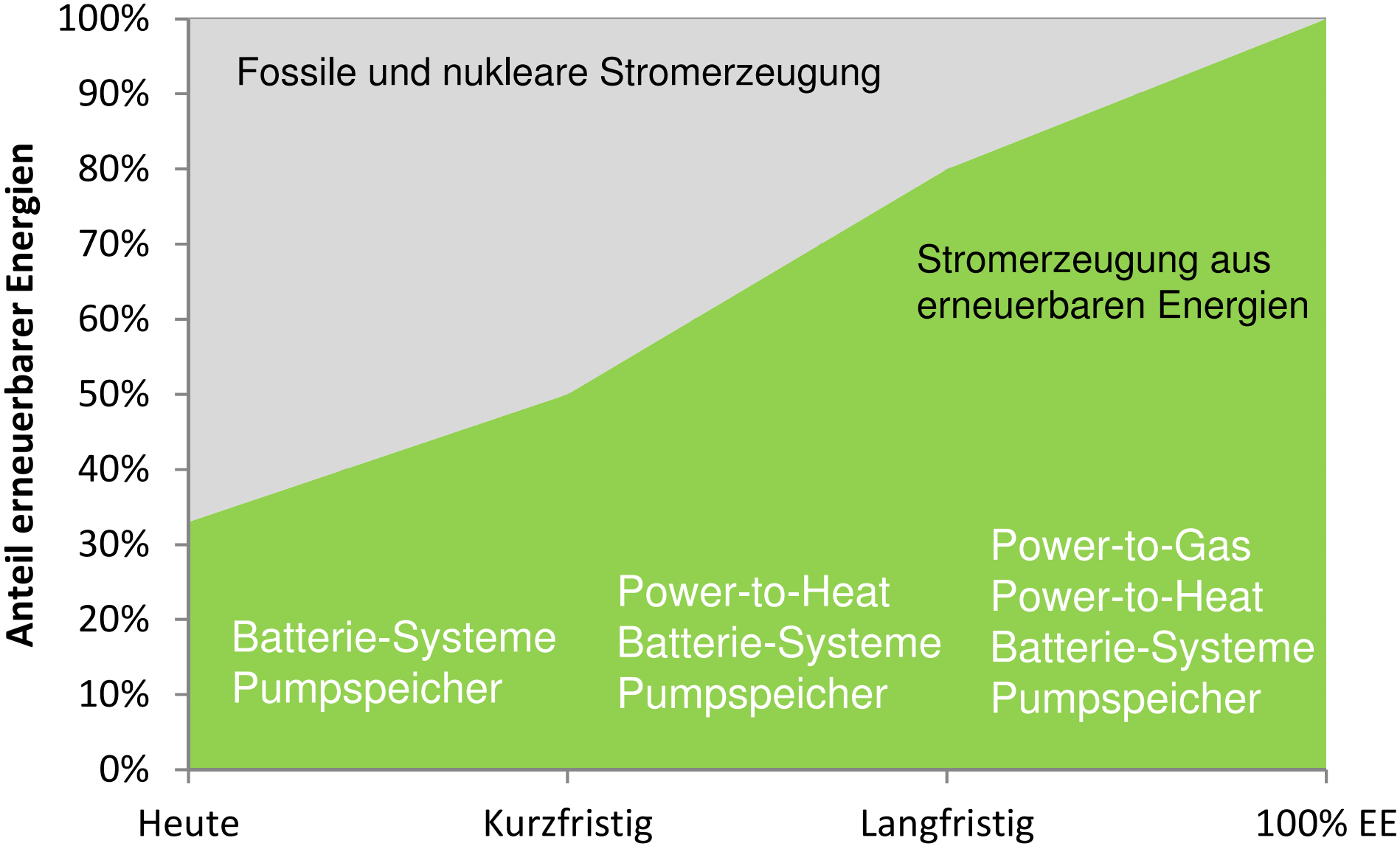
ludwig bölkow systemtechnik



- Schwungräder, supraleitende magnetische Energiespeicher (SMES), Kondensatoren
- Batterien (Auswahl)
  - Blei/Säure
  - Li-Ion
  - NaS
  - Redox-Flow
- Thermoelektrische Speicher
- Druckluftspeicher („Compressed Air Energy Storage“ (CAES))
- Pumpspeicher
- Power-to-Gas, Power-to-Liquid

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

EE-Anteil und Bedarf an Speichertechnologien



© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Batteriesysteme

ludwig bölkow systemtechnik

- Heimspeicher
- Quartierspeicher
- Regionale und zentrale Stromspeicher
- Netzstabilisierung

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Batterietypen

ludwig bölkow systemtechnik

	Betriebstemperatur	Anwendung	Hersteller
Pb/PbO_2	25°C	Starterbatterien, Traktionsbatterien, stationäre Stromspeicherung	FIAMM, Yuasa, VARTA/Johnson Controls, u.a.
Li-Ionen	25°C	Traktionsbatterien, stationäre Stromspeicherung	AESC, Altairnano, GS Yuasa, LG Chem Ltd., Panasonic , Saft, Samsung, Toshiba, Winston Battery, u.a.
Na-Ionen („Salzwasserbatterie“)	25°C	Stationäre Stromspeicherung	BlueSky Energy, Aquion Energy
NaS	300-350°C	Stationäre Stromspeicherung	NGK Insolators Ltd
$NaNiCl_2$ (ZEBRA)	270-350°C	Stationäre Stromspeicherung	FIAMM
Redox-Flow	25°C	Stationäre Stromspeicherung	Cellstrom/Gildemeister, Schmid

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Lithium-Ionen-Batterien

ludwig bölkow systemtechnik

- Anodenmaterial
  - Graphit (C)
  - $Li_4Ti_5O_{12}$
- Kathodenmaterial
  - $LiCoO_2$
  - $LiNiO_2$
  - $LiNi_{1-x}Co_xO_2$
  - $LiNi_{0,85}Co_{0,1}Al_{0,05}O_2$
  - $LiNi_{0,33}Co_{0,33}Mn_{0,33}O_2$
  - $LiMn_2O_4$ Spinell
  - $LiFePO_4$
- Elektrolyte:
  - $LiPF_6$ in wasserfreien Lösungsmitteln wie Ethylencarbonat, Diethylcarbonat, etc.
  - Polymer aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polyvinylidenfluorid-Hexafluorpropen (PVDF-HFP)
  - Lithiumphosphatnitrid (Li_3PO_4N)

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Beispiele für Li-Ionen-Batteriesysteme

ludwig bölkow systemtechnik

- Heimspeicher z.B. S10 E Hauskraftwerk von E3DC
  - Leistung: 4 bis 8 kW
  - Stromspeicherkapazität: 4,6 bis 9,2 kWh
  - 3-phasig

Bild: LBST, 2014

- Heimspeicher z.B. von VARTA one L
  - Leistung: 2,4 kW
  - Stromspeicherkapazität: 2,8 bis 6,9 kWh
  - 3-phasig
  - Notstromfähigkeit
  - Masse: 90 kg
  - Elektrochemie: $LiFePO_4$

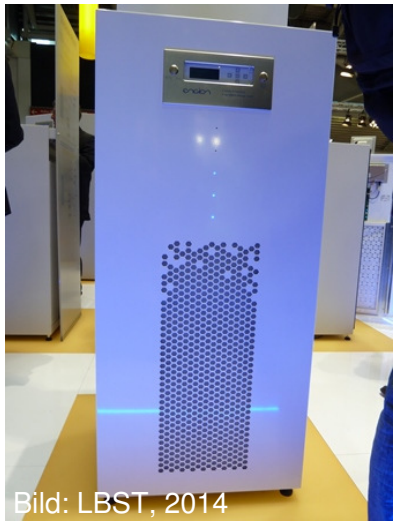


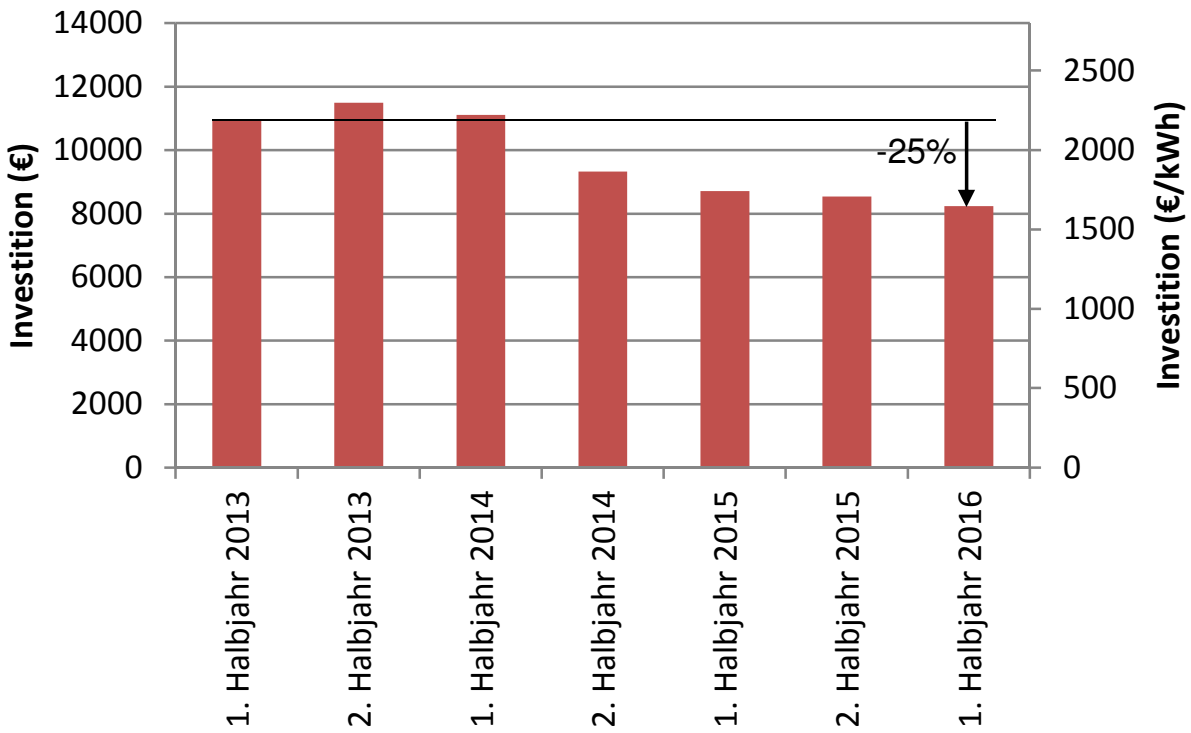
Bild: LBST, 2014

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Preise für Li-Ionen-Heimspeicher

ludwig bölkow systemtechnik

- Entwicklung der Preise für Stromspeicher (5 kWh-System)



Quelle: LBST auf Basis BSW 2016

  - Reduktion um 25% seit 1. Halbjahr 2013
  - Eine weitere Reduktion der Preise für Stromspeicher ist zu erwarten

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Redox-Flow-Batterie

ludwig bölkow systemtechnik

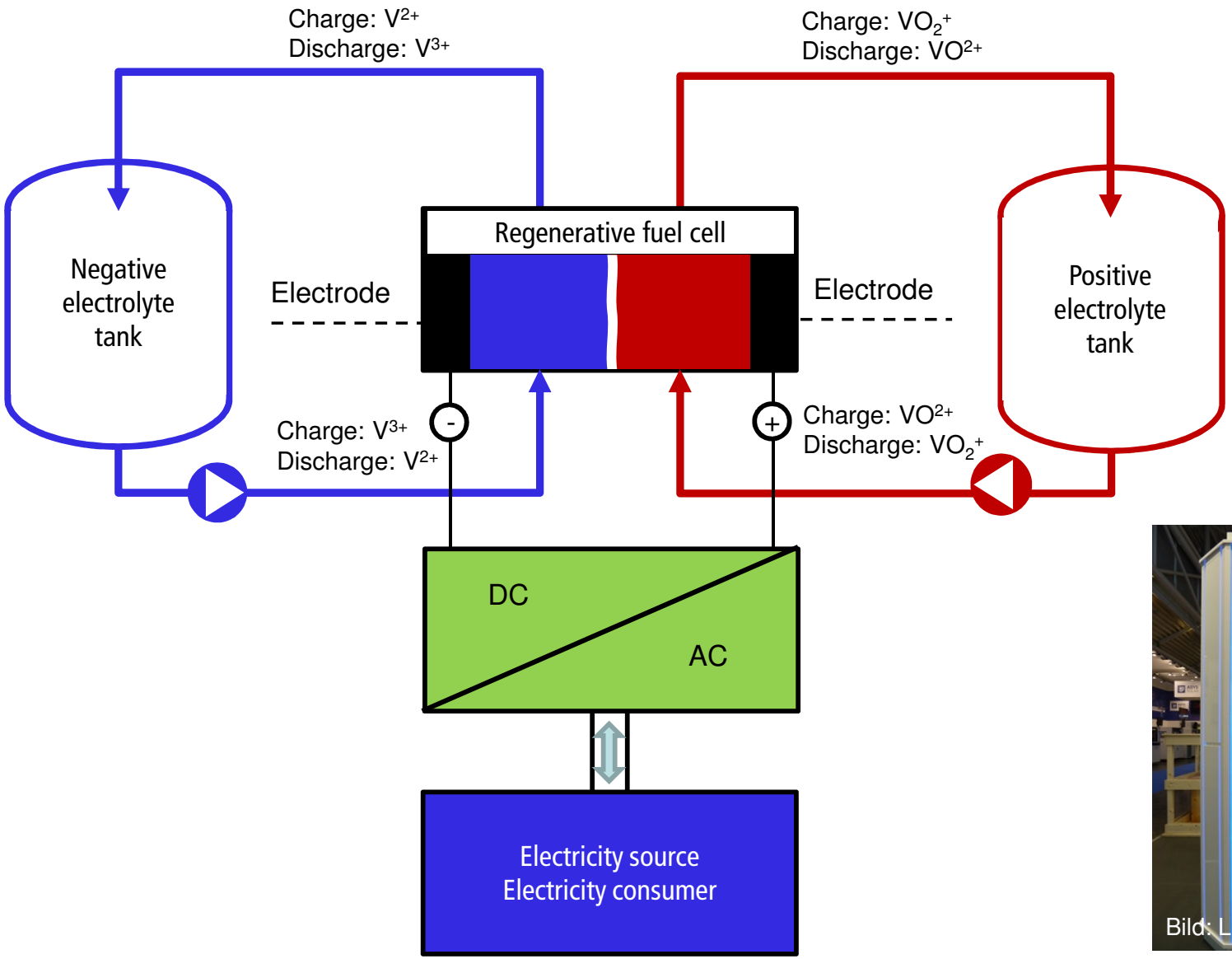


Bild: LBST, 2014

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Beispiele für Redox-Flow-Batterie

ludwig bölkow systemtechnik

- Compact Storage von Schmid
  - Zellechemie: Vanadium-Redox-Flow
  - Leistung: 5 kW
  - Stromspeicherkapazität: 15-45 kWh
  - Wirkungsgrad DC: >80%
  - 1-phasig, 230 V
  - Baugröße CS 5/15: 1,21 x 0,80 x 1,74 m
  - Masse: CS 5/15: 1500 kg
  - Lebensdauer: >10.000 Zyklen
  - Kalendarische Lebensdauer: 20 Jahre

Bild: LBST, 2014

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Große Stromspeicher

ludwig bölkow systemtechnik

Bild: Allgäuer Kraftwerke GmbH, 2018

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Große Stromspeicher

ludwig bölkow systemtechnik

- System auf Basis von Li-Ionen-Batterien WEMAG I+II
  - Leistung: 10 MW (prä-qualifiziert)
  - Wirkungsgrad: 95% DC
  - Energiespeicherkapazität: 15 MWh
  - Lebensdauer: 4.000 Zyklen
  - Kalendarische Lebensdauer: 20 Jahre

WEMAG I, Bild: Younicos, 2014

- System auf Basis von NaS-Batterien von NGK Insolators Ltd.
  - Leistung: 1 MW
  - Wirkungsgrad: 85% DC
  - Energiespeicherkapazität: 6 MWh
  - Lebensdauer: 4.500 Zyklen
  - Kalendarische Lebensdauer: 15 Jahre

Bild: Younicos, 2014

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kurzzeitspeicher: Große Stromspeicher

ludwig bölkow systemtechnik

- Weltweit werden große Batteriesysteme in Kombination mit Solarkraftwerken und Windparks sowie zur Netzstabilisierung installiert
- Deutschland Ende 2018: 323 MW [Team Consult 2018]

	Land	Inbetriebnahme	Energie (MWh)	Leistung (MW)	h	Typ
Buzen Substation	Japan	03/2016	300	50	6	NaS
Hornsdale Power Reserve	Australien	12/2017	129	100	1,29	Li-Ion
Escondido Substation	USA	02/2017	120	30	4	Li-Ion
Pomona Substation	USA	01/2017	80	20	4	Li-Ion
Mira Loma Substation	USA	01/2017	80	20	4	Li-Ion
Tesla Solar Plant	USA	03/2017	52	13	4	Li-Ion
Minamisōma Substation	Japan	02/2016	40	40	1	Li-Ion
WEMAG I+II	Deutschland	2017	15	10	1,5	Li-Ion

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher (PtG): Haupt-Komponenten

ludwig bölkow systemtechnik

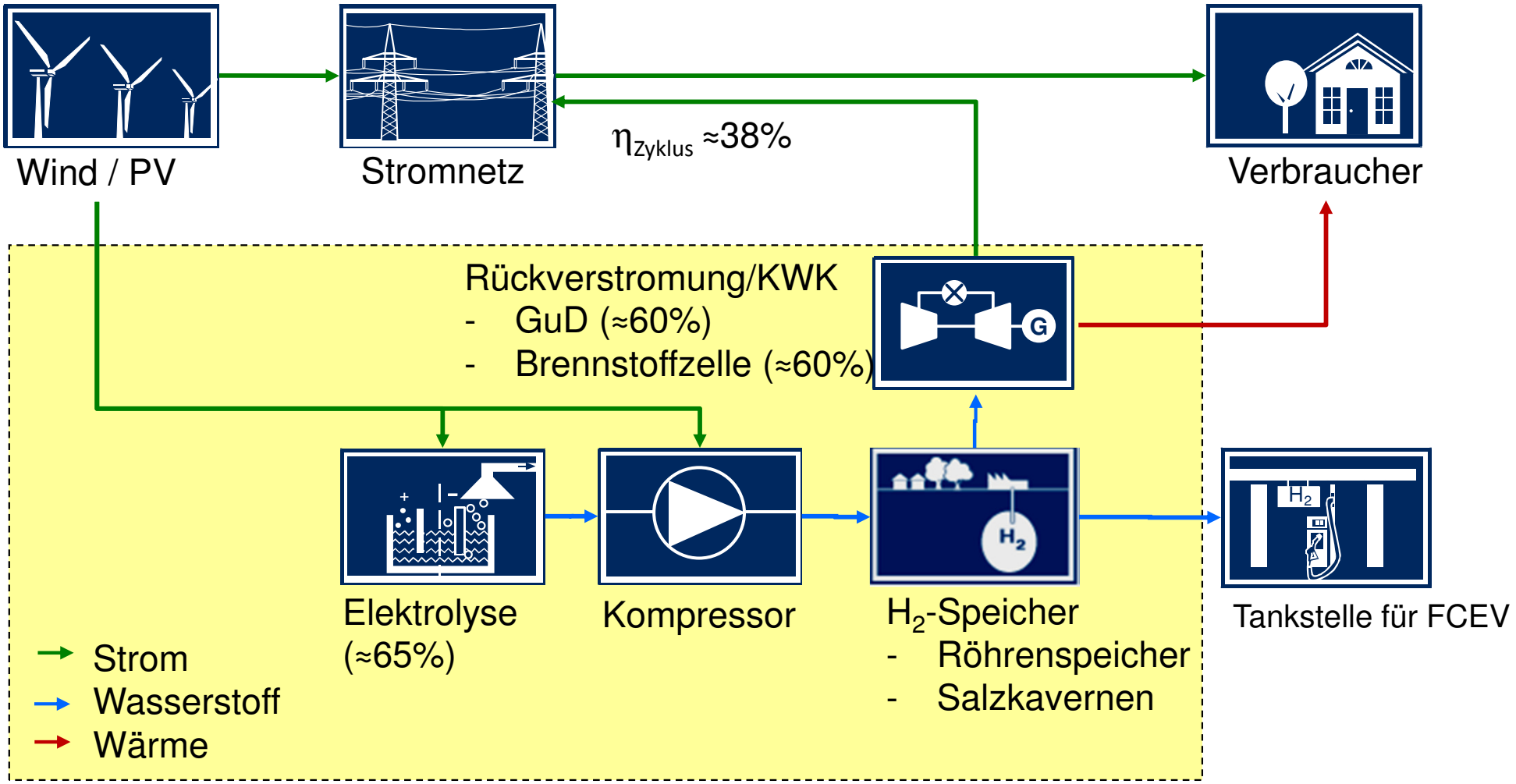
- Power-to-Gas-Anlage
  - Power-to-H_2
  - Power-to-CH_4
- Gasspeicher
  - Drucktanks: oberirdisch oder unterirdisch, eben oder senkrecht
  - Salzkavernen
  - Porenspeicher: leer geförderte Erdgasfelder
- Rückverstromung:
  - Gasmotor(-BHKW)
  - Gasturbinen(-BHKW, -HKW)
  - Brennstoffzellen(-BHKW)

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher: Power-to-H_2

ludwig bölkow systemtechnik

- Stromspeicher auf Basis von Wasserstoff mit Sektorkopplung



© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher: Power-to-H_2

ludwig bölkow systemtechnik

- Elektrolyseanlage in Mainz
  - Technologie: Proton-Exchange-Membrane (PEM)
  - 3 Stacks mit je 1,25 MW_{el} (Strominput)
  - H_2-Produktion: 675 Nm^3h (2,02 MW_{Hi}; 2,39 MW_{Hs})

Bild: Siemens AG

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher: Power-to-H_2

ludwig bölkow systemtechnik

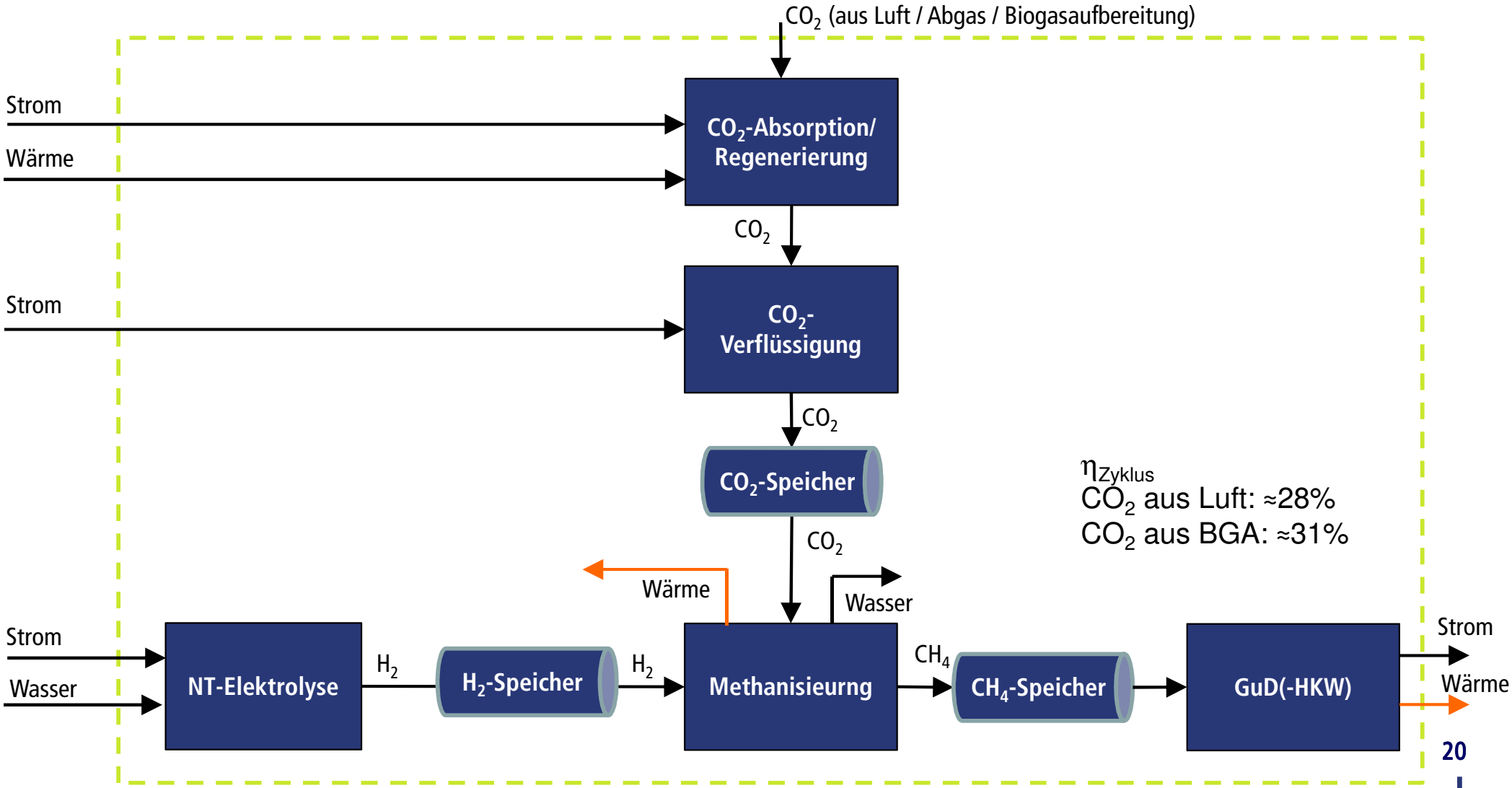
- Stromspeicher für energieautarkes Mehrfamilienhaus in Brütten, Schweiz
  - Batterie auf Basis von $LiFePO_4$
    - Stromspeicherkapazität (netto): 153 kWh
    - Systemwirkungsgrad: >85%
  - Elektrolyseur auf Basis von PEMEC
    - Strominput: 14,5 kW_{el}
    - Leistung: 2 Nm^3 H_2/h bei 3 MPa + 8 kW Wärme
    - Hersteller: Proton OnSite
  - H_2-Speicher
    - Maximaler Druck: 3 MPa
    - Geometrisches Volumen: 120 m^3
  - Brennstoffzellen-BHKW auf Basis von PEMFC:
    - Leistung: 5,6 kW_{el} + 5,5 kW Wärme
    - Proton Motor Fuel Cell GmbH

Bild: Erstes energieautarkes MFH der Welt, ein Projekt der Umwelt Arena Schweiz, 2016; www.umweltarena.ch

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher: Power-to-CH_4 (NT-Elektrolyse)

ludwig bölkow systemtechnik



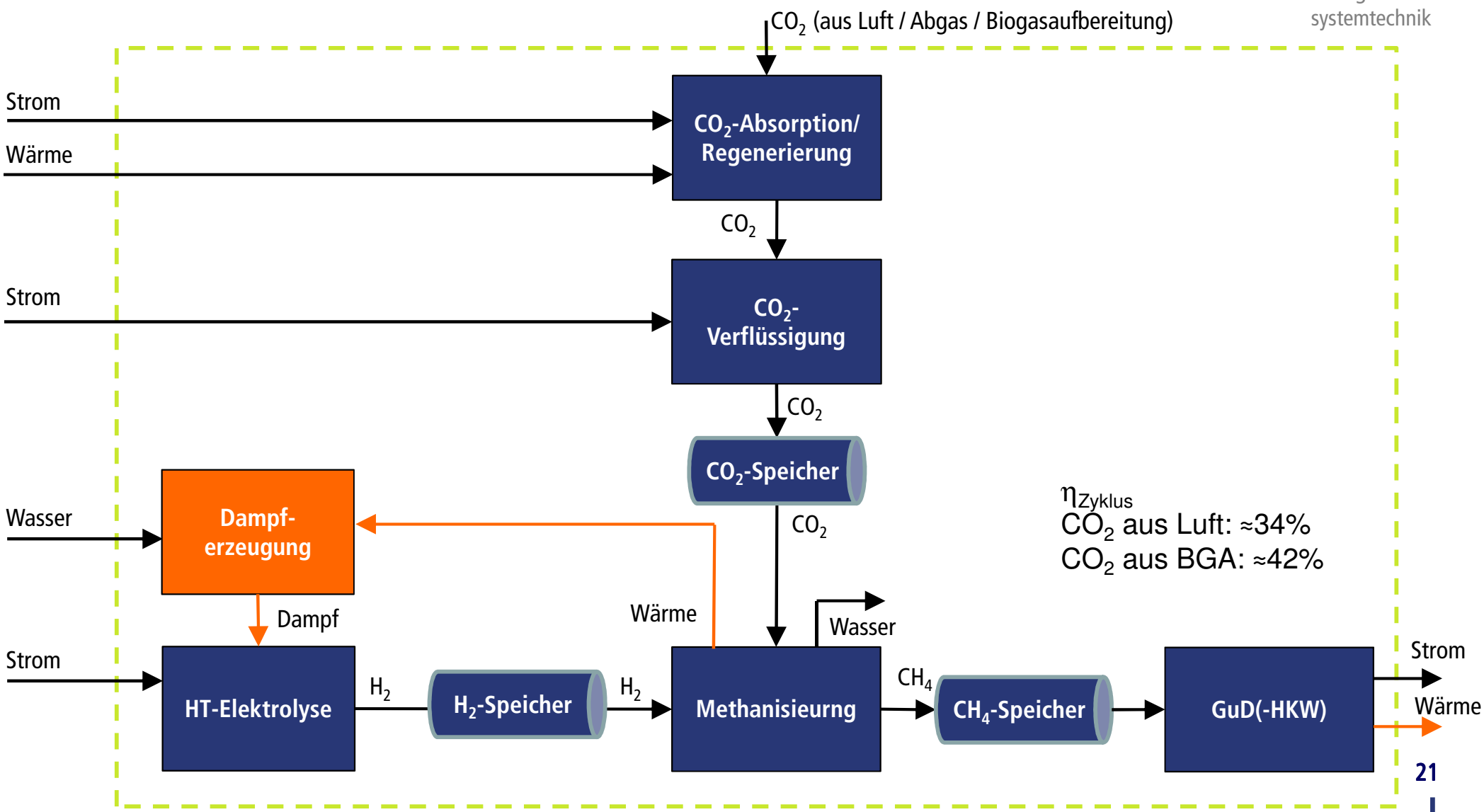
η_{Zyklus}
CO_2 aus Luft: ≈28%
CO_2 aus BGA: ≈31%

BGA: Biogasaufbereitung

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Langzeitspeicher: Power-to-CH_4 (HT-Elektrolyse)

ludwig bölkow systemtechnik



BGA: Biogasaufbereitung

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Zusammenfassung

ludwig bölkow systemtechnik

- Kurzzeitspeicher:
  - hohe Zyklus-Wirkungsgrade von 75 bis 85%
  - Geringe spezifische Speicherkapazität
  - Hoher Investitionsbedarf pro kWh gespeicherter Energie
  - Einsatz: Netzstabilisierung, Tag-Nacht-Ausgleich, Speicherung für wenige Stunden
- Langzeitspeicher
  - Relativ niedrige Zyklus-Wirkungsgrade (Strom): 30 bis 40%
    (aber durch Nutzung der Abwärme höhere Nutzungsgrade möglich)
  - Hohe spezifische Speicherkapazität
  - Niedrige Investitionsbedarf pro kWh gespeicherter Energie
  - Einsatz: Überbrückung von Zeiten „dunkler Flaute“ über Tage bis Wochen

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Kontakt

ludwig bölkow
systemtechnik

Werner Weindorf
+49/89/608110-34
werner.weindorf@lbst.de

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Daimlerstr. 15
85521 München/Ottobrunn

Web: http://www.lbst.de

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH